

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO**

**OPÇÕES REAIS APLICADAS NA ANÁLISE DA
QUALIDADE DE INVESTIMENTOS NA CONSTRUÇÃO
CIVIL**

Eduardo Koiti Yoshimura

**Campinas/SP
2007**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO**

EDUARDO KOITI YOSHIMURA

**OPÇÕES REAIS APLICADAS NA ANÁLISE DA
QUALIDADE DE INVESTIMENTOS NA CONSTRUÇÃO
CIVIL**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações.

Orientador: Prof. Dr. Ariovaldo Denis Granja

**Campinas/SP
2007**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

| | |
|-------|--|
| Y832o | <p>Yoshimura, Eduardo Koiti</p> <p>Opções reais aplicadas na análise da qualidade de investimentos na construção civil / Eduardo Koiti Yoshimura. --Campinas, SP: [s.n.], 2008.</p> <p>Orientador: Ariovaldo Denis Granja.</p> <p>Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.</p> <p>1. Mercado de opções. 2. Qualidade. 3. Investimento. 4. Flexibilidade. 5. Incerteza. I. Granja, Ariovaldo Denis. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.</p> |
|-------|--|

Título em Inglês: Real options analysis applied to quality investment in construction

Palavras-chave em Inglês: Real Options, Analysis of quality of investment, Managerial flexibility, Uncertainty

Área de concentração: Edificações

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Gabriel Alves da Costa Lima, Marina Sangoi de Oliveira
Ilha

Data da defesa: 25/01/2008

Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO**

EDUARDO KOITI YOSHIMURA

**OPÇÕES REAIS APLICADAS NA ANÁLISE DA
QUALIDADE DE INVESTIMENTOS NA CONSTRUÇÃO
CIVIL**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações

COMISSÃO EXAMINADORA


Prof. Dr. Ariovaldo Denis Granja (Orientador)

FEC/UNICAMP


Prof. Dr. Gabriel Alves da Costa Lima

IG/UNICAMP


Profa. Dra. Marina Sangoi de Oliveira Itha

FEC/ UNICAMP

Campinas, 25 de janeiro de 2008

Dedicatória

Dedico este trabalho às minhas filhas Aline, Noelle e Letícia, como exemplo de um dos caminhos a ser seguido na busca constante do conhecimento. À minha esposa Mitsuka pela harmonia, tolerância, companheirismo e comprometimento proporcionados durante o período de desenvolvimento deste trabalho. Às minhas mães Aiko e Tomiko, pelo resguardo, força e apoio; meu tio Kunio pelo significativo apoio na redação deste trabalho e inglês.

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de pessoas especiais às quais manifesto meus agradecimentos:

Aos meus familiares, pelo apoio irrestrito em todos os momentos de minha vida.

Ao meu orientador Denis, pela sua incomparável inteligência, mostrou todos os caminhos, desafios e inspirações a serem seguidos.

Ao Gabriel, pela sua motivação, competência e crítica que frutificou nesta pesquisa.

A toda equipe de professores e funcionários da UNICAMP/FEC e em especial à Paula que ajudou de forma direta na condução deste trabalho.

“A vanguarda tem de ser retrátil; bem como a pesquisa eficiente precisa ser flexível e adaptável, pronta para recomeçar em novas direções, quando a situação exigir. Incumbências fixas que sejam insensíveis a alterações do contexto, como a vanguarda que não pode ser retirada, são mais vulneráveis a serem comprometidas pelos caprichos do imprevisível e do imprevisto.”

Sun Tzu II (A arte da guerra)

Resumo

YOSHIMURA, E. K. **Opções reais aplicadas na análise da qualidade de investimentos na Construção Civil**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. 148 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil.

Muitas empresas estão sendo forçadas a buscar uma rápida adaptação às mudanças, num ambiente de acirrada competição e incerteza futura, procurando investir em empreendimentos que proporcionem seu crescimento. Nesse novo cenário, os empreendimentos precisam criar alternativas que ofereçam maiores oportunidades. A incorporação de atributos de flexibilidade já na concepção do empreendimento permite que o risco e a incerteza sejam encarados como oportunidades estratégicas a serem exploradas. Recentemente, ressalvas têm sido direcionadas às técnicas convencionais de orçamento de capitais, tais como o Fluxo de Caixa Descontado (FCD). A análise de opções reais (ROA) destina-se à valoração e tomada de decisões de investimentos em ativos reais e, por sua vez, os investimentos da construção civil podem ser caracterizados como tais, pois normalmente apresentam longo prazo de maturação, são ricos em contingências, possuem irreversibilidade nos seus investimentos, e estão sujeitos a condições de incerteza tais como as econômicas. Nesta pesquisa, propõe-se uma abordagem exploratória por meio de um estudo de caso no setor da construção civil onde a ROA é utilizada. Estabelece-se como hipótese que a abordagem com base em ROA pode complementar os métodos tradicionais com base em FCD, bem como tornar mais aparentes as oportunidades contidas nestes tipos de investimento. Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a abordagem com ROA produz resultados superiores em relação ao valor do empreendimento quando comparada à análise restrita a métodos com base em FCD, de forma a proporcionar um efetivo gerenciamento e estabelecimento de uma nova cultura empresarial em empreendimentos da construção civil.

Palavras Chave: Opções Reais, análise de qualidade de investimento, flexibilidade gerencial, incerteza.

Abstract

Many companies are being forced to seek rapid adaptation to changes in a world of tough competition and uncertain future, trying to invest in enterprises that provide their growth. In this new scenario, ventures must create alternatives that offer greater opportunities. The incorporation of attributes of flexibility in the design of the project itself allows that risk and uncertainty be seen as strategic opportunities to be exploited. Recently, criticism has been directed at conventional techniques of capital budgeting, such as Discounted Cash Flow (DCF). The Real Options Analysis (ROA) is used for the evaluation and decision-making of investments in real assets and, in turn, investment in construction can be characterized as such, because they normally have long-term maturity, are rich in contingencies, have irreversibility in their investments, and are subject to conditions of uncertainty such as economic ones. In this research, it is proposed an exploratory through a case study where the ROA is used. It is like assuming that the approach based on ROA can complement traditional methods based on DCF, and making the opportunities contained in these types of investments more evident. The results in this paper show that the approach with ROA produce better results compared restricted analysis with methods based on FCD, in order to provide an effective management and establishment of a new enterprise culture in the civil construction.

Key Words: Real Options, analysis of quality of investment, managerial flexibility, uncertainty.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| FIGURA 1 Os Dois Lados da Incerteza | 42 |
| FIGURA 2 Assimetria na distribuição de probabilidade causada pela flexibilidade..... | 49 |
| FIGURA 3 Mapeando uma oportunidade de investimento numa opção de compra | 54 |
| FIGURA 4 Processo de decisão comparado: VPL x Opções Reais. | 59 |
| FIGURA 5 Análise por Árvores de decisão. | 60 |
| FIGURA 6 Grade binomial com três períodos..... | 65 |
| Figura 7 Fontes de valor de uma Opção Real..... | 70 |
| Figura 8 Flexibilidades Gerenciais..... | 71 |
| Figura 9 Delineamento da pesquisa do estudo de caso. | 84 |
| FIGURA 10 Gleba | 87 |
| FIGURA 11 Grade binomial do ativo subjacente – loteamento em estudo | 95 |
| FIGURA 12 Opção de postergar e seu resultado. | 97 |
| FIGURA13 Opção de expansão e seu resultado. | 98 |
| FIGURA14 Opção de contrair e seu resultado..... | 99 |
| FIGURA15 Opção de abandonar e seu resultado. | 101 |
| FIGURA16 Opção de combinação e seu resultado | 102 |
| FIGURA17 Árvore de eventos do valor do empreendimento para opção composta simultânea. ... | 105 |
| FIGURA18 Árvore de eventos do valor do empreendimento – opção de compra..... | 106 |
| FIGURA 19 Grade binomial do ativo subjacente – loteamento no período de 3 anos. | 107 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 20 Opção composta seqüencial. | 108 |
| FIGURA 21 Árvore de valor para a segunda opção..... | 109 |
| FIGURA 22 Árvore de valor para a primeira opção. | 110 |
| FIGURA 23 Resultados das opções simples. | 115 |
| FIGURA 24 Resultados das opções compostas. | 116 |
| FIGURA 25 Gráfico de distribuição de resíduos. | 143 |
| FIGURA 26 Gráfico Valor observado x calculado..... | 148 |
| FIGURA 27 Interface da planilha do Cristal Ball com resultados da simulação. | 152 |
| FIGURA 28 Derivação da Curva de Agregação de Recursos | 165 |
| FIGURA 29 Curva de Agregação de Recursos Clássica..... | 166 |
| FIGURA 30 Curva de Agregação de Custos..... | 166 |
| FIGURA 31 Curva de Agregação de Recurso. | 167 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| <u>TABELA 1 Classificação de opções</u> | 47 |
| <u>TABELA 2 Empresas que usam ROA</u> | 51 |
| <u>TABELA 3 Taxonomia de Opções Reais (adaptado Trigeorgis, 1991)</u> | 56 |
| <u>TABELA 4 Analogia entre uma opção sobre uma ação e uma opção real sobre um empreendimento imobiliário</u> | 76 |
| <u>TABELA 5 Despesas e impostos do empreendimento</u> | 90 |
| <u>TABELA 6 Projeção do fluxo financeiro e o VPL para o empreendimento (em R\$ mil)</u> | 93 |
| <u>TABELA 7 Dados do empreendimento do loteamento e dados da grade</u> | 94 |
| <u>TABELA 8 Retorno nos nós finais para opção de postergar</u> | 97 |
| <u>TABELA 9 Preço do exercício e retorno nos nós finais para opção de valorização</u> | 98 |
| <u>TABELA 10 Preço do exercício e retorno nos nós finais para opção de desvalorização</u> | 100 |
| <u>TABELA 11 Preço do exercício e retorno nos nós finais para opção de abandonar</u> | 101 |
| <u>TABELA 12 Preço do exercício e retorno nos nós finais para opção combinada</u> | 102 |
| <u>TABELA 13 Retorno nos nós finais para opção composta simultânea</u> | 105 |
| <u>TABELA 14 Retorno nos nós finais – opção de compra</u> | 106 |
| <u>TABELA 15 Retorno nos nós finais na opção composta sequencial</u> | 108 |
| <u>TABELA 16 Descrição dos nós para segunda opção</u> | 109 |
| <u>TABELA 17 Descrição dos nós para primeira opção</u> | 110 |
| <u>TABELA 18 Resultados das opções simples em R\$ mil</u> | 114 |

| | |
|---|-----|
| <u>TABELA 19 Resultados das opções compostas em R\$ mil.</u> | 116 |
| <u>TABELA 20 Pesquisa de lotes.</u> | 138 |
| <u>TABELA 21 Significância das variáveis.</u> | 142 |
| <u>TABELA 22 Correlação entre variáveis.</u> | 142 |
| <u>TABELA 23 Determinação do desvio padrão.</u> | 148 |
| <u>TABELA 24 Determinação do VPL em R\$ mil.</u> | 150 |
| <u>TABELA 25 Rentabilidades mensais do Índice Setorial de Real Estate e IBOVESPA.</u> | 159 |
| <u>TABELA 26 Determinação da taxa livre de risco no Brasil</u> | 161 |
| <u>TABELA 27 Índices corrigidos pelo IGP-M e cálculo de β.</u> | 162 |
| <u>TABELA 28 Orçamento da infra-estrutura do loteamento.</u> | 168 |
| <u>TABELA 29 Valores da curva de agregação de valor</u> | 168 |

SUMÁRIO

| | Página |
|--|---------------|
| 1 INTRODUÇÃO | 25 |
| 1.1 Contexto e Justificativa | 25 |
| 1.2 Objetivos | 29 |
| 1.2.1 Objetivo geral | 29 |
| 1.2.2 Objetivos específicos | 29 |
| 1.3 Estrutura do Trabalho | 30 |
| 2 MÉTODOS TRADICIONAIS E ANÁLISE DE OPÇÕES REAIS..... | 33 |
| 2.1 Métodos de Avaliação da Qualidade de Investimentos | 33 |
| 2.2 Métodos Tradicionais | 34 |
| 2.2.1 VPL: Conceitos e limitações | 36 |
| 2.2.2 TIR: Conceitos e limitações | 37 |
| 2.2.3 Incertezas e Investimentos | 38 |
| 2.2.4 Volatilidade | 43 |
| 2.3 Opções Financeiras | 44 |
| 2.4 Opções Reais | 47 |
| 2.4.1 Conceitos | 48 |
| 2.4.2 A analogia entre Opções Reais e Financeiras | 52 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 2.4.3 | <u>Tipos de Opções Reais</u> | 55 |
| 2.5 | <u>Abordagens do Valor Presente Líquido, Árvores de Decisão e Análise de</u> | |
| | <u>Opções Reais</u> | 57 |
| 2.5.1 | <u>Análise pelo Valor Presente Líquido</u> | 58 |
| 2.5.2 | <u>Análise por Árvores de Decisão</u> | 59 |
| 2.5.3 | <u>Métodos de Análise por Opções Reais</u> | 61 |
| 2.5.3.1 | <u>Modelo Black & Scholes para precificação de opções</u> | 61 |
| 2.5.3.2 | <u>Modelo binomial para precificação de opções</u> | 64 |
| 2.5.4 | <u>Análise por Opções Reais x Volatilidade</u> | 66 |
| 2.6 | <u>Empreendimentos Imobiliários</u> | 72 |
| 2.6.1 | <u>Mercado Imobiliário</u> | 72 |
| 2.6.2 | <u>Avaliação imobiliária</u> | 74 |
| 2.6.3 | <u>Opções Reais nos empreendimentos na construção civil</u> | 75 |
| 2.6.4 | <u>Trabalhos de Opções Reais na construção civil</u> | 78 |
| 3 | <u>METODOLOGIA</u> | 81 |
| 3.1 | <u>Considerações Iniciais</u> | 81 |
| 3.2 | <u>Estratégia de Pesquisa</u> | 82 |
| 3.3 | <u>Delineamentos da Pesquisa</u> | 83 |
| 3.4 | <u>Estudo de Caso</u> | 86 |
| 3.4.1 | <u>Empreendimento – Gleba urbana</u> | 86 |
| 3.4.2 | <u>Dados de entrada – Receita, custos e volatilidade</u> | 89 |
| 3.4.3.2 | <u>Árvore de eventos</u> | 92 |
| 3.4.3.3 | <u>Identificação das opções simples contidas no projeto</u> | 96 |
| 3.4.3.4 | <u>Identificação das opções compostas contidas no projeto</u> | 103 |
| 3.4.3.5 | <u>Método para Opções Compostas Simultâneas</u> | 104 |
| 3.4.3.6 | <u>Método para Opções Compostas Seqüenciais</u> | 107 |
| 3.4.3.7 | <u>Considerações finais</u> | 111 |
| 4 | <u>ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS</u> | 113 |
| 4.1 | <u>Resultados</u> | 114 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4.2 | <u>Parâmetros e Dados de Entrada</u> | 117 |
| 4.3 | <u>Aspectos Técnicos de ROA na Construção Civil</u> | 118 |
| 4.4 | <u>Considerações Finais</u> | 119 |
| 5 | <u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u> | 121 |
| 5.1 | <u>Conclusões</u> | 121 |
| 5.2 | <u>Considerações Adicionais</u> | 123 |
| 5.3 | <u>Seqüência do Trabalho</u> | 125 |
| 6 | <u>REFERÊNCIAS</u> | 127 |
| | <u>APÊNDICES</u> | 135 |
| | <u>APÊNDICE I - ESTIMATIVA DO VALOR DO TERRENO SEGUNDO A ABNT – NBR</u> | |
| | <u>14653-2</u> | 135 |
| | <u>APÊNDICE III - DETERMINAÇÃO DA TAXA DE DESCONTO</u> | 153 |
| | <u>APÊNDICE IV - ORÇAMENTO: CURVA DE AGREGAÇÃO DE RECURSOS</u> | 164 |

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se a introdução ao presente trabalho, contendo a contextualização, justificativa da pesquisa, o escopo e contexto do trabalho e os objetivos da dissertação, além da estrutura do trabalho.

1.1 Contexto e Justificativa

A globalização e o crescimento acelerados das economias promoveram um aumento da competição, incertezas e mudanças corporativas. Essas mudanças geraram uma forte reestruturação da economia tornando-a mais volátil e imprevisível, devido à globalização dos mercados ligados em parte, ao aumento da flutuação das taxas de câmbio, em parte pela indução das mudanças tecnológicas. As empresas que emergem destas mudanças são caracterizadas por organizações mais enxutas e flexíveis. Entretanto, a incerteza requer que os administradores se tornem mais dinâmicos na forma com que avaliam e quantificam o risco. Portanto, é importante que eles compreendam as opções que suas companhias possuem, ou quais são capazes de criar. As opções reais criam flexibilidade, e, conforme ressaltam Dixit e Pindyck (1994), num mundo de incerteza, a habilidade de se avaliar e usar a flexibilidade é crítica.

A realidade turbulenta da economia atual impõe às empresas adotar estratégias corporativas para administrar o valor dessas para sobrevivência e continuidade do negócio. As ferramentas de gerenciamento de negócio e de análise na tomada de decisão desempenham um papel importante para os gestores que precisam considerar as possíveis alternativas existentes para agregar valor, como aceitação de novos investimentos, compra ou venda de participações, fusões ou mesmo para realização de reestruturação e incorporações.

Apesar da utilização de variados métodos de avaliação pelos analistas, os mais difundidos, tanto empiricamente como na literatura, são aqueles baseados nos valores projetados de fluxos de caixa descontados a valor presente, utilizando-se como taxa de desconto aquela que reflita o risco inerente do ativo.

Muitas críticas têm surgido contra o uso destas técnicas tradicionais de orçamento de capital pelo seu uso estático, a preocupação somente com o retorno financeiro, considerando somente fatores tangíveis e não levando em conta fatores intangíveis, isto é, fatores não mensuráveis, como: futura vantagem competitiva, futuras oportunidades e flexibilidade gerencial. A flexibilidade gerencial é a capacidade que a administração tem de mudar os planos de acordo com desdobramentos de eventos futuros (SANTOS, 2001).

Os modelos de tomada de decisão para análise econômica financeira na construção civil propostos por muitos especialistas na matéria, para serem considerados como modelos normativos, assumem condições de certeza em suas formulações. Entretanto, sabe-se que estes tipos de modelagens, na grande maioria das ocasiões, não condizem com os aspectos reais, que são de incerteza relativa, isto é, não se pode afirmar com certeza absoluta que as variáveis de cenários comportar-se-ão da forma como que inicialmente foram propostas na modelagem. Há, no entanto, a possibilidade de superar tais dificuldades por meio do aprimoramento das previsões sendo possível “quantificar” certos acontecimentos, estimando em bases probabilísticas o perfil comportamental das variáveis do cenário, superando assim, um dos problemas criados pela incerteza.

É necessário se considerar também que as técnicas convencionais, como Fluxo de Caixa Descontado (FCD), apresentam limitações quando se defrontam com a incerteza e a flexibilidade administrativa na avaliação de empreendimentos.

Uma abordagem alternativa vem sendo aplicada nos últimos anos, denominada de Análise de Opções Reais (ROA)¹. Esta teoria quando aplicada a empreendimentos com intangíveis associados, tenta superar as limitações dos critérios convencionais e a falta de disciplina analítica que caracteriza a avaliação qualitativa, englobando a função empresarial na tomada de decisões, integrando finanças e estratégias de negócios (SAMANEZ, 1994).

O princípio desta metodologia é considerar uma oportunidade de investimento como uma opção financeira, ou seja, existe o direito de realizar o investimento em uma data futura, mas não a obrigação. Assim sendo, um empreendimento pode ser estruturado como uma seqüência de decisões administrativas ou opções reais ao longo do tempo.

Decisões que aumentam a flexibilidade de uma companhia pela criação e preservação de opções têm valor que transcende o simples cálculo pela regra do valor presente líquido (VPL). Mais prontamente do que os cálculos convencionais sugerem, os administradores deveriam tomar decisões para aumento da flexibilidade. Escolhas que reduzem a flexibilidade pelo exercício de opções e comprometimento de recursos com finalidade irreversível (construção de plantas específicas e equipamento, propaganda de produtos particulares) devem ser evitadas. Tais escolhas, conforme ressaltam Dixit e Pindyck (1994) deveriam ser feitas com hesitação ou postergadas até que as circunstâncias sejam excepcionalmente favoráveis. Para se fazer escolha de investimentos inteligentes deve-se considerar o valor de se manter suas opções abertas.

Muitos economistas e pesquisadores têm explorado o conceito básico de que o pensamento de investimento, como opção, muda substancialmente a teoria e a prática acerca do processo de tomada de decisão em investimento de capital.

¹ Será mantido o termo ROA (*Real Options Analysis*) em inglês porque se refere a um conceito novo, que no dia-a-dia da literatura especializada é mantido no original ou não tem tradução consagrada.

Tradicionalmente as escolas de negócios têm ensinado os administradores a operarem sob a premissa de que as decisões de investimento podem ser reversíveis se as condições mudarem ou, não reversíveis, à medida que for um investimento do tipo “agora-ou-nunca” (DIXIT; PINDYCK, 1994). Mas, tão logo surgiu o pensamento de oportunidades de investimento como opções, esta premissa mudou. Irreversibilidade, incerteza e a possibilidade de se postergar o investimento (*timing*), entretanto, alteram a decisão de investimento de maneira crítica.

Neste contexto, a Análise de Opções Reais vem ganhando a atenção de pesquisadores e gerentes em todo o mundo, uma vez que a teoria é capaz de captar a flexibilidade gerencial na tomada de decisões de investimentos (INGERSOLL; ROSS, 1992; TRIGEORGIS, 1993; DIXIT; PINDYCK, 1994; LUEHRMAN, 1998; COPELAND; ANTIKAROV, 2001). No Brasil, essa teoria vem sendo disseminada em diferentes setores, principalmente naqueles que apresentam elevada volatilidade. São poucos os artigos que abordam a teoria, embora seu foco de trabalho esteja em nível de mestrado e doutorado (DIAS, 1996; DEZEN, 2001; COSTA LIMA, 2004).

Os investimentos em empreendimentos da construção civil aportam gastos iniciais elevados, principalmente custos da construção e compra de terrenos para implantação do empreendimento, demanda, preços dos imóveis e sua velocidade de vendas (ocorrendo por vezes vacâncias prolongadas), gerando baixo capital de giro, liquidez e *payback* (BARBOSA, 2005). Esses investimentos possuem várias incertezas relativas às condições de mercado, como os preços dos imóveis, que segundo a teoria de opções, permite ao empreendedor analisar e estabelecer as decisões estratégicas ótimas de forma a maximizar o valor do empreendimento e mitigar riscos.

Para Dias (1996), a ROA é hoje, reconhecidamente, a que dá a melhor solução para tratamento da incerteza e flexibilidade em empreendimentos, sendo cada vez mais uma abordagem científica da análise de investimentos, deixando de ser apenas um tema de pesquisa nos meios acadêmicos, para se difundir gradualmente na prática das empresas modernas.

Segundo o mesmo autor, a moderna teoria das opções reais é superior do ponto de vista teórico do Fluxo de Caixa Descontado (FCD). Ao mesmo tempo, já é uma técnica suficientemente consolidada para a adoção nas empresas. Do ponto de

vista prático, a tomada de decisão é muito mais coerente com a teoria das opções do que com o FCD, apesar dos gerentes o fazerem por considerações qualitativas (intuição de negócios).

O presente trabalho se propõe a realizar um estudo sobre a Análise de Opções Reais (ROA) incorporando a flexibilidade gerencial à análise de investimento em empreendimentos da construção civil, aplicando a teoria na análise de um empreendimento real de um loteamento urbano de lotes residenciais na cidade de Campinas (SP), buscando-se, desta forma, diminuir a distância entre a teoria e prática.

1.2 Objetivos

A seguir apontam-se o objetivo geral e os específicos da presente pesquisa.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho consiste em um estudo sobre como aplicar a teoria de opções reais na análise da qualidade de investimentos em empreendimento de construção civil, mais especificamente em propostas de loteamentos residenciais.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estabelecer um roteiro para a avaliação de lotes por meio de modelos de regressão;

- Propor uma metodologia para determinação da volatilidade em empreendimentos da construção civil;
- Incorporar a flexibilidade gerencial à avaliação da qualidade de investimentos de empreendimentos na construção civil;
- Demonstrar comparativamente os resultados da análise de opções reais (dinâmico) com Fluxo de Caixa Descontado (estático e determinístico).

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é composto de cinco capítulos, sendo iniciado por esta introdução, cuja função principal é apresentar um breve contexto da pesquisa, argumentos de relevância, as justificativas, e seus objetivos propostos.

No capítulo 2, é apresentada uma revisão da literatura, que se inicia na definição da abordagem tradicional, e principais limitações. São tratados os conceitos básicos da teoria das opções financeiras, os aspectos da teoria das opções reais, das diferenças entre opções reais, VPL e árvore de decisão, aspectos dos empreendimentos imobiliários e volatilidade.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia adotada, com sua classificação, delineamento e formulação da pesquisa, seguida pela descrição das características do empreendimento que fizeram parte deste trabalho. No estudo de caso são apresentadas as principais situações de opções por meio de modelos de grades binomiais.

O capítulo 4 contém os resultados obtidos das simulações dos estudos de caso do capítulo 3. Estes resultados são analisados com base no conceito da literatura de opções reais.

No capítulo 5 é descrita as principais conclusões obtidas com a pesquisa, sendo apresentado um retrospecto do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

Nos apêndices são apresentados e calculados os principais fundamentos aplicados nesta pesquisa, como determinação do valor do lote por inferência estatística,

determinação da volatilidade de projeto, determinação da taxa de retorno de investimento imobiliário e a curva de agregação de recursos.

2 MÉTODOS TRADICIONAIS E ANÁLISE DE OPÇÕES REAIS

Nessa revisão bibliográfica buscou-se abranger os principais conceitos inerentes ao tema da pesquisa, e explorá-los de maneira a inserir no trabalho a base de conhecimento já pesquisada nos assuntos componentes do tema. São discutidos os conceitos de métodos tradicionais de avaliação de investimentos, opções financeiras, opção real, ROA versus métodos tradicionais e empreendimentos imobiliários.

2.1 Métodos de Avaliação da Qualidade de Investimentos

Segundo Rocha Lima Jr. (1993; 1998), na fase de projetos e análise de investimentos é conveniente que se use a terminologia Análise de Empreendimentos – A Qualidade dos Investimentos, porque se avalia do ponto de vista econômico, como se comportam empreendimentos, que para oferecer retorno e resultado, exigem uma massa de investimentos para a produção. Com as informações geradas pela qualidade é que se trata da viabilidade do empreendimento, isto é, comparando os indicadores da qualidade (Prazo de recuperação do investimento – payback, Taxa de Retorno e o volume de Investimento) com alternativas que dispõe, ou as necessidades do empreendimento, com sua capacidade de supri-las.

Os métodos de avaliação são processos de tomada de decisão com o objetivo de criar valor na empresa mediante investimentos em ativos reais (COPELAND; ANTIKAROV, 2001).

Segundo Buchanan e O' Connell (2006), a expressão “tomada de decisão” é típica do vocabulário da gestão no mundo dos negócios. A definição de políticas pode ser algo interminável, sempre haverá recursos a alocar. Já “decisão” implica no fim das deliberações e o início da ação.

Investimento, na sua essência, significa a aplicação de recursos de capital com a finalidade de obter vantagens econômicas futuras e estratégicas, como social, ambiental, entre outras.

Portanto, a determinação do valor de ativos para análise de investimento é a questão chave em estratégias corporativas.

2.2 Métodos Tradicionais

De acordo com Gentry e O' Neil (1984), Stermole e Stermole (1993) e Ross, Westerfield e Jaffe (1999), o modelo padrão tradicional, tanto para valoração, como para tomada de decisões, baseado nos métodos típicos e determinísticos com base em fluxo de caixa descontado (FCD), tais como o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR), considera de maneira tênue as incertezas e a capacidade de se alterar o curso das ações no futuro.

Os modelos de avaliação para serem considerados como modelos normativos, assumem condições de certeza em suas formulações, que não condiz com os aspectos reais porque são de incertezas relativas, isto é, não podemos afirmar que as variáveis de cenários futuros comportar-se-ão da forma com que inicialmente foram propostas na modelagem. A inserção de aspectos de flexibilidade na concepção de um projeto é estrategicamente relevante, pois possibilita adaptar e rever as decisões mais adiante, em resposta a inesperados comportamentos de mercado.

Dixit e Pyndick (1994) afirmam que o problema deste modelo está no fato de que não se pode captar o valor da flexibilidade gerencial. Ela foca a análise em investimento do tipo “agora ou nunca” e não estimula a geração de alternativas de empreendimentos que apresentam oportunidade explícita para futuras flexibilidades

gerenciais. Conforme Minardi (2004), a flexibilidade gerencial é a possibilidade de rever a estratégia inicial e alterar o plano de investimento de acordo com as novas condições econômicas.

No FCD tradicional, o gerente assume uma administração passiva porque supõe um cenário esperado para os fluxos de caixa e um comprometimento com certa “estratégia operacional” estática (inicia o empreendimento imediatamente e opera continuamente na escala base até o final pré-estabelecido de sua vida útil esperada). Por outro lado, o ambiente real de mercado é caracterizado por mudanças, incertezas e interações competitivas, que provavelmente farão o fluxo de caixa divergir da expectativa inicial.

A maneira crítica na utilização nos modelos tradicionais acaba se refletindo nas taxas de desconto do empreendimento nas seguintes situações:

- Assumir taxa constante pode induzir a superestimação e avaliações incorretas;
- A análise tradicional desconsidera o nível de risco do empreendimento proporcionado pela flexibilidade gerencial. Empreendimentos que podem ser alterados, abandonados ou se parte do investimento inicial puder ser recuperado, oferecem menos riscos. A única maneira de considerar esse efeito na abordagem tradicional é ajustando, arbitrariamente, na taxa de desconto. Isso explica porque o uso de taxas de desconto muito elevadas, prejudicam as oportunidades de investimento. O uso impróprio dessas taxas como fator de ajustamento dos valores estimados no empreendimento a risco não bem determinado, é conhecido como *hurdle rates* (DIXIT; PINDYCK, 1994; DIAS, 1996);
- Os gerentes são induzidos a considerar os riscos de maneira subjetiva, por alguma combinação de balanceamento de sua escolha para taxa de desconto com sua opinião para um prêmio adicional a ser acrescido aos resultados de valoração, abalizada por “intuição” (BORDIERI, 2004);
- A técnica do FCD tradicional simplesmente conjuga risco e incerteza por meio de uma taxa de desconto que é a mínima taxa de retorno necessária para justificar um investimento quando comparada a outras oportunidades

alternativas de aplicação, em média de 3 a 4 vezes maior que o custo de capital, segundo Dixit e Pindyck (1994), tratando o assunto de maneira insuficiente para uma análise segura.

2.2.1 VPL: Conceitos e limitações

O VPL trata apenas de fluxos de caixa previstos, descontados a uma taxa constante, considerando que o risco continuará constante ao longo da vida do empreendimento (COPELAND; ANTIKAROV, 2001). Para determinação e análise do valor presente usa-se o valor presente de recebimentos e desembolsos de quantias futuras.

Segundo Newnan e Lavelle (2000), pode-se aplicar o VPL para determinar o valor presente de uma propriedade rentável, como um poço de petróleo ou um edifício de apartamentos. Conhecendo os custos e receitas futuros com uma taxa de juro adequada, pode-se calcular o valor presente de uma propriedade, dando por conseguinte uma boa estimativa do preço de compra ou de venda da mesma. Outra aplicação seria a determinação do valor de ações ou títulos com base na antecipação de benefícios futuros deles decorrentes.

Conforme Minardi (2004) o VPL é a diferença entre o valor presente dos fluxos de caixa estimados para o empreendimento em uma base pós Imposto de Renda e o valor presente do investimento. Esses fluxos de caixa são trazidos a valor presente por uma taxa de desconto ajustada ao risco do empreendimento.

O método do VPL tem sua forma básica tradicional sintetizada pela equação 1.

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FCE_t}{(1+k)^t} \quad \text{Equação 1}$$

Onde, FCE_t = fluxo de caixa líquido esperado por período de tempo do empreendimento: benefícios menos os custos; k = taxa de desconto, no caso de empreendimentos, comparável a investimentos alternativos tendo riscos similares. A

taxa é sempre compreendida como o desconto², tais como, CAPM³, hurdle rate⁴, custo do capital da empresa ou WACC⁵ (custo médio ponderado de capital); I = investimento inicial no tempo $t=0$. Normalmente, I é o investimento feito no início do empreendimento e t o período de tempo, que representa a vida útil do empreendimento.

Nos empreendimentos corporativos, quanto mais distantes for o horizonte de tempo, mais imprecisas e incertas serão as previsões de fluxo de caixa, uma vez que estes fluxos são diretamente influenciados pelas vendas futuras, custos (mão-de-obra, materiais, etc.), taxas de juros, políticas governamentais e cambiais, aspectos sócio climáticos, mudanças demográficas, políticas internacionais, fornecedores e/ou consumidores, novas tecnologias, e assim por diante.

Portanto, no método VPL, erros na previsão de fluxos de caixa podem levar à aceitação de um empreendimento que deveria ser rejeitado ou vice-versa. Além disso, apesar da estimativa de taxas de juros futuras ser tanto difícil como incerta, a premissa adotada pelo método de que a taxa de desconto é a mesma durante todo o empreendimento pode não ser realista.

2.2.2 TIR: Conceitos e limitações

A taxa interna de retorno (TIR) é uma medida da taxa de rentabilidade, isto é, uma taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial.

² Taxa de desconto é a taxa de atratividade esperada para o ciclo de análise que é utilizada para calcular o valor presente líquido do fluxo de caixa elaborado, admitindo-se que o desempenho da atividade desenvolvida no empreendimento tende a ter um comportamento aderente às projeções realizadas.

³ *Capital Asset Pricing Model*, que será discutida no apêndice III.

⁴ Para evitar, segundo DIXIT e PINDYCK, (1994), que todos os projetos que normalmente teriam $VPL > 0$, muitos executivos estabelecem elevadas taxas de desconto, chamadas de taxas de vedação ("*hurdle rates*") que são muito superiores a taxas que seriam obtidas usando o CAPM ou WACC. Os observadores das práticas de negócios descobriram que tais *hurdle rate* são normalmente três a quatro vezes o custo do capital.

⁵ Weighted Average Cost of Capital.

Segundo Newnan e Lavelle (2000) a taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de juro à qual o valor presente dos benefícios é equivalente ao valor presente dos custos.

Na análise de investimentos, costuma-se comparar a TIR do empreendimento em questão à taxa mínima ou à taxa desejada de retorno, que deve ser menor que a TIR. Ela possibilita, também a comparabilidade entre empreendimentos distintos.

Obtém-se a taxa interna de retorno do empreendimento quando o fluxo de caixa previsto do mesmo é trazido à data zero, fazendo com que o valor presente líquido esperado se iguale a zero. Na análise de viabilidade de um empreendimento, a TIR tem que ser maior que uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que representa o custo de capital da empresa (SANTOS,2001).

A técnica da TIR apresenta diversos problemas, que tornam o método pouco confiável, tais como, a hipótese de reinvestimento (o cálculo da TIR assume implicitamente que todos os fluxos de caixa futuros gerados pelo empreendimento podem ser reinvestidos à TIR); a violação do princípio da aditividade (a escolha entre os empreendimentos mutuamente exclusivos muda, caso elas sejam combinadas a um terceiro empreendimento) e a ocorrência de múltiplas TIR's, isto é, caso ocorra mais de uma mudança de sinal nos fluxos de caixa estimados.

Outros problemas são inerentes ao cálculo da TIR: é mais fácil obter maiores TIR's se o volume de capital a ser investido for pequeno, e a vida útil do empreendimento for curta e no caso de empreendimento de longa duração e intensivos em capital tendem a ser descartados pelo critério da TIR, mesmo apresentando considerável VPL.

2.2.3 Incertezas e Investimentos

Certeza em investimentos refere-se às situações em que o investidor conhece com probabilidade 1 (um) qual o retorno sobre o seu investimento que ocorrerá no futuro. Pode-se inferir, portanto, que incerteza refere-se a situações onde pode ocorrer

um conjunto de valores associados a seus respectivos estados da natureza, com probabilidades estritamente positivas.

Conforme Dixit e Pindyck (1994), a economia define investimento como ato de incorrer em custo imediato na expectativa de recompensas futuras. Numa analogia como o retorno de ação, o retorno de qualquer investimento pode ser decomposto em duas parcelas aditivas: dividendo e ganho de capital. Em um investimento em capacidade produtiva, existem três importantes características que devem ser consideradas: *irreversibilidade*, *incerteza* e *timing*. Primeiro, os investimentos são irreversíveis, parcial ou totalmente. Segundo, há incertezas sobre os fluxos de caixa futuros. Terceiro, o investidor tem algum controle para ajustar o momento da decisão de investimento a uma oportunidade. Essas são à base da teoria do investimento sob incerteza segundo Dixit e Pindyck (1994).

A **irreversibilidade** pode ser parcial ou total, ou seja, depois de feito o investimento, em caso de um arrependimento da decisão, não é possível recuperar todo ou a maior parte do capital investido. No caso de ativos que podem ser usados em outras indústrias (microcomputadores, caminhões comuns, edificações civis, etc.) freqüentemente o mercado de equipamentos usados paga valores abaixo do que se poderia supor como “justo”, devido ao efeito da *assimetria de informação*, conceito estabelecido por Akerlof (1970), que é a diferença de valor percebida entre comprador e vendedor (desconfiança do comprador) sobre o real estado do equipamento relativo ao custo de aquisição e sua avaliação de mercado. Conforme Henry (1974), realizar uma decisão irreversível significa reduzir significativamente por um longo período de tempo a variedade de escolhas que seriam possíveis no futuro.

Desta forma, a maior parte do custo de investimento é um *custo incorrido em definitivo (sunk cost)*. Logo, a irreversibilidade faz com que a espera tenha valor. Somente quando a probabilidade de insucesso é suficientemente baixa é que o investimento irreversível deve ser feito.

Os modelos pioneiros de irreversibilidade foram introduzidos na literatura por Brennan e Schwartz (1985) em valoração de investimento na mineração de cobre e demonstraram que a regra clássica do VPL falha sob incerteza e na condição induzida por custos não recuperáveis.

A irreversibilidade em empreendimentos da construção civil ocorre porque uma vez que tenha adquirido o terreno e esteja em etapas construtivas, terá pouco ou nenhum valor a não ser que efetive toda a construção, viabilizando, então, sua futura comercialização.

A segunda importante característica é a **incerteza**. Não se considera a incerteza nos cálculos para o estudo de viabilidade econômico e financeira de empreendimentos na construção civil porque os fluxos de caixa são considerados definidos e de ocorrência certa. Alguns especialistas utilizam o processo de simulação para prever os resultados possíveis.

O **timing** do investimento é a terceira característica relevante, embora muitas vezes subestimada. O gerente tem de decidir se é melhor investir já ou se é melhor aguardar por novas informações e/ou melhores condições. Raramente um investimento é do tipo “agora ou nunca” (QUIGG, 1993; DIXIT; PINDYCK, 1994, INGERSOLL; ROSS, 1992).

Dixit e Pindyck (1994) apresentam os aspectos da possibilidade de adiar um investimento, esclarecendo que embora esta oportunidade nem sempre esteja presente, como nos casos em que considerações estratégicas tornam imperativo que uma empresa entre em ação rapidamente e antecipe-se aos concorrentes existentes ou potenciais, na maioria dos casos esta alternativa é ao menos plausível.

Dias (1996) propõe classificação para as incertezas em econômica e técnica. A *incerteza econômica* é correlacionada aos movimentos gerais da economia, que são sujeitos a acontecimentos aleatórios, tais como recessão/aquecimento da economia, guerra/paz, perdas de safra por razões climáticas/safra recorde, descoberta de novas tecnologias, etc. Quanto mais distante for o futuro que se tenta prever, mais incerta é essa previsão. Assim a incerteza econômica é exógena ao processo de decisão de uma firma. Aprende-se esperando (*learning by waiting*) e não investindo.

Esse tipo de incerteza, que não pode ser totalmente diversificável, afeta negativamente os investimentos, pois quanto maior a incerteza, mais as empresas irão esperar antes de investirem, ou vão exigir preços muito elevados para investirem em produção. Muitos empreendimentos com VPL ligeiramente superiores a zero serão postergados e só serão realizados aqueles com VPL muito maior do que zero. Por

exemplo, é comum os jornais noticiarem o adiamento de investimentos por parte das empresas devido às incertezas econômicas, tais como, discussão de novas leis comerciais no congresso, alteração da taxa de câmbio, etc.

A “incerteza técnica” é um tipo de incerteza que não está correlacionada aos movimentos macroeconômicos, ou seja, a possibilidade de desvio de uma variável em relação ao que se espera não muda se, por exemplo, a economia sai de uma recessão e entra em fase de crescimento. Desta forma, a incerteza técnica não é afetada, por exemplo, por decisões políticas. Ela é contrária à incerteza econômica porque o processo de decisão é devido a fatores endógenos ao empreendimento, como a incerteza no planejamento orçamentário nas obras de construção civil e novas tecnologias de materiais e componentes de construção. A incerteza técnica pode, conforme ressaltam Dias (1996), levar à realização do início de investimento em empreendimentos com $VPL < 0$, uma vez que esta incerteza técnica só poderá ser resolvida por meio do investimento.

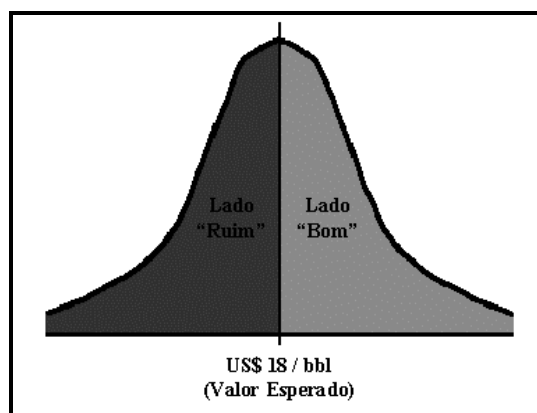
Uma característica fundamental da incerteza técnica é que a realização de investimento reduz esse tipo de incerteza. Como é mostrada por Dixit e Pindyck (1994), a incerteza técnica incentiva o investimento passo-a-passo, no sentido da redução da variância dessa incerteza. É como se o investimento tivesse um benefício adicional (quantificável pela teoria das opções) de redução da incerteza técnica. Esse benefício adicional é chamado de *valor-sombra* (*shadow value*), pois é um valor que não aparece diretamente no fluxo de caixa, logo, o FCD não é capaz de mensurar esse valor, outra limitação importante desse método.

Myers (1977) refere-se a esses dois sistemas como “duas culturas olhando para o mesmo problema”, argumenta que o planejamento orçamentário utilizando o FCD ignora a criação de capacidades (por exemplo, a criação de vantagens competitivas) e outros bens intangíveis, necessários para o crescimento sustentado de uma empresa, ou mesmo a sua simples sobrevivência num cenário competitivo e em constante mutação. A moderna teoria de planejamento orçamentário de capital, que considera as incertezas e as opções gerenciais de um empreendimento, vem diminuir a distância existente entre essas duas abordagens para a alocação de recursos.

A seguinte questão poderia ser levantada: para efeito de tomada de decisão, qual dos dois lados da incerteza é o mais importante? A resposta depende do tipo de decisão a ser tomada.

Se for uma decisão de investimento, o “lado ruim” da incerteza é a força primária que governa a decisão ótima de investimento, quando a espera é possível. Por outro lado, se for uma decisão de abandono, o “lado bom” da incerteza é o relevante. Esse é, segundo Dias (1996), o segundo efeito da assimetria da incerteza: a assimetria na regra de decisão. No caso da decisão de investimento, essa assimetria pode ser enfocada pelo “princípio das más notícias”; um empreendimento, mesmo com $VPL > 0$, pode ser adiado uma vez que a incerteza existente atribui uma probabilidade positiva para uma queda nos preços, de forma que a espera pode evitar essas perdas. O preço de “gatilho” (que leva ao imediato investimento, pela teoria das opções) depende da probabilidade de ocorrer essa perda e do *tamanho* dessa possível perda (pode-se pensar na área à esquerda da figura 1) (DIAS, 1996).

FIGURA 1 Os Dois Lados da Incerteza



FONTE: DIAS, 1996.

Outro exemplo, ainda mais interessante e bastante instrutivo do *princípio das más notícias* é apresentado por Dixit (1995): Por que as firmas japonesas, que têm maiores custos fixos, têm sido mais agressivas em investimento do que as firmas

americanas? A resposta é que o “lado ruim” da incerteza é menor no Japão, devido ao suporte dado pelo governo às empresas em situações conjunturais desfavoráveis (inclusive *cartelização*, para prevenir competição destrutiva em períodos de recessão). Assim o valor da espera é pequeno e as empresas têm mais disposição (ou menos “receio”) de investir.

Já no caso da *decisão de abandono*, a assimetria pode ser enfocada pelo “princípio das boas notícias”, ressalta Dias (1996): um empreendimento, mesmo com a receita um pouco menor do que o custo operacional poderá não ser abandonado, devido ao potencial de voltar a ser um negócio lucrativo, que é proporcionado pelo “lado bom” da incerteza. Quanto maior for esse potencial, mais a firma deve esperar antes de tomar a decisão irreversível de abandonar o empreendimento. É essa “esperança” que faz muitas firmas operarem unidades com prejuízos por certo tempo.

Existem, conforme Carvalho (2004), no setor da construção civil dois vetores de incertezas, isto é, o custo (da obra) e o mercado (imobiliário). A tendência é de que o primeiro deixe de ser um risco do ponto de vista sistêmico, uma vez que os construtores estão mais preparados para lidar com novas tecnologias e sistemas de produção. O segundo apresenta incerteza no preço de venda de seus produtos imobiliários (lotes, apartamentos, escritórios) porque depende da situação econômica do mercado, volume e velocidade de venda.

2.2.4 Volatilidade

Conforme Hull (1995), a volatilidade de uma ação, representada pelo símbolo “sigma” (σ), é a medida da incerteza quanto aos retornos proporcionados pela ação. Em geral, são expressas em percentuais, por exemplo, quando referir se à volatilidade de uma ação da IBM como sendo 25% ao ano, ou se o tempo for medido em anos, isso significará que $\sigma = 0,25$.

As avaliações de negócios podem ser feitas como projetos de investimentos e, portanto, um investimento de risco. Normalmente, para o público em geral, a palavra

“risco” está associada a perdas quando se trata de finanças. Isto é parcialmente correto, pois ignora a possibilidade de ganho acima do esperado que normalmente acompanhe a possibilidade de perda.

Para quantificar essa variabilidade, a medida mais comumente utilizada é o desvio padrão, que, numa linguagem simplificada, mede o quanto os vários pontos da série de dados desviam-se de sua média. A expressão é definida pela Equação 2, para $N > 30$:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x})^2}{N}}$$

Equação 2

Onde, σ = desvio - padrão, \bar{x} = média, x_j = números da série e N = total de elementos, num jargão mais popular no mercado financeiro, o desvio padrão é também chamado de “volatilidade”.

2.3 Opções Financeiras

Para facilitar a compreensão das Opções Reais, objetivo deste trabalho, inseridas no contexto da análise de investimentos, faz-se necessário, primeiramente, a explanação da Teoria de Opções Financeiras.

Conforme Minardi (2004), uma opção é o contrato assumido entre duas partes, que dá ao comprador um direito, mas não a obrigação, de comprar/vender uma quantidade fixa de determinado ativo a um preço estabelecido em, ou antes, de determinada data.

As opções financeiras fazem parte de um conjunto de instrumentos denominados “*derivativos*”. Os derivativos possuem este nome porque não tem valor próprio – seu valor deriva do valor de algum outro ativo básico (*ativo subjacente*). Eles surgiram da necessidade de reduzir a incerteza, limitando os riscos de flutuações inesperadas nos preços dos ativos subjacentes.

Os contratos de opções são títulos derivativos. Estes são escritos sobre ações ordinárias, índices de bolsas, câmbio estrangeiro, mercadorias agrícolas, metais preciosos e taxas futuras de juros.

Dentre os tipos de derivativos mais comuns estão os contratos a termo futuros, os *swaps*⁶ e finalmente as opções (HULL, 1995), que são o foco deste trabalho.

As opções são fundamentalmente diferentes dos contratos a termo e futuros, pois dão ao seu detentor o direito, mas não a obrigação de fazer alguma coisa no futuro. Desta forma, o possuidor de uma opção pode escolher exercê-la ou não, da maneira que julgue mais interessante. Nos contratos a termo, as duas partes são obrigadas a comprar/vender os montantes estipulados no futuro.

Uma segunda diferença entre os contratos futuros e de opções é que entrar num contrato futuro não implica em qualquer custo inicial, enquanto a opção exige um pagamento adiantado (prêmio), que reflete o valor da sua flexibilidade.

Existem dois tipos básicos de opções (HULL, 1995; MINARDI, 2004; MONTEIRO, 2003):

- *CALL OPTION* (opção de compra): dá ao seu detentor o direito, mas não a obrigação, de comprar um determinado ativo em uma determinada data, por um preço estabelecido;
- *PUT OPTION* (opção de venda): dá ao seu detentor o direito, mas não a obrigação, de vender um determinado ativo em uma determinada data, por um preço pré estabelecido.

A data especificada no contrato é conhecida como a data de vencimento, data de exercício ou *strike date*, o preço é o preço de exercício ou *strike price*.

As opções podem ser ainda americanas ou européias. Esta conotação não tem qualquer relação com a localização geográfica. As opções americanas são aquelas que podem ser exercidas em qualquer momento até a sua data de vencimento, e as opções européias só podem ser exercidas na sua data de vencimento. A maioria das opções

⁶ Têm o significado de troca. São acordos privados entre duas empresas para a troca futura de fluxos de caixa, respeitando uma fórmula preestabelecida, e podem ser consideradas carteiras de contratos a termo (HULL, 1995).

negociadas é do tipo americana, porém as opções do tipo européia são normalmente mais fáceis de analisar, e algumas propriedades das opções americanas são freqüentemente deduzidas das opções européias.

Conforme Minardi (2004) existem duas posições para cada tipo de opção: Posição comprada (*long*): significa ter comprado uma opção e Posição vendida (*short*): significa ter vendido ou emitido uma opção.

Existem quatro posições básicas em opções, e as variações de seus lucros e perdas em relação ao preço de ação (S_t). Geralmente, é útil caracterizar posições européias em termos de *payoff* ou fluxo de caixa no vencimento. O custo inicial (prêmio) não é incluído no cálculo. Se X for o preço de exercício e o S_t preço da ação no exercício, o *payoff* para cada posição é:

- Compra de opção de compra
(*long in a call*): $-\max(S_t - X, 0)$;
- Compra de opção de venda
(*long in a put*): $-\max(X - S_t, 0)$;
- Venda de opção de compra
(*short in a call*): $-\max(S_t - X, 0) = \min(X - S_t, 0)$
- Venda de opção de venda
(*short in a put*): $-\max(X - S_t, 0) = \min(S_t - X, 0)$

O comprador da opção só irá exercê-la se o *payoff* for positivo, pois, caso contrário, não exercerá, e o *payoff* será 0. Com relação à probabilidade de exercício de uma opção (relação de seu preço de exercício com o preço do ativo subjacente), Silva Neto (1996) classifica as opções conforme Tabela 1.

TABELA 1 Classificação de opções

| Classificação | Opção de Compra | Opção de Venda |
|--|--|--|
| In-the-money (dentro do dinheiro) | Preço do objeto é maior do que o preço de exercício | Preço do objeto é menor do que o preço de exercício |
| At-the money (no dinheiro) | Preço do objeto é igual ao preço de exercício | Preço do objeto é igual ao que o preço de exercício |
| Out-of-the money (fora do dinheiro) | Preço do objeto é menor do que o preço de exercício | Preço do objeto é maior do que o preço de exercício |

Os contratos de opções são utilizados tanto para especulação como para negociar a transferência de riscos entre as duas partes (compra ou venda), sendo que elas possuem expectativas assimétricas acerca da evolução futura do preço do ativo subjacente.

Portanto, quando o resultado for “dentro do dinheiro” a opção é exercida com alto lucro, enquanto “no dinheiro” a opção não gera lucro ou prejuízo e assim no “fora do dinheiro” a opção não é exercida, isto é, é abandonada.

2.4 Opções Reais

Apesar do amplo uso de técnicas de tomada de decisão, o Fluxo de Caixa Descontado (FCD), apresenta certas limitações que têm levantado críticas sobre a utilização dessas técnicas tradicionais de orçamento de capital em função do seu uso estático. Isso se deve à incapacidade do FCD captar o valor da “flexibilidade gerencial” e se preocupar somente com seu retorno financeiro e fatores tangíveis, sem considerar seus fatores intangíveis como vantagem competitiva, colocação no mercado e futuras oportunidades.

Tem-se, portanto, procurado um método mais sofisticado de avaliação de investimentos que seja capaz de captar o valor desta flexibilidade gerencial. A Análise das Opções Reais (ROA) surgiu da analogia de precificação de opções financeiras, que tem essa habilidade de precificar opções de empreendimentos estratégicos advindas da incerteza e da volatilidade maximizando, portanto, o valor do investimento.

2.4.1 Conceitos

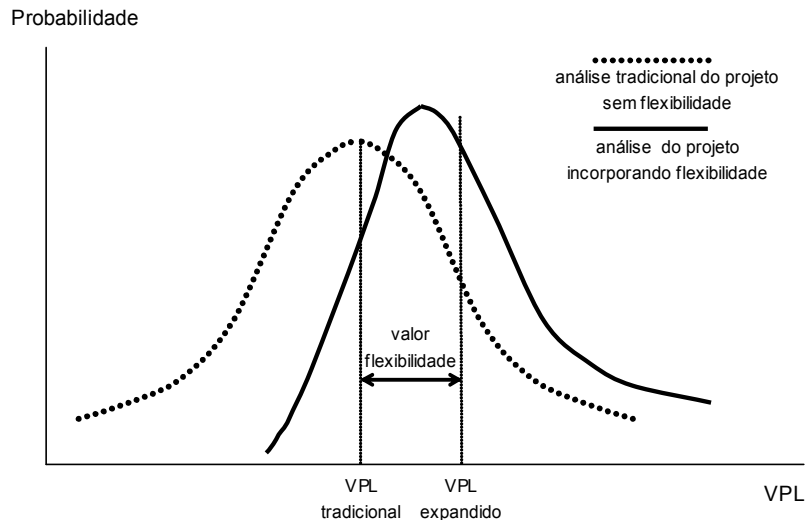
O termo opção real pode ser visto como um meio de capturar a flexibilidade que os administradores possuem ao tomar decisões de investimentos ou operações. O termo “real” distingue estas opções sobre ativos tangíveis ou intangíveis das opções sobre ativos financeiros.

Segundo Minardi (2004), a flexibilidade em adaptar suas futuras ações em resposta às futuras alterações do mercado expande o valor da oportunidade do investimento pela melhoria do potencial de ganhos, enquanto limita as perdas às expectativas iniciais da administração sob uma gerência passiva. Segundo Minardi (2004) e Trigeorgis (2000), a assimetria resultante criada pela adaptabilidade requer uma regra para um “VPL expandido” que reflita os dois valores componentes: o VPL tradicional (estático ou passivo) e o valor da opção de operação e adaptabilidade estratégica, definida pela Equação 3 e Figura 2.

$$\text{VPL}_{\text{expandido}} = \text{VPL}_{\text{tradicional}} + \text{Valor}_{\text{flexibilidade gerencial}}$$

Equação 3

FIGURA 2 Assimetria na distribuição de probabilidade causada pela flexibilidade



FONTE: Trigeorgis (2000)

Conforme Trigeorgis (2000), na ausência de flexibilidades gerenciais a distribuição de probabilidade do VPL seria razoavelmente simétrica, e nesse caso o valor esperado do VPL estático (ou a média da distribuição simétrica) seria coincidente com a moda ou valor mais provável, conforme pode ser visto no lado esquerdo da Figura 2. Entretanto, quando as flexibilidades são significativas, por permitir uma melhor adaptabilidade (ou proteção contra) a futuros eventos venham ocorrer de maneira diversa ao esperado pela gerência, elas alteram a distribuição, normalmente abaixo da média, e aumentam o seu potencial superior, de maneira que a distribuição real resultante é inclinada para direita, conforme pode ser visto no lado direito da Figura 2.

Para Minardi (2004) muitos dos modelos e estudos acadêmicos atuais partem desta equação tentando resolver suas limitações. É utilizado para precificar opções de compra e opções de venda européia (financeira) quando o ativo-objeto não paga dividendo. As opções (por exemplo: um empreendimento) consistem em um direito contingente, ou seja, seu valor depende do valor de outro ativo, chamado ativo-objeto (por exemplo: o valor do empreendimento). Essa opção de compra e venda é dita européia se puder ser exercida na data do vencimento.

A difusão dos computadores pessoais proporcionou avanços para que os executivos tivessem à sua disposição poder de computação suficiente e acessível para dar realismo e transparência aos quadros. O cálculo Itô⁷ não é mais uma ferramenta necessária. Agora é possível utilizar grades e soluções algébricas que são fáceis de programar nos microcomputadores (COPELAND; ANTIKAROV, 2001). Esse modelo de grade binomial é posterior ao modelo de Black-Scholes e sua finalidade é tornar mais didático e acessível a um público maior para o estudo de opções. Consiste em um modelo discreto, cujo desenvolvimento requer apenas conhecimento de matemática elementar. Sua construção é bastante simples, o que permite generalizações do modelo a vários outros problemas. Quando o número de intervalos do modelo tende ao infinito, o resultado do modelo tende à solução obtida por Black-Scholes (MINARDI, 2004).

Ao longo dos anos, a Teoria das Opções Reais passou do mundo acadêmico para o mundo das finanças corporativas. Há poucos estudos empíricos aplicados em corporações, como na tabela 2 (COPELAND; ANTIKAROV, 2001).

⁷ Cálculo de Itô é uma ferramenta matemática do cálculo estocástico relativo à sequência de eventos governados por leis probabilísticas.

TABELA 2 Empresas que usam ROA. Fonte: COPELAND e ANTIKAROV (2001)

| Empresa | Quando | Aplicação |
|-------------------------------|-------------------|---|
| HEWLET – PACKARD | 1.990 | Produção e distribuição |
| ICI | 1.997 | Construção de nova fábrica |
| APPLE | 1995 e 1996 | Decisão de saída para seus negócios com computadores pessoais |
| MOBIL | 1.996 | Desenvolvimento de campos de petróleo |
| AIRBUS INDUSTRIE | 1.996 | Valoração da opção de entrega |
| TENNESSEE VALLEY AUTHORITY | 1.994 | Opção de aquisição de energia elétrica |
| CADENSE DESIGN SYSTEMS | 1.990 | Valoração de investimentos |
| ENRON | 1.994 | Desenvolvimento de novos produtos, opções de conversão para turbinas a gás |
| EXXON | 1.990 | Exploração e produção de petróleo |
| ANADARKO PETROLEUM | 1.990 | Leilões de reservas petrolíferas |
| TEXACO | Década de 1990 | Exploração e produção de petróleo |
| PRATT & WHITHNEY | 1.989 | Operações de arrendamentos canceláveis. |

Em uma definição restrita, a abordagem de avaliação por meio de opções reais é uma extensão da teoria das opções financeiras, aplicada à avaliação de ativos reais, ou “não-financeiros”, tais como investimentos em novas plantas, em pesquisa e desenvolvimento ou expansão de capacidade produtiva. Assim, enquanto as opções financeiras são detalhadas por meio de contratos, as opções reais estão embutidas em investimentos estratégicos, e por este motivo, necessitam de um cuidadoso trabalho de análise para serem corretamente identificadas e especificadas.

Amram e Kulatilaka (1999) sugerem que a mudança das opções financeiras para as opções reais requer uma nova forma de pensar, uma forma que faça a ligação entre a disciplina dos mercados financeiros e as decisões de investimentos estratégicos internas das empresas. Outros autores acrescentam que o termo “opções reais” preencheria a lacuna existente entre as disciplinas financeiras e de planejamento estratégico, reduzindo a distância entre a teoria financeira e a realidade corporativa, ao

oferecer visões importantes sobre os negócios e investimentos estratégicos (visões cada vez mais importantes no rápido ritmo de mudanças da economia mundial).

É exatamente esta flexibilidade operacional dos investimentos reais que as relaciona às opções financeiras. Conforme se definiu anteriormente, uma opção de compra dá ao seu detentor o direito, mas não a obrigação, de comprar um determinado ativo em uma determinada data, por um preço pré-estabelecido. Da mesma forma, uma opção de venda dá ao seu detentor o direito, mas não a obrigação, de vender um determinado ativo em uma determinada data, por um preço pré-estabelecido.

Ao se utilizar a abordagem de opções reais para a análise de investimentos reais, atribui-se, tal como no caso de uma opção de compra, um potencial positivo de ganho, com perda limitada para o investimento em questão. Desta forma, determinados investimentos aparentemente não atraentes (ou com valor presente líquido próximo de zero, segundo o método do fluxo de caixa descontado) poderiam tornar-se interessantes caso fossem vistos como prêmios pagos para se ter o direito a potenciais positivos ilimitados no futuro.

Assim, tal como nas opções financeiras, a flexibilidade da gerência para adaptar as suas futuras ações em resposta a condições e reações de mercado que fugiu do inicialmente planejado, expande o valor da oportunidade de investimento, em oposição à atitude passiva adotada como premissa na avaliação tradicional.

2.4.2 A analogia entre Opções Reais e Financeiras

Analogamente às opções financeiras, o valor das opções reais depende de cinco variáveis básicas, conforme segue:

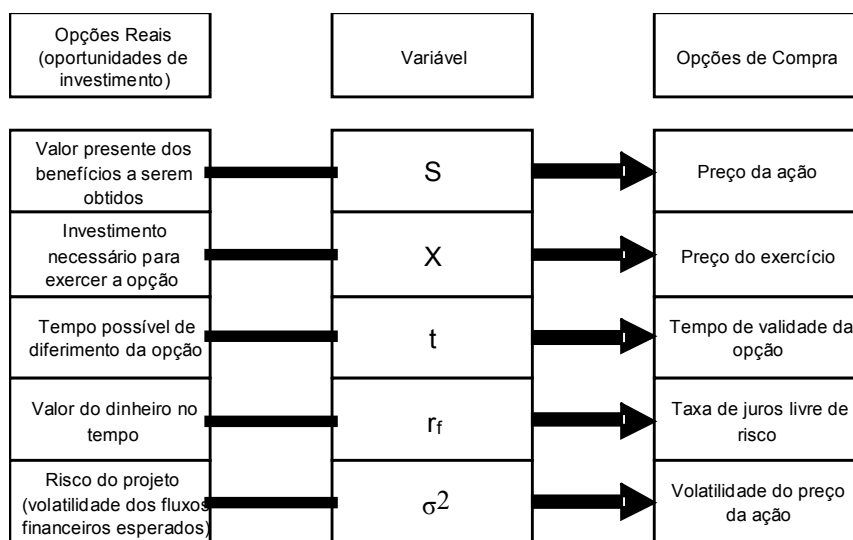
- Preço do ativo subjacente (S): no caso das opções reais, o ativo subjacente é um empreendimento, investimento ou aquisição de ativos reais. Diferentemente das opções financeiras que não podem afetar o valor do ativo subjacente (por exemplo, uma ação do General Motors), os executivos que operam um ativo real podem aumentar seu valor e, portanto, o valor de

todas as opções reais que dele dependem (COPELAND; ANTIKAROV, 2001);

- Preço de exercício (X): é o montante investido para “exercer” uma opção real quando se está comprando um ativo, ou o montante recebido quando se está vendendo. Tal como as opções financeiras, se o preço de exercício da opção aumentar, o valor da opção de compra diminuirá, e o valor da opção de venda aumentará;
- Tempo até o vencimento (t): fração anual do prazo de vencimento da opção real.
- Taxas de juros (r_f): é a taxa de juros que influi na determinação do preço da opção.
- Volatilidade (σ): é o movimento que sofre o ativo subjacente com o passar do tempo. Indica a incerteza (ou risco) quanto aos retornos proporcionados por este empreendimento ou investimento em ativos reais.
- Os dividendos podem ser pagos ao possuidor da ação e nas opções apresenta como pagamento pela espera de um investimento.

A Figura 3 mostra uma visão geral das variáveis de entrada para uma opção de compra de um projeto de investimento em comparação com opção de compra de uma ação.

FIGURA 3 Mapeando uma oportunidade de investimento numa opção de compra



FONTE: Luehrman (1998)

As principais diferenças entre as opções reais e as financeiras são as seguintes:

- Em opções financeiras o tempo de expiração é geralmente de curto prazo (menor do que 1 ano) e as opções reais podem ser até perpétuas;
- Outra diferença é o tempo de construção do bem real (que não existe em opções financeiras, e existe em opções reais);
- A regra de decisão (se exerce ou não a opção) é muito mais importante em opções reais do que em opções financeiras; ativos financeiros, tais como as ações, não podem ter valores negativos, já um projeto pode ter valor negativo, por último;
- As opções reais são mais complexas que as financeiras: preço do exercício pode ser incerto, é comum ter opções reais compostas, presença de incerteza técnica além da incerteza de mercado, e interações estratégicas com outras firmas.

2.4.3 Tipos de Opções Reais

Para se realizar uma boa avaliação de um empreendimento de forma a maximizar seu retorno, faz-se necessário o conhecimento das oportunidades embutidas no mesmo, para o administrador saber quando e qual será a melhor decisão a ser tomada. São vários os tipos de opções para um dado empreendimento. São classificados primeiramente pela flexibilidade que oferecem, pode ser uma opção de diferimento, abandono, contração, expansão e conversão apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 Taxonomia de Opções Reais (adaptado Trigeorgis, 1991)

| Opções | Descrição | Tipo de Flexibilidade | Guia para Literatura |
|--------------------------------|---|---|---|
| Diferimento | Semelhante a uma opção de compra americana. Existe quando o administrador pode adiar a decisão sobre o investimento por um certo período de tempo. Importante na indústria de extração de recursos naturais, desenvolvimento imobiliário, agricultura e outros. | Potencial de vantagem | McDonald e Siegel (1986); Paddock, Siegel e Smith (1988); Tourinho (1979); Titman (1985); Ingersoll e Ross (1992); Dixit (1992) |
| Timing ou estágio | Relata a possibilidade de estágios de investimentos como uma série de desembolsos para criar tanto opção de crescimento como de abandono. Tal estágio pode ser visto como uma opção do valor dos estágios subsequentes (opção composta). Eles são importantes na indústria intensiva de Pesquisa e Desenvolvimento, projetos de capital intensivo e em empreendimentos iniciais. | Potencial de vantagem e Proteção contra desvantagem | Brennan e Schwartz (1985); Majd e Pindyck (1987); Carr (1988); Trigeorgis (1993) |
| Alterando o estado de operação | Se as condições de mercado são melhores que o esperado, uma companhia pode decidir aumentar seu nível de produção investindo na escala da planta da fábrica quer temporariamente ou permanentemente. Igualmente, se as condições de mercado forem adversas a firma pode decidir temporariamente interromper a produção. Tais casos são parecidos como opções de compra. Ela é importante nas indústrias de recursos naturais onde os preços da produção podem variar constantemente, produtos de imóveis comerciais, e em outras indústrias cíclicas, tais como roupas de moda e produtos de consumo. | Potencial de vantagem e Proteção contra desvantagem | Brennan e Schwartz (1985); McDonald e Siegel (1985); Trigeorgis e Mason (1987); Pindyck (1988). |
| Expansão | Uma opção de expansão é semelhante a compra européia ou americana. Elas existem quando os investimentos são prematuro em P & D, terrenos não desenvolvidos, informações, criação de oportunidades para gerar outros rendimentos (isto é, desenvolvimento de um produto e vendê-lo no mercado, explorando a reserva adquirida, e outros). Oportunidades de crescimento são opções compostas, cujo valor depende de uma opção pre-existente. | Potencial de vantagem | Myers (1977); Brealey e Myers (1991); Kester (1984, 1993); Trigeorgis (1988); Pindyck (1988); Chung e Charoenwong (1991) |
| Abandonar | Semelhante a uma venda americana. Se as condições de mercado deteriora, administradores podendo abandonar operações correntes permanentemente e recuperar valor salvo do ativo. É importante na indústria de capital intensivo com mercado de usados para seus ativos, tal como a indústria de aviação, ferrovias e serviços financeiros. | Proteção contra desvantagem | Myers and Majd (1990), Sachdeva and Vanderberg (1993) |
| Conversão | Uma combinação de compra e venda que permitem a seus proprietários mudarem entre dois ou mais modos de operação, nas entradas ou saídas. Essas opções podem criar flexibilidade nos produtos e processo. Eles são importantes nas instalações que são altamente dependentes de uma compra cujo preço varia constantemente (por exemplo, petróleo, ou qualquer outras <i>commodity</i>), e produtos eletrônicos de consumo, brinquedos, e indústria de automóveis onde a especificação dos produtos está sujeitos a volatilidade demandada. | Potencial de vantagem e Proteção contra desvantagem | Magrabe (1978); Kensinger (1978); Kulatilaka e Trigeorgis (1993) |

FONTE: Ramirez (2002)

O investimento inicial é o elo para novos investimentos, tal como um investimento numa nova tecnologia que pode levar os diversos novos produtos,

mercados e outras descobertas científicas, contendo um potencial de retornos financeiros e estratégicos de elevada importância, mesmo com um VPL inicial negativo.

Além destes tipos básicos, são comuns as opções de alternância (carteiras de opções de compra e de venda que permitem a alternância a um custo ou custos fixos entre duas modalidades de operação, tal como a entrada e a saída de um setor do mercado, ou iniciar e parar uma determinada linha de produção devido a mudanças na demanda ou nos preços), as opções compostas e as opções múltiplas, que envolvem uma coleção de várias opções, cujo valor combinado é diferente da soma das opções individuais. A maioria dos empreendimentos reais enquadra-se nestas últimas classificações, tais como exploração e produção, pesquisa e desenvolvimento, e desenvolvimento de novos produtos.

As primeiras publicações sobre opções reais, apesar de sua indiscutível contribuição teórica, possuíam pouco valor prático, uma vez que seu foco estava em tipos de opções reais individuais, e não compostas. As pesquisas mais recentes, especificamente de Trigeorgis (1996) abordam a natureza da interação entre opções, apontando que a presença de opções subseqüentes pode aumentar o valor do ativo subjacente de opções anteriores.

2.5 Abordagens do Valor Presente Líquido, Árvores de Decisão e Análise de Opções Reais

Essas três técnicas são as mais utilizadas na tomada de decisão, e como ponto de partida para ROA, focaremos suas diferenças básicas. Tem-se a seguir à apresentação da álgebra básica das opções reais e a estimação da volatilidade do ativo subjacente e como incluí-la na árvore de eventos.

2.5.1 Análise pelo Valor Presente Líquido

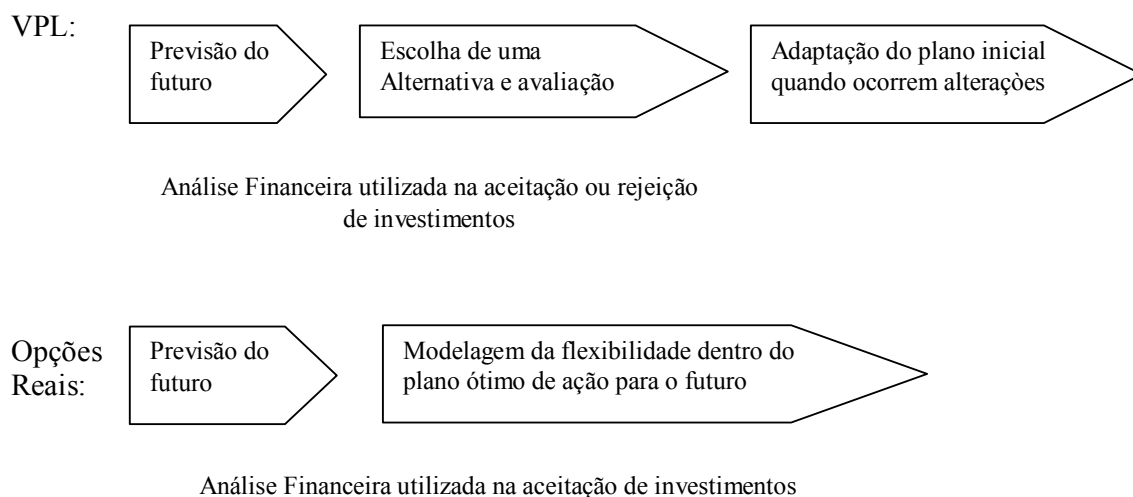
Conforme apresentado na visão convencional, o modelo FCD, sendo uma das técnicas consagradas à obtenção do VPL, é a estrutura mais utilizada na análise de investimentos. Tendo como suposições básicas que seus fluxos de caixa incertos possam ser substituídos por seu valor esperado, que é estimado no início da vida útil do empreendimento; considera-se que a empresa tenha gerência passiva e que não reveja suas decisões estratégicas consequentemente suas decisões sejam estáticas, sem possibilidade de flexibilidade gerencial e sua taxa de desconto seja ajustada ao risco do projeto (MINARDI, 2004).

Nos últimos anos, contudo, com o significativo aumento das incertezas e da velocidade acerca das decisões financeiras, a técnica VPL passou a sofrer alguns questionamentos, vinculados à sua incapacidade de considerar a flexibilidade, ou as opções que estão embutidas em um projeto de investimento. Sob este prisma, diversos estudos buscaram mostrar que a presença ou identificação de opções reais pode fazer um investimento valer mais do que o apresentado pelo método do VPL.

Em princípio, contudo, tanto a abordagem do valor presente líquido como a de opções reais baseia-se na mesma premissa de descontar os fluxos de caixa de um empreendimento, utilizando taxas de desconto. Portanto, ambas as abordagens podem ser consideradas como de FCD.

No entanto, a abordagem de opções reais adota uma perspectiva distinta, ao considerar que as decisões possíveis são múltiplas e podem ser tomadas no futuro com base em informações atuais desconhecidas e que serão reveladas com o passar do tempo. Mudanças futuras nos fluxos de caixa esperados e taxas de desconto acarretam também mudanças no VPL (Figura 4).

FIGURA 4 Processo de decisão comparado: VPL x Opções Reais



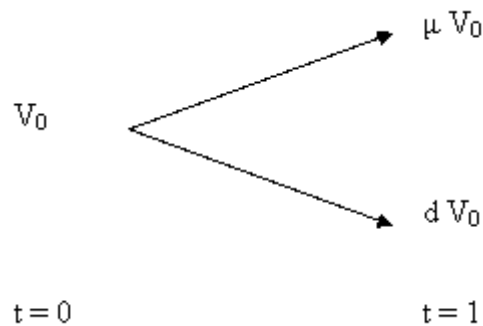
FONTE: adaptado de Monteiro (2003)

2.5.2 Análise por Árvores de Decisão

O simples cálculo do VPL pode não ser um bom parâmetro para a análise de um empreendimento com flexibilidade. Assim, para que a sua comparação com método das opções reais seja coerente, seria necessário incorporar abordagens adicionais ao VPL, tais como a de árvores de decisão, que certamente fazem parte do arcabouço de técnicas utilizadas por um analista ou tomador de decisão que estivesse disposto a avaliar a proposta de investimento apresentada.

Assim, o problema poderia ser estruturado graficamente conforme a Figura 5.

FIGURA 5 Análise por Árvores de decisão



Apesar das aparentes semelhanças num nível amplo, entre os problemas principais da metodologia de análise por árvores de decisão, e as suas diferenças com o método de avaliação por opções reais estão:

- Nas árvores de decisão, o foco está no VPL resultante da análise, e não nas decisões que deverão ser tomadas após a resolução de algumas incertezas. Assim, aceitar a proposta de investimento no momento inicial conforme sugere o VPL positivo acima, sem que a evolução do empreendimento seja devidamente monitorada (buscando o bom exercício da opção), nada será acrescentado além de riscos adicionais à tradicional análise pelo VPL;
- As análises por árvores de decisão, costumeiramente, são aplicadas a um único cenário, que, como o apresentado acima, é fundamentado no julgamento da administração sobre a probabilidade de ocorrência dos eventos analisados, sem que seja possível considerar a volatilidade de mercado associada ao investimento da mesma forma que Black-Scholes fizeram em seu modelo de avaliação de opções financeiras, cujo foco está mais relacionado ao objetivo de criação de valor ao acionista;
- A abordagem de árvores de decisão considera a taxa de desconto ajustada ao risco único ou constante para fluxos assimétricos, o que não reflete verdadeiramente a realidade do comportamento futuro do mercado.

2.5.3 Métodos de Análise por Opções Reais

Para exemplificar os diversos métodos existentes para o cálculo do valor de um empreendimento por meio da teoria de opções reais, tem-se o Modelo de Black & Scholes e o Método Binomial que será utilizado nesta pesquisa.

Qualquer um dos modelos de avaliação do valor do preço de uma opção (binomial e Black-Scholes) necessariamente utiliza um conjunto básico de variáveis, conforme Figura 3, que precisam ser conhecidas ou estimadas para que possam fornecer o preço da opção.

Dentre os itens apresentados na referida figura, as quatro primeiras variáveis são intuitivas e auto-explicativas. No entanto, a volatilidade (σ – sigma) é a mais difícil de ser determinada, pois não é diretamente observada e precisa, portanto, difícil de ser estimada. Será discutida e estimada no Apêndice II.

2.5.3.1 Modelo Black & Scholes para precificação de opções

O modelo de Black & Scholes foi desenvolvido em 1973 para precificar opções de compra e venda européia quando o ativo-objeto não paga dividendo e taxa de juros utilizada na equação é capitalizada continuamente. As premissas do modelo são, conforme Minardi (2004):

1. O preço da ação segue o movimento estocástico browniano geométrico⁸ com média μ e desvio-padrão σ constantes, e sua distribuição é lognormal (adapta-se mais à realidade, pois não permite a existência de preços negativos);

⁸ O processo browniano geométrico é uma particularidade do processo de Markov que é um processo estocástico no qual a única informação relevante para se prever o futuro consiste no valor presente. Considera que a história passada já está refletida no Valor Presente.

2. Não existem requerimentos de margens de garantia;
3. Não há custo de transação nem tributação;
4. Não existem dividendos durante a vida do derivativo do papel;
5. Não existe arbitragem sem risco;
6. O papel é comercializado continuamente;
7. A taxa livre de risco é constante e igual para diferentes maturidades;
8. A volatilidade é constante.

O modelo de Black-Scholes representa a contribuição mais importante para a precificação de opções, e muitos dos trabalhos acadêmicos partem dele para contornar suas limitações. As principais premissas do modelo são as seguintes (COPELAND; ANTIKAROV, 2001).

- A opção só pode ser exercida no vencimento (é uma opção européia);
- A taxa de juros livre de risco é constante para as várias maturidades;
- A opção baseia-se em um único ativo objeto sujeito ao risco; portanto as opções compostas estão excluídas;
- O ativo objeto não paga dividendos;
- O preço de mercado corrente e o processo estocástico adotado pelo ativo objeto são conhecidos mediante observação;
- A variância (volatilidade) do retorno sobre o ativo objeto é constante no tempo;
- O preço do exercício é conhecido e mantém-se constante.

O modelo de Black-Scholes, tanto para opção de compra como de venda, apresenta uma formulação matemática. O valor de uma opção de compra européia pode ser obtido por:

$$C = SN(d_1) - Xe^{-\mu T} N(d_2) \quad \text{Equações 4}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$N(x)$ é a função cumulativa da probabilidade normal padronizada, que pode ser obtida na tabela de distribuição normal.

O valor de uma opção de venda européia pode ser obtido por:

$$P = Xe^{-\mu T} N(-d_2) - SN(-d_1) \quad \text{Equação 5}$$

d_1 e d_2 são calculados da mesma forma que na opção de compra.

Onde, C = valor de uma opção de compra européia; P = valor de uma opção de venda européia; S = preço corrente da ação, ou do ativo objeto; X = preço do exercício; μ = taxa de juros capitalizados continuamente; T = tempo de expiração da opção; σ = desvio padrão do preço do ativo; $N(d_1)$ = função cumulativa de probabilidade normal para d_1 ; $N(d_2)$ = função cumulativa de probabilidade normal para d_2 .

Para as aplicações simples de opções reais, no caso de opção de diferimento, ou de adiamento, ou outros que tenham uma única fonte de incerteza e uma única data para tomada de decisão, o Modelo Black-Scholes pode funcionar bem.

Algumas limitações são atribuídas a este modelo para a utilização na análise de opções reais, quais sejam:

- A complexa formulação utilizada pelo modelo Black-Scholes transmite muitas vezes a sensação de “caixa-preta”, tornando o seu resultado pouco confiável aos que não possuem familiaridade com a sua metodologia. Tratando-se de empreendimentos de investimentos reais, que precisam ser submetidos a inúmeras fases de aprovação antes que possam ser efetivamente adotados no mundo corporativo, o método Black-Scholes pode reduzir o potencial explicativo e a importância do verdadeiro valor da flexibilidade, ao ser apresentado à alta gerência, muitas vezes pouco interessada em detalhes técnicos e teóricos, porém familiar com a técnica do VPL;
- A apresentação visual do método binomial, por meio de árvores de decisão, confere às opções reais um papel ainda mais importante do que a mera avaliação do empreendimento, que é o da discussão e descoberta de opções reais, e principalmente do seu acompanhamento e gerenciamento adequados. O uso do modelo Black-Scholes limita as opções reais a um

simples caso de cálculo do valor de empreendimentos, que é, na verdade, apenas uma de suas diversas aplicações;

- As premissas padronizadas do método Black-Scholes dificultam a análise da maior parte dos problemas de opções reais, que normalmente requerem análise em diferentes fases, com diferentes fontes de risco, que não podem ser adequadamente mensuradas, ou que necessitam de simplificações inadequadas para que possam ser calculadas pelo modelo.

2.5.3.2 Modelo binomial para precificação de opções

O modelo binomial foi introduzido pela primeira vez por Cox, Ross e Rubinstein, em 1979, em seu artigo intitulado *Option Pricing: A Simplified Approach*. O desenvolvimento desse modelo é posterior a de Black-Scholes (1973), e sua finalidade é tornar didático e acessível a um público maior (MINARDI, 2004). Ele apresenta um modelo discreto e emprega matemática elementar em comparação às equações diferenciais estocásticas.

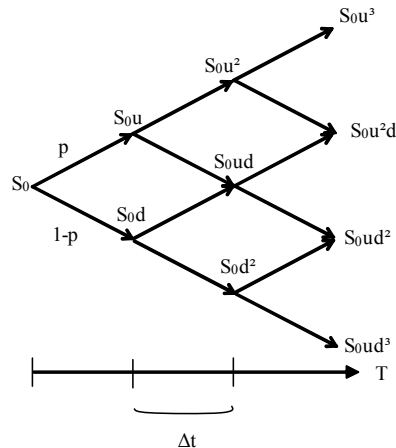
O modelo desenvolvido será para opções de compra de ações, mas é válido para outros ativos e opções de venda.

Na grade binomial, o preço de um ativo inicia com um valor, S_0 , e depois assume dois valores diferentes a partir de um ponto no tempo, quando se move para cima como uS_0 (*up jumps*) com probabilidade p e para baixo como dS_0 (*down jumps*) com probabilidade $1-p$ no tempo $t + 1$, e assim por diante, até que a vida útil seja atingida. Temos $u > 1$ e $d < 1$, e embora não seja rigorosamente necessário, em geral pressupomos que $u = 1/d$. Mais adiante, será mostrado como esses movimentos ascendente e descendente se relacionam com a volatilidade do ativo subjacente. A figura 6 ilustra o modelo de flutuação dos preços das ações baseado em S_0 , u , d e p .

A técnica do modelo baseia-se na construção de árvores binomiais que representam os diversos caminhos que podem ser seguidos pelo preço do ativo subjacente durante a vida da opção. A premissa básica adotada pelo modelo é de **não-**

arbitragem, ou seja, o mercado ajusta-se às eventuais oportunidades de arbitragem⁹ (retorno sem risco) por isso utiliza a taxa livre de risco.

FIGURA 6 Grade binomial com três períodos



A figura 6 mostra a evolução do preço da ação por três períodos podendo ser mais que este exemplo.

O processo do método binomial segue um modelo gráfico, como da árvore de decisões, item 2.6.2, e da equação 6:

$$C = \frac{p * C_u + (1 - p) * C_d}{r} \quad \text{Equação 6}$$

Onde C = valor atual da opção, C_u = valor da opção no vencimento se o preço da ação for $u \times S$, C_d = valor da opção no vencimento se o preço da ação for $d \times S$, S = preço da ação, u = fator quando S sobe, d = fator quando S desce. O método acima utiliza a taxa de juros livre de risco, e, portanto não necessita de ajuste pela carteira equivalente.

⁹ Arbitragem implica em obter lucro sem risco, via estratégias de investimentos em diversos mercados, e é importante para assegurar a eficiência do mercado. No caso de arbitragem significa que ao investir o investidor conhece antecipadamente os resultados (COSTA LIMA, 2004).

A probabilidade neutra ao risco, p , derivada de Cox, Ross, e Rubinstein (1979), é

$$p = \frac{r - d}{u - d} \quad \text{Equação 7}$$

$$1 - p = \frac{d - r}{u - d} \quad \text{Equação 8}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u} \quad \text{Equação 9}$$

Onde, σ = volatilidade do logaritmo natural do retorno de fluxo de caixa livre subjacente em porcentagens. Note que quando Δt diminui, a fórmula binomial aproxima da fórmula contínua de Black & Scholes.

Ao definirmos p como a probabilidade de subida e $1-p$ a de descida, assume-se que o retorno do ativo equivale à taxa livre de risco. Dessa forma, a premissa básica adotada pelo modelo é a da avaliação neutra ao risco, isto é, o retorno esperado para os ativos é a taxa livre de risco, e ainda, os fluxos de caixa futuros podem ser descontados pela taxa livre de risco, desde que o ajuste ao risco seja efetuado nas probabilidades p e $1-p$ (equações 7 e 8).

Essas probabilidades neutras em relação ao risco não são as probabilidades objetivas que utilizamos ao estimar a probabilidade de um evento qualquer. Elas são simplesmente uma conveniência matemática destinada a ajustar os fluxos de caixa, de modo que possam ser descontados a uma taxa livre de risco.

O Método Binomial pode ser diretamente utilizado no cálculo de opções reais, desde que feitas às devidas analogias entre um projeto de investimento real e uma opção financeira negociada no mercado. O modelo segue um de precificação para opções de compra de ações, sendo, portanto válido para outros ativos e opções de venda.

2.5.4 Análise por Opções Reais x Volatilidade

Conforme afirma Natenberg (1994), “mudanças nas premissas sobre a

volatilidade podem ter efeitos dramáticos no valor de uma opção, e a maneira que o mercado calcula esta volatilidade pode ter efeitos igualmente dramáticos em seu valor”.

Conforme Bordieri (2004), a ROA utiliza o cálculo estocástico para elaboração de modelos de previsão de comportamento de variáveis econômicas, chamados de *modelos de volatilidade ou modelos estocásticos*, o que também representa uma grande evolução em relação à metodologia tradicional do FCD. Um processo estocástico é a expressão da evolução no tempo de uma variável incerta. Não é possível, *a priori*, conhecer seu valor e este pode ser diferente em idênticas condições.

Para Dixit e Pindyck (1994) nos processos estocásticos uma variável desenvolve-se no tempo de um modo que é pelo menos em parte aleatório. Para Hull (2000) qualquer variável cujo valor mude ao longo do tempo de maneira incerta segue um processo estocástico.

Sob incerteza, uma variável futura não pode ser determinada por um único valor, mas por uma distribuição de probabilidade de seus possíveis valores. A volatilidade expressa a medida desta dispersão. Especificamente em aplicações econômicas, a volatilidade σ de um ativo é uma avaliação da incerteza sobre o retorno financeiro proporcionado por esse ativo.

Nas aplicações da ROA, a dependência do valor da opção em relação à volatilidade do valor do empreendimento (σ_v) é grande, conforme observam Dixit e Pindyck (1994) ao analisarem o valor de uma opção de diferimento mediante o modelo básico desenvolvido por McDonald e Siegel (1986), “O investimento é altamente sensível à volatilidade do valor do empreendimento, independentemente das preferências do investidor ou gerentes em relação ao risco, e independentemente de como o perfil de risco de V (valor de um empreendimento ou de um fluxo de caixa) está correlacionado ao mercado”.

Um processo estocástico pode ser considerado como estacionário se à medida que se desenvolver ao longo do tempo ou do espaço tiver suas características independentes de seu estado inicial e do intervalo de tempo analisado. Como exemplo de um processo aleatório estacionário, pode-se pensar na cota de altura da superfície de alto mar, em condições de ondas. Os processos não-estacionários são o oposto. A profundidade da plataforma continental à medida que se afasta da costa ou o preço das

ações de uma companhia petrolífera, são exemplos. Como os processos não-estacionários apresentam sempre uma tendência de evolução ao longo do tempo ou espaço, suas características dependem das coordenadas de origem ou estado inicial. A altura de superfície do mar e o preço da ação da companhia petrolífera são processos estocásticos contínuos no tempo, também conhecidos como modelos de difusão, no sentido que o índice de tempo t é uma variável contínua. Um processo discreto no tempo é aquele no qual a variável pode mudar somente em pontos particulares do tempo.

Segundo Merton (1990) um processo de Markov assume que toda a informação relevante do passado já está considerada no valor corrente da variável, assim as informações do passado são redundantes.

O nome “Monte Carlo” tem sua origem no famoso cassino de Mônaco, fundado em 1862, e na analogia dos cassinos aos mercados financeiros. É uma analogia aos jogos de azar, como a roleta, por exemplo, que é um simples gerador de números aleatórios.

O método de simulação de Monte Carlo é um famoso método de simulação que tem por base a geração de números aleatórios de acordo com parâmetros definidos para as variáveis que compõem o modelo a ser utilizado. A palavra simulação refere-se a qualquer método analítico cuja intenção é imitar algum sistema real, especialmente quando outras análises são matematicamente complexas. Num contexto mais moderno, as simulações são auxiliadas pela informática. Por “modelo” entende-se a representação de um sistema. Normalmente buscam-se formas de simplificar a realidade para se poder estudá-la.

Conforme Jorion (1998), “o método de Monte Carlo aproxima o comportamento dos preços de ativos financeiros, por meio de simulações de computador, que geram trajetórias aleatórias”. O conceito básico do método de Monte Carlo é a simulação, por repetidas vezes (digamos 10.000), de um processo estocástico para uma variável financeira simulando a maior parte das situações/resultados possíveis.

Basicamente, o modelo tem como entrada variável sujeita a certo padrão de distribuição. A partir disso, são gerados números aleatórios para cada uma das variáveis, seguidos dos diversos parâmetros de distribuição. A cada iteração o resultado

é armazenado. Ao final de todas as iterações, a seqüência de resultados gerada é transformada em uma distribuição e seus parâmetros, como média e desvio - padrão, por exemplo, podem ser calculados.

De acordo com Copeland e Antikarov (2001), a volatilidade do valor de um empreendimento pode ser estimada, por extensão do Teorema de Samuelson¹⁰, como o desvio padrão da taxa de retorno proporcionada pelo fluxo de caixa em dois momentos consecutivos:

$$\sigma_V = \sqrt{\text{Var} \left[\ln \left(\frac{VPL_1}{VPL_0} \right) \right]} \quad \text{Equação 10}$$

onde VPL é o Valor Presente Líquido nos tempos 0 e 1.

Em sua obra, Copeland e Antikarov (2001) apresentam como prova do Teorema de Samuelson exemplos numéricos e evidências quantitativas. Bordieri (2004) e Costa Lima e Suslick (2006), estimaram a volatilidade de projetos de E&P de petróleo a partir de dados do mundo real. Os autores concluem que o teorema de Samuelson é uma hipótese suficientemente válida para ser utilizada para avaliação da volatilidade de σ_V e apresentam aplicações da abordagem de Monte Carlo às estimativas de desvio padrão de taxas de retorno de empreendimentos.

2.5.5 Considerações finais

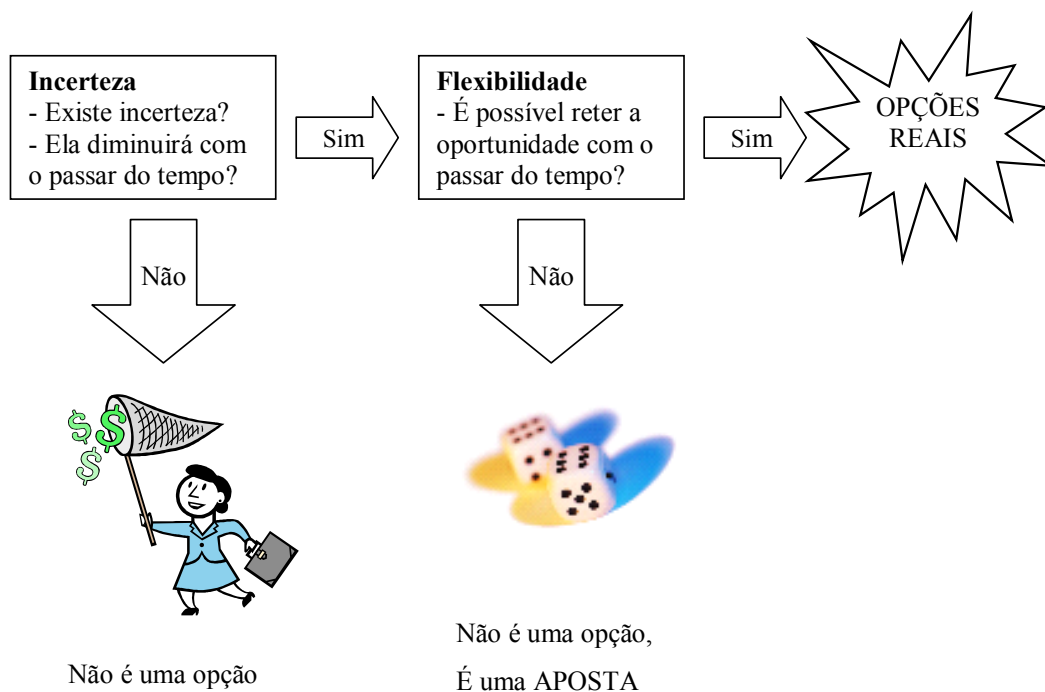
A formulação de Black–Scholes, muito importante nos mercados de derivativos e financeiros, fundamenta-se basicamente no conceito de carteira equivalente, com a

¹⁰ Este teorema, atribuído a Paul Samuelson, primeiro economista laureado com o prêmio Nobel em 1965, permite combinar qualquer número de incertezas em uma planilha, recorrendo a técnicas Monte Carlo, e obter estimativas do valor presente de um projeto, condicionadas a um conjunto de variáveis aleatórias, tirado de sua distribuição subjacente. Milhares de iterações proporcionam uma estimativa do desvio padrão dos retornos ao acionista que é, então, utilizado para representar os movimentos ascendentes e descendentes ao longo da grade binomial (COPELAND e ANTIKAROV, 2001).

diferença principal de utilizar cálculo estocástico (Lema de Itô), enquanto o Modelo Binomial utiliza uma aproximação algébrica para o mesmo resultado.

O método de FCD capta a estimativa base de valor; a avaliação de opções reais agrega o impacto do potencial positivo da incerteza. E como atestam MacMillan e Putten (2004), é bom alertar que uma abordagem de opções reais só serve para empreendimentos de certo modo estruturados como opções, ou seja, aqueles que podem ser abandonados antes de um maior comprometimento financeiro se ficar claro que haverá problemas. Ela não é adequada, por exemplo, para avaliar uma oportunidade que exija a imobilização de vastas somas na construção de uma fábrica antes que se possa ter alguma noção se a aposta compensará ou não. Adicionalmente, a avaliação de opções só faz sentido se o empreendimento puder ser suspenso ainda na fase inicial, a custos baixos, se as coisas não forem bem. Essa disciplina deve ser seguida, no caso de opções, porque se não for obedecida, não se estará fazendo investimento e sim se apostando, conforme figura 7.

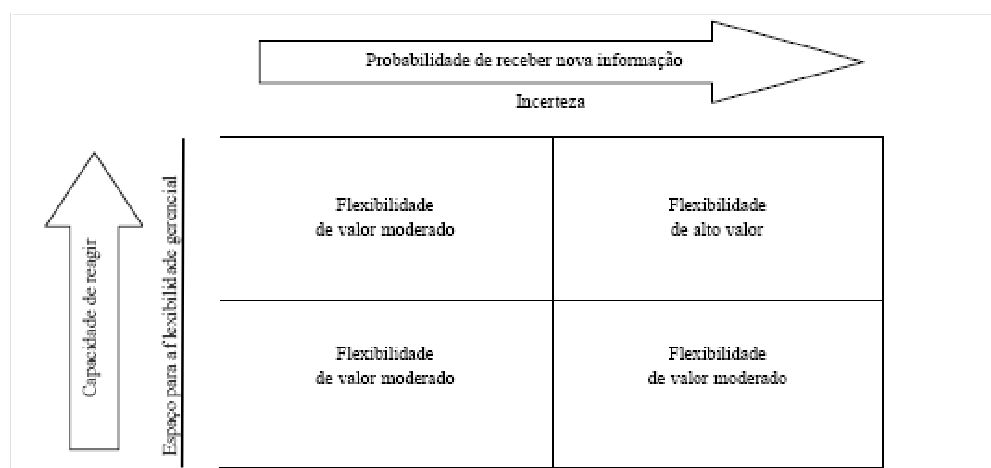
FIGURA 7 Fontes de valor de uma Opção Real



FONTE: adaptado de Monteiro (2003)

O exercício da flexibilidade gerencial tem maior valor quando existe grande incerteza quanto ao futuro, ocorrendo a probabilidade de obter novas informações ao longo do tempo, conforme Figura 8. Copeland e Antikarov (2001) ressaltam que quando há muita incerteza e quando os administradores têm flexibilidade para reagir a ela, as opções são importantes, pois permite a eles responder adequadamente a esta nova informação.

FIGURA 8 Flexibilidades Gerenciais



FONTE: Copeland e Antikarov (2001)

Basicamente, o VPL tradicional só é diferente do VPL expandido, ou seja, só existe valor na análise por opções reais, quando existem dois fatores fundamentais em conjunto, conforme Figura 8:

- a) Flexibilidade;
- b) Incerteza.

Para Monteiro (2003), a flexibilidade refere-se à capacidade da administração de interagir em questões chave do empreendimento, promovendo alterações que minimizem perdas iminentes, ao “exercer” adequadamente as suas opções. Na maioria

dos casos reais, existe algum grau de flexibilidade que normalmente não está capturado nos modelos tradicionais de fluxo de caixa descontado.

O segundo ponto, e talvez tão importante quanto o primeiro, é a incerteza, ou a volatilidade. Quanto maior a volatilidade, maior o valor da opção, porque quanto maior a amplitude dos possíveis resultados para o investimento, maior será a probabilidade de termos retornos e/ou perdas significativas. Aliando esta característica à gestão ativa da administração, que é capaz de minimizar as perdas por meio de suas atitudes nos momentos adequados, resta o lado positivo do retorno, enquanto as perdas são minimizadas.

2.6 Empreendimentos Imobiliários

Este capítulo destaca o mercado imobiliário e suas características, a valoração dos produtos deste mercado, a aplicação da ROA nos empreendimentos da construção civil e trabalhos acadêmicos desenvolvidos utilizando o tema de opções reais nesses empreendimentos.

2.6.1 Mercado Imobiliário

Os investimentos no mercado imobiliário vêm se mostrando atraentes em diversas partes do mundo. Na Inglaterra, o investimento em imóveis residenciais para aluguel vem crescendo cada vez mais, principalmente entre corporações que formam carteiras de imóveis que podem ser altamente especializadas ou diversificadas (MANSFIELD, 2000). Nos Estados Unidos da América, existem empresas especializadas em investimentos, em *trusts* do mercado imobiliário, com base em taxas mínimas de atratividade para cada segmento, tais como apartamentos, escritórios urbanos, escritórios suburbanos, *shoppings*, entre outros (DAMODARAN, 1997). Na

Suíça, é comum a formação de carteiras de investimento mistas que incluam ações, fundos de renda fixa e imóvel buscando-se uma melhor rentabilidade (HOESLI; HAMELINK, 1996). A formação de carteiras de imóveis, especializadas ou não, também pode ser observada em outros países, como o Brasil (ZELMANOVITZ, 2000; BELLEZA, 2002). Nestes casos, ao se avaliar um imóvel, deve-se determinar a viabilidade do investimento neste imóvel, direcionando a avaliação não apenas a investidores locais, como também a investidores estrangeiros. Mackmin (2000) alerta para a necessidade do estabelecimento de padrões internacionais de avaliação de imóveis, que também considerem códigos de conduta e ética, uma vez que as diferenças na prática de mercado são resultados das diferenças entre as leis, cultura e costumes de cada país. Para que uma avaliação seja direcionada a investidores nacionais e estrangeiros, é preciso que esta tenha sido desenvolvida por meio de métodos que possam ser compreendidos e gerem resultados que possam ser analisados e comparados por todos. Uma das formas mais comuns utilizadas para se avaliar ativos de qualquer espécie é por meio da rentabilidade que o investimento nestes ativos oferece, possibilitando assim a determinação da viabilidade deste.

Muito tem sido discutido sobre viabilidade, rentabilidade e riscos de incorporações imobiliárias no Brasil, ou seja, a viabilidade de se construir imóveis para gerar renda ou lucro na venda das unidades recém construídas (BALARINE, 1997; BERTÉ, 1993; FREITAS et al, 1995). Mas pouco se discute sobre viabilidade, rentabilidade e riscos de se adquirir imóveis já construídos há algum tempo para a geração de renda. Scribner Jr. (1997) alerta para a importância do estudo aprofundado dos investimentos em imóveis, alegando que acadêmicos e profissionais da área de imóveis estão entre os poucos que compreendem que imóveis representam bens cujo estudo é de grande complexidade e sofisticação. Para ele, sendo uma forma de investimento financeiro, os imóveis competem com as ações, mas, devido à sua natureza física, os imóveis sofrem influência de tendências sócio-regionais e formas de obsolescência diferentes dos outros investimentos financeiros. Desse modo, a análise dos investimentos em imóveis é complexa e requer conhecimento especializado.

Os investimentos nesse mercado, conforme Barbosa (2005) apresenta pouco giro, baixa liquidez, grande aporte de capital (custo de construção), não sendo

incorporados de forma instantânea e com *payback* lento. Dentre as incertezas econômicas temos: demanda, preço unitário do imóvel, velocidade de vendas (ocorrendo por vezes vacâncias prolongadas), e ainda com relação à regulação/legislação do setor e ao poder público (habite-se, etc.) aumentando o risco pelo investidor. Há ainda a incerteza administrativa, com a exigência de um grau de conhecimento específico no processo administrativo, elevando seu custo, devido à alteração constante da legislação que regula aluguéis, impostos, aprovação de projetos, entre outros.

2.6.2 Avaliação imobiliária

Todo ativo, seja ele real, como os imóveis, ou financeiros, como as ações, tem valor e, portanto pode ser avaliado. Alguns ativos são mais facilmente avaliados que outros. Para Damodaran (1997), para se investir em ativos e gerenciá-los com sucesso não basta se conhecer o montante de seu valor, mas sim compreender as fontes deste valor. Alguns investidores acreditam que o valor de um ativo é irrelevante desde que haja um “agente desinformado” disposto a comprá-lo. Outros argumentam que o valor está nos olhos de quem vê e que qualquer preço pode ser justificado se há outros investidores dispostos a pagá-lo. Todavia, as percepções de valor têm que ter o suporte da realidade e o preço pago por qualquer ativo deve refletir os fluxos de caixa que se espera que sejam por ele gerados. Um investimento seguro é aquele no qual o investidor não pague mais por um ativo do que ele realmente vale. E a determinação correta do valor de um ativo depende da qualidade da avaliação realizada.

Conforme Damodaran (1997), os modelos de avaliação desenvolvidos para ativos financeiros – ações e obrigações – são também aplicáveis a ativos reais. Dentre os investimentos em ativos reais temos os investimentos imobiliários.

O valor é determinado pelos fluxos de caixa que geram, pela incerteza associada a estes fluxos de caixa e por seu crescimento esperado. *Ceteris paribus*,

quanto maior o nível e o crescimento dos fluxos de caixa, e quanto menor o risco associado aos fluxos de caixa, maior o valor do ativo.

O mercado imobiliário tem menos liquidez que os mercados financeiros – as transações ocorrem com menos frequência, os custos de transações são maiores e há muito menos compradores e vendedores. Quanto menor liquidez apresentar um ativo, maior seu risco.

A natureza dos fluxos de caixa exerce influência, sendo que os investimentos em ativos reais têm vidas finitas e ativos financeiros, como ações, têm vidas infinitas. Os valores de ativos de vida infinita tendem a aumentar com o tempo, enquanto um ativo real pode ser inferior ao seu valor corrente, porque o uso do ativo pode depreciar seu valor.

2.6.3 Opções Reais nos empreendimentos na construção civil

Os investimentos em empreendimentos da construção civil se encaixam na abordagem de ROA, em razão de seu longo prazo de maturação, suas contingências (flexibilidade gerencial e operacional), pela irreversibilidade nos investimentos e estão sujeitos às condições de incertezas tanto econômicas (mercado imobiliário), como técnicas (custos e riscos na construção civil).

Uma importante área que merece atenção e onde as opções reais têm potencial para fazer uma diferença significativa são os investimentos na Construção Civil na área imobiliária conforme Tabela 4.

TABELA 4 Analogia entre uma opção sobre uma ação e uma opção real sobre um empreendimento imobiliário

| Grandezas | Opção de Compra de Ação | Opção Real de um Projeto Imobiliário |
|---------------------------|--------------------------------|---|
| Custo | Preço de exercício | Orçamento da construção |
| Ativo Subjacente | Valor atual da ação | Valor Presente esperado do fluxo de caixa |
| Maturidade | Tempo até expiração | Tempo da construção |
| Incerteza | Volatilidade do preço da ação | Incerteza do valor do empreendimento |
| Taxas | Taxa de juros sem risco | Taxa de juros sem riscos |
| Ganhos do Capital (ativo) | Variação do prêmio da ação | Variação do valor do projeto |

FONTE: Adaptado de Trigeorgis, 1996

Para Rocha Lima Jr. (1993,1995) os empreendimentos do setor da Construção Civil são assim caracterizados:

- Para análise de investimentos no seu sentido clássico, há carência de textos que tratem das particularidades do setor, pois se difere da indústria de produção seriada;
- Os empreendimentos do setor, em geral, são de longo horizonte de maturação, o que provoca a necessidade de promover ajuste nos métodos tradicionais de análise. Nos fluxos de caixa dos empreendimentos, como rodovias, são necessários pesados investimentos “no meio” do ciclo operacional, é necessário promover ajuste de medida, para que o indicador da qualidade do investimento possa apresentar deformações relevantes, capazes de distorcer a imagem do investimento;
- Identifica o Real Estate como conceito de investimentos dos produtos da construção civil – estate para propriedade e real para tangível. Numa tradução mais intuitiva, o setor econômico de investimentos dos “bens de raiz”;

- No Brasil, Construção Civil é um setor da economia. Adota-se sua derivação para Imobiliária quando se trata do segmento que trabalha com o produto que se vende – o lote, a casa, o escritório – e de Base imobiliária quando o referido empreendimento resulta em explorar um bem de raiz – shopping-centers, hotéis, edifícios para locação.

Fazendo uma analogia entre empreendimentos imobiliários com de base imobiliária tem-se, conforme Amato e Monetti (2001), quatro ciclos característicos:

- Ciclo da formatação onde ocorrem apenas desembolsos resultantes de aquisição do terreno, despesas de planejamento do empreendimento, projetos, despesas legais e outras atividades no intuito de promover a sua posterior implantação;
- Ciclo da implantação que se desenvolve de acordo com a tipologia e aspectos mercadológicos do empreendimento. Nesta fase há despesas, sustentadas como no ciclo da formatação, usualmente, pelo capital do empreendedor, ao longo de todo o período, associada à construção, equipamento do edifício e, eventualmente, à propaganda, promoção e *marketing* do empreendimento;
- Ciclo operacional caracteriza-se pelo desenvolvimento da atividade específica para a qual o empreendimento foi concebido. A sua operação é capaz de disponibilizar resultados durante todo o período, que serão revertidos ao investidor. Nesta fase está implícita a necessidade de manutenção da capacidade de gerar resultados por meio da contínua adequação física e funcional do empreendimento;
- Ciclo de exaustão é o período exclusivamente com orientação de caráter técnico na análise de investimento, visto que o empreendimento não cessa a geração de receita ao final do ciclo operacional, no qual tende a solicitar aporte de recursos destinados à sua atualização.

Nesse trabalho este último ciclo não será considerado no empreendimento adotado, pois cessa, já no ciclo operacional, a atuação do empreendedor ou investidor do objeto (loteamento).

2.6.4 Trabalhos de Opções Reais na construção civil

No Brasil carecem publicações que abordem a ROA na construção civil, principalmente de forma prática, embora ela esteja sendo foco de trabalhos em níveis de mestrado e doutorado na área de petróleo e mineração. Há trabalhos estrangeiros, tais como investimentos em fontes de recursos naturais, desenvolvimento de terras, *leasing*, manufatura flexível, regulamento de subsídios governamentais, pesquisa e desenvolvimento (P&D), novos empreendimentos e aquisições, exploração de recursos minerais (gás, petróleo e minerais), etc. No setor da construção civil apresentam-se, a seguir, alguns trabalhos já desenvolvidos.

Um dos trabalhos pioneiros foi de Titman (1985), provavelmente um dos primeiros trabalhos na introdução de incertezas para determinar preços no mercado imobiliário, onde analisou o valor de postergar investimentos em terrenos urbanos no oeste de Los Angeles, EUA, considerando a influência das condições econômicas e das políticas monetárias governamentais. O autor mostra que o valor de um terreno desocupado deveria refletir não somente o valor básico de seu melhor uso imediato (construção imediata de um edifício, por exemplo), mas também o valor da opção de se esperar seu desenvolvimento para que a utilização do terreno seja convertida nas suas melhores alternativas num futuro uso. Ele desenvolve um modelo (equação de avaliação para precificar lotes desocupados em áreas urbanas) para avaliar terrenos urbanos afirmando que o valor de um terreno desocupado não reflete apenas sua melhor utilização imediata, mas também a opção de postergar o investimento e converter o terreno em sua melhor alternativa de uso futuro.

Na mesma linha, Quigg (1993) analisou os preços de terrenos em Seattle, EUA, e testou um modelo para avaliar uma opção de espera para investir. Já Williams (1991) propôs uma opção de abandono como alternativa ao desenvolvimento dos terrenos, incluindo em seu modelo incertezas de custo e preço. Cappelletti e Li (1994) desenvolveram um modelo teórico que analisa como as opções de investir interagem com o tempo e o valor de projetos comerciais e residenciais.

Cunningham (2006) testa duas previsões de opções reais com o aplicativo GIS¹¹, em King County, Washington, EUA, em relação ao mercado imobiliário de terrenos, quando a incerteza no preço do terreno provoca o atraso no seu desenvolvimento e sua elevação nos preços. Para estimar os preços dos imóveis utilizou-se a regressão linear múltipla. Assim, as opções reais em mercado de comercialização de terrenos são importantes para a estabilidade de seus preços nos modelos de investimento de capital e na política governamental coerente para estimular investimentos.

Ng e Bjornsson (2003) estudaram um caso da construção e exploração de uma rodovia por meio de cobrança de pedágio, com a opção de duas ou quatro faixas na fronteira do Vietnã e China, com a incerteza da demanda por automóveis.

Tam e Yiu (2006) abordaram a política de subprecificação de propostas em licitações de obras, onde utilizaram ROA e VPL para precificar a estimativa do valor da flexibilização gerencial na visão da incerteza no custo da construção. A análise se baseou no projeto de construção da instalação de *chiller* de ar condicionado na cobertura e alterações de lojas na área arborizada de um *shopping center*, em Hong Kong, no período de 2000 a 2001. É muito comum, na construção, o equilíbrio de fluxo de caixa e penetração de mercado. Sob uma análise determinística, essa estratégia sinaliza um sacrifício na margem de lucro para “ganhar” uma obra, enquanto sob uma visão de ROA, este sacrifício da margem de lucro significa o valor que a construtora se dispõe a pagar para ter direito ao exercício da flexibilidade gerencial com base na incerteza.

Há teses no MIT¹² que abordam a utilização de opções reais em outros campos, como Mittal (2004) que estudou a flexibilidade no projeto da capacidade hidroelétrica de uma usina americana, com base em normas técnicas americanas, proporcionada por meio de duas opções: variação do preço da energia e frequência (calendário) na capacidade incremental (demanda de energia) e o adiamento da

¹¹ *Geographic information system* - conjunto de *hardware*, *software* e dados geográficos para capturar, gerir, analisar e exibir todas as formas de informação geograficamente referenciadas.

¹² Massachusetts Institute of Technology

construção da planta da usina hidroelétrica. Já Ramirez (2002) tratou da avaliação de projeto de expansão no fornecimento de água em Bogotá, Colômbia, com dados da Companhia de Águas de Bogotá, por intermédio das incertezas da demanda (consumidores), estoque da água e custo da construção da estação de tratamento.

Embora a literatura sobre mercado imobiliário no Brasil seja extensa, a idéia de que investimentos imobiliários possam ser modelados como um problema de opções reais ainda é incipiente. E um dos primeiros trabalhos que utiliza opções reais para avaliar empreendimentos imobiliários foi a tese de Medeiros (2001), na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ). Ela utilizou o modelo básico de Williams (1991), que considerou o tempo de construção e as principais consequências de incluir este tempo nas decisões ótimas, os impostos diferenciados sobre a propriedade para antes e depois da construção, analisando empiricamente no mercado residencial de apartamentos no Rio de Janeiro. Este trabalho contribuiu para estender o modelo de Williams (1991) incluindo um desconto no fluxo de caixa, em função do tempo gasto na construção e imposto diferenciados.

Ainda na PUC-RJ, tem-se o trabalho de gerenciamento de risco e opções reais de investimento no mercado imobiliário de Barbosa (2005), onde se identificou as opções de adiamento e abandono do projeto nos lançamentos imobiliários na cidade do Rio de Janeiro, e de Rocha (2006) que envolve estratégia de lançamento de empreendimento imobiliário no Rio de Janeiro, onde foram utilizadas as opções compostas – simultânea e seqüencial – o primeiro envolvendo custo de construção associando a incerteza nos resultado da estratégia. O seqüencial embutiu uma série de oportunidades, como aquisição de informação, adiamento e abandono do projeto.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se a metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho e o estudo de caso. Dividiu-se a mesma da seguinte maneira: considerações iniciais, classificação da pesquisa e delineamento da pesquisa.

O capítulo finaliza com a explanação de opções simples e compostas, por meio do método binomial com seus dados, cálculos e modelos.

3.1 Considerações Iniciais

A motivação deste trabalho está em se buscar a aplicação de um novo processo de tomadas de decisão em investimento na construção civil baseado na Análise de Opções Reais (ROA), para complementar a técnica tradicional de Fluxo de Caixa Descontado (FCD), às vezes limitada em função do seu caráter estático. Este caráter estático está relacionado à sua incapacidade de captar o valor da flexibilidade gerencial na tomada de decisões pelo gestor e preocupar-se somente com seu retorno financeiro e fatores tangíveis, sem considerar seus fatores intangíveis como vantagem competitiva, colocação no mercado e futuras oportunidades. Além disso, pretende-se desenvolver um processo de criação de alternativas para as empresas construtoras, a fim de melhor gerir os riscos nas tomadas de decisão na liberação de recursos para

investimento em empreendimentos, bem como obter vantagem competitiva em relação aos concorrentes nessa atividade de negócio.

Por outro lado, destaca-se o número pequeno de trabalhos relacionados ao emprego da ROA no setor da construção civil, onde há ainda preponderância da utilização de FCD, em especial o indicador VPL.

A Teoria das Opções Reais, advinda da analogia de precificação de opções financeiras, tem essa capacidade de precificar opções de empreendimentos estratégicos advindo da incerteza e da volatilidade, maximizando, portanto, o valor do investimento.

Os investimentos em empreendimentos de base imobiliária se caracterizam por essa abordagem, em razão de seu longo prazo de maturação, suas contingências (flexibilidade gerencial e operacional), irreversibilidade nos investimentos e estão sujeitos às condições de incertezas tanto econômicas (mercado) quanto técnicas (custos e riscos na construção civil).

A ROA é uma metodologia de tomada de decisão disciplinada. Como toda teoria em processo de difusão e estabilização apresenta ainda suas limitações. Nesta pesquisa, seu emprego será ilustrado por meio de evidências empíricas da aplicação da ROA em um caso hipotético de loteamento na cidade de Campinas, SP, sendo comparada com o VPL na tomada de decisão.

3.2 Estratégia de Pesquisa

A estratégia adotada nesta dissertação, de modo a responder a questão de pesquisa lançada, foi o estudo de caso. Segundo Yin (2005), no que tange à estratégia, a presente pesquisa enquadra-se como estudo de caso, pois pretende abordar uma questão de pesquisa do tipo “como” (problematizada no item 1.1), e ainda há pouco controle sobre o fenômeno sendo investigado. Também é caracterizada como estudo de caso, pois aborda um estudo contemporâneo, uma vez que age dentro de um contexto atual.

3.3 Delineamentos da Pesquisa

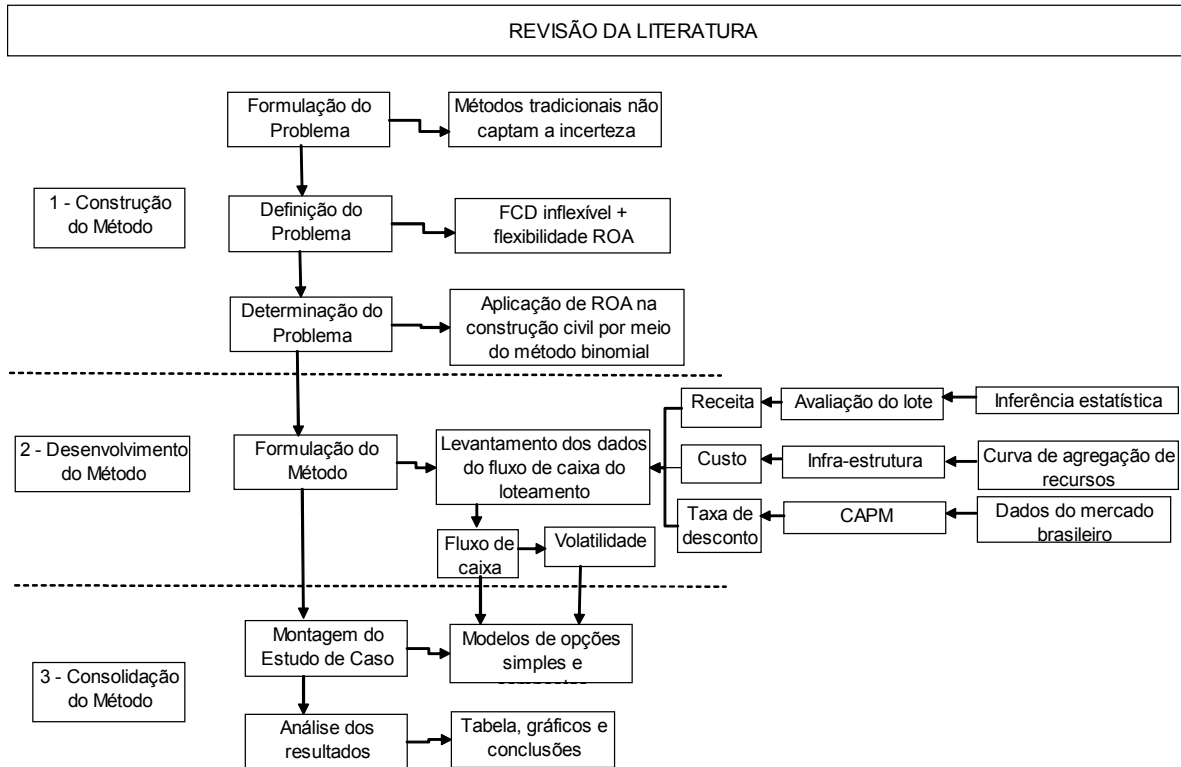
O estudo de caso é, atualmente, encarado como o delineamento mais adequado para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, onde os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos (YIN, 2005). Neste tópico serão adotados os preceitos de delineamento da pesquisa e roteiro de estudo de caso apresentados por Gil (2002).

Essa classificação da pesquisa em exploratória pois foca um problema ou questão de pesquisa com estudos anteriores ainda incipientes. Todavia, para se analisar os fatos do ponto de vista empírico, e para confrontar a visão teórica com os dados da realidade, torna-se necessário traçar um modelo conceitual e operacional da pesquisa.

Pretende-se, também, avaliar que teorias e conceitos existentes podem ser aplicados ao problema, ou se novas teorias e conceitos podem ser desenvolvidos.

O delineamento refere-se ao planejamento da pesquisa em sua dimensão mais ampla, que envolve tanto a diagramação quanto o processo da pesquisa, e também a determinação dos parâmetros envolvidos no modelo. Entre outros aspectos, o delineamento considera o ambiente em que são coletados os dados e as formas de determinação das variáveis envolvidas no empreendimento de loteamento urbano como fonte de dados da pesquisa, conforme fluxograma do estudo de caso ilustrado na Figura 9.

FIGURA 9 Delineamento da pesquisa do estudo de caso



A pesquisa foi dividida em três etapas. A primeira denominou-se de “construção do método”, em que se formulou a questão da pesquisa, a partir da revisão bibliográfica. Essa revisão permite investigar a cobertura de uma gama de fenômenos mais ampla do que aquela que se poderia pesquisar diretamente, porque são exíguos os casos práticos de ROA e até inexistentes as informações nos meios corporativos.

Obteve-se como resultado desta etapa a proposição do método preliminar onde se definiram as seguintes diretrizes a serem consideradas na aplicação do método:

- A base do estudo se limitaria a um empreendimento da construção civil de um loteamento residencial na cidade de Campinas (SP). Essa diretriz surgiu em função da disponibilidade de dados reais, de um fato contemporâneo (2007) e de sua localização (Campinas) sobre um empreendimento de

loteamento em um órgão financeiro nacional, cuja finalidade é efetuar sua alienação por meio de leilão público desta instituição;

- Considerou-se que a técnica de análise da qualidade de investimento convencional com base em FCD apresenta limitações quando se defrontam com a incerteza e a flexibilidade administrativa contidas na avaliação de projetos. Já a teoria de opções reais quando aplicada a projetos com intangíveis associados, tenta superar as limitações dos critérios convencionais e a falta de disciplina analítica que caracteriza a avaliação qualitativa, englobando a função empresarial na tomada de decisões, integrando finanças e estratégias de negócios (Samanez, 1994).

Na segunda etapa da pesquisa, montou-se o fluxo de caixa para realização do estudo de caso tendo como dados de entrada, o valor dos lotes, objeto da receita do projeto de empreendimento, com tratamento de estatística inferencial (Apêndice I); custo da infra-estrutura do loteamento com orçamento utilizando a curva de agregação de recursos (Apêndice IV); determinação da taxa de retorno com utilização do CAPM inferido do mercado imobiliário (Apêndice III) e a estimativa da volatilidade utilizada no modelo de ROA (Apêndice II). Os dados iniciais possibilitaram a utilização da metodologia tradicional – FCD – ressaltando-se que alguns dados, como fonte de informação (imobiliária) e endereço (lotes pesquisados) foram omitidos para garantir a confidencialidade do empreendimento.

Na terceira etapa, para a consolidação do método, utilizou-se o fluxo de caixa da etapa anterior para simularem-se os tipos de opções, conhecidas na literatura sobre ROA, chamadas de simples e compostas, num cenário de situações peculiares de um loteamento imobiliário.

Obteve-se, por fim, a proposição do modelo inicial, cujos resultados foram, então, analisados por meio de tabelas, gráficos e análises pertinentes.

3.4 Estudo de Caso

Descreve-se a seguir o estudo de caso, contendo as características do empreendimento adotado nesta pesquisa.

3.4.1 Empreendimento – Gleba urbana

O contexto de empreendimentos da construção civil utilizado foi o de loteamento urbano. Utilizou-se uma gleba urbana, objeto de empreendimento de loteamento em Campinas, porque é um terreno passível de receber obras de infraestrutura urbana, que visa ao seu aproveitamento eficiente, por meio de loteamento. O loteamento é uma subdivisão da gleba em lotes destinados a edificações, com abertura de nova infraestrutura.

A gleba objeto desta pesquisa apresenta 210.267,12 m², formato irregular, topografia ondulada, terreno aparentemente firme e seco, meio de quadra, com 385,00 m de frente, 570,40 m de fundos, 25,00 m no lado direito a partir da visão da Rodovia Dom Pedro I, e 332,42 m do lado esquerdo. Contém topografia ondulada com platôs e possui drenagem natural (Figura 10).

FIGURA 10 Gleba



FONTE: *Google Earth* (2007).

Foram considerados lotes com área média de terreno de 350 m² (lote padrão predominante na região), considerando-se 60% da área total para área loteável (120.000 m²) e a receita de vendas proveniente da comercialização dos lotes.

O valor do loteamento foi obtido por meio da receita de vendas dos lotes, deduzidas as despesas de implantação do loteamento, publicidade, taxas cartorárias, impostos, analisados em fluxo de caixa.

O contexto legal no qual a gleba está inserida e as restrições que são impostas são:

Legislação Municipal: De acordo com o Código de Zoneamento Urbano do município de Campinas, o imóvel está situado em zona de uso misto, parte em Z1 (zona destinada aos usos comerciais, de serviços e institucional) e Z3 (zona residencial habitacional uni e multi-familiar). É permitida a implantação de loteamentos residenciais pelo código de zoneamento (Lei 6031/88 sobre uso e ocupação do solo)

Legislação Estadual: Não foi informada nenhuma restrição quanto à situação particular da gleba com relação aos órgãos da esfera estadual.

Legislação Federal: Não foi informada nenhuma restrição quanto a situação particular do avaliando com relação aos órgãos da esfera federal.

A infra-estrutura básica se constitui de equipamentos urbanos de escoamento das águas pluvias, iluminação pública, redes de esgoto sanitário, abastecimento de água potável, de energia elétrica pública e as vias de acesso (ruas e avenidas) e de logradouros públicos.

A gleba possui acesso pela Rodovia D. Pedro I, e pela Rodovia Anhangüera e Bandeirantes. A região é ocupada por empreendimento varejista de grande porte (*Shopping Center*) e condomínios residenciais de médio e alto padrão.

A região do imóvel conta com bons acessos, sendo os principais a Rodovia Dom Pedro I, além da Avenida Carlos Grimaldi e a Rodovia Dr. Heitor Penteado. A região possui média ocupação.

Conta com infra-estrutura e melhoramento público de: água, energia elétrica, rede de telefone, arborização, pavimentação, coleta de lixo, transporte coletivo, além de serviços comunitários de rede de ensino 1º e 2º graus – público e particular, correio e comércio local.

O método para estudar o loteamento leva em consideração o aproveitamento da gleba a ser estudada, segundo um estudo arquitetônico hipotético otimizado, desenvolvido sob as diretrizes do Código de Obras da Prefeitura Municipal de Campinas. Leva em consideração o retorno econômico resultante da venda das unidades do empreendimento projetado (lote padrão residencial) e a conseqüente parcela referente à remuneração pelo terreno. O valor de venda das unidades-padrão projetadas será determinado, por sua vez, por meio da adoção do Método Comparativo Direto de Dados do Mercado com tratamento estatístico inferencial, seguindo as diretrizes da norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 13.653-2 – Avaliação de bens Parte 2: Imóveis urbanos. Os custos considerados foram de orçamentação da infra-estrutura, tributos e comissões de vendas.

3.4.2 Dados de entrada – Receita, custos e volatilidade

Conforme mencionado o valor do lote foi calculado pelo método comparativo direto de dados de mercado, utilizando-se dos conceitos técnicos da inferência estatística para obtenção do modelo de regressão, por meio do software “Sisreg Windows versão 5.51 – Sistema de Regressão Linear Simples e Múltipla” da Pelli Sistemas Ltda., onde se destaca da NBR 14653-2, sobre o Método Comparativo de Dados de Mercado: “Aquele que define o valor por meio de comparação com dados de mercado assemelhados quanto às características e os atributos dos dados pesquisados que exercem influência na formação dos preços e, conseqüentemente, no valor, devem ser ponderados por homogeneização ou por inferência estatística, respeitados os níveis de rigor definidos em Norma. É condição fundamental para aplicação deste método a existência de um conjunto de dados que possa ser tomada, estatisticamente, como amostra do mercado imobiliário”.

No Apêndice I demonstra-se a formulação e a análise dos resultados para determinação do modelo de regressão que resultou no Preço unitário médio do modelo igual a R\$ 169,86/m², enquanto o valor de cada lote = R\$ 169,86/m² x 350m² = R\$ 59.451,00.

Utilizando-se a área loteável de 120.000,00 m² e com um total de 342 lotes, chega-se numa receita total de R\$ 20.383.200,00.

O cálculo do custeio do empreendimento e a tributação referente à construção da infra-estrutura do loteamento estão demonstrados no Apêndice IV.

O regime de tributação depende do empreendimento a ser realizado e da característica do empreendedor. Tem-se na Tabela 5 as principais despesas e impostos incidentes no estudo de caso. Nas despesas consideram-se as comissões sobre vendas e publicidade e registro da atividade do empreendimento nos agentes públicos (Prefeitura municipal e concessionária de serviços públicos), bem como a regulamentação da incorporação e individualização, através de averbações cartoriais, enquanto nos impostos, o imposto de renda sobre pessoa jurídica, seu adicional, contribuição social sobre o lucro líquido (CSLL) e PIS.

TABELA 5 Despesas e impostos do empreendimento

| DESPESAS | taxa | base |
|--------------------|----------|-------------------|
| Vendas/publicidade | 8% | fatur.oper.bruto |
| Taxas cartoriais | 3% | vlr.procurado |
| IMPOSTOS | alíquota | base |
| Imposto de renda | 15% | lucro antes do IR |
| IR adicional | 10% | lucro > 20.000 |
| CSLL | 9% | lucro bruto |
| Cofins | - | fatur.oper.bruto |
| PIS | 0,65% | fatur.oper.bruto |

O método de cálculo para a determinação da volatilidade do empreendimento encontra-se detalhado no Apêndice II.

3.4.3 Aplicação de ROA na construção civil

A seguir desenvolve-se a aplicação de ROA para o empreendimento em análise.

3.4.3.1 Considerações iniciais

Por meio de um caso real – loteamento residencial – abordam-se, de forma específica e metódica, evidências empíricas da ROA para ilustrar sua aplicação em projetos de investimento de empreendimentos na construção civil.

A determinação das opções reais no empreendimento da construção valeu-se do estudo de caso em 02 abordagens: Opção Simples e Composta. Na série de opções reais simples serão apresentadas as opções para postergar, expandir, contrair, abandonar e combinadas. E nas opções reais compostas será adotada uma abordagem simultânea e seqüencial.

Será utilizada a incerteza econômica do preço do lote, gerador da receita do empreendimento. O custo da infra-estrutura não será abordado como opções reais, porque apresenta, atualmente, no período de setembro de 2006 a setembro 2007, uma pequena elevação de 3,51% (Revista Construção Mercado¹³).

Utilizou-se o processo de avaliação de opções reais conforme Copeland e Antikarov (2001), seguindo o fluxograma da aplicação da ROA, descrito a seguir:

PASSO 1: Cálculo do caso base, valor presente sem flexibilidade aplicando o modelo de avaliação dos fluxos de caixa descontados (FCD).

Objetivos: Cálculo do Valor Presente sem flexibilidade em $t = 0$.

Observação: Valor presente tradicional, sem flexibilidade.

PASSO 2: Modelagem da incerteza por meio de árvore de eventos.

Objetivos: Apresentar como o valor presente evolui ao longo do tempo por meio da árvore de eventos.

Observação: Ainda não há flexibilidade, este valor deve ser igual ao valor do passo 1. Estima-se a incerteza tomando como referência dados históricos ou estimativas gerenciais.

PASSO 3: Identificar e criar flexibilidade gerencial, criando uma árvore de decisões.

Objetivos: Analisar a árvore de eventos para identificar e incorporar flexibilidade gerencial a fim de responder a novas informações.

Observações: A flexibilidade é incorporada à árvore de eventos, o que a transforma em uma árvore de decisões.

PASSO 4: Fazer a análise de opções reais (ROA).

Objetivos: Avaliar o projeto total, empregando um método algébrico simples e uma planilha Excel.

Observações: A ROA incluirá o valor presente do caso base sem flexibilidade mais o valor da opção (flexibilidade).

3.4.3.2 Árvore de eventos

Os exemplos desenvolvidos não consistem na aplicação completa do modelo binomial, mas em uma ilustração por intermédio de métodos numéricos simples para elucidar princípios básicos para quantificar as várias opções existentes. Serão abordadas, neste estudo, apenas as opções reais usualmente encontradas em investimentos de empreendimento imobiliário, tais como, opções de adiamento, expansão, contração, abandonos e uma combinação entre os três últimos. Posteriormente serão abordados as opções compostas – simultâneas e sequenciais.

O primeiro passo é o cálculo do fluxo de caixa descontado (FCD) do empreendimento sem flexibilidade. O empreendedor apresenta a projeção do fluxo financeiro e o VPL para o empreendimento, contemplando, assim, os resultados financeiros, conforme Tabela 6. O método para obtenção da taxa de retorno (ou desconto, CAPM) utilizada neste fluxo está detalhado no Apêndice III.

O fluxo de caixa considera o fluxo operacional e de investimento. Apresenta a receita com a venda dos lotes, comissão com corretagem e publicidade, custo da implantação da infra-estrutura, tributação e resultado. Procurou-se obter uma previsão real e factível deste resultado para nortear a projeção financeira do empreendimento.

¹³ Edição nº 76, de novembro de 2007.

TABELA 6 Projeção do fluxo financeiro e o VPL para o empreendimento (em R\$ mil)

| Ano | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Preço unitário - R\$/m² | | | 169,86 | 169,86 | 169,86 | 169,86 |
| Receita | | | 5.096 | 5.096 | 5.096 | 5.096 |
| Custo-infra estrutura | | 3.147 | 1.399 | | | |
| despesas c/ITBI, publ. e vendas | | | 408 | 408 | 408 | 408 |
| COFINS e PIS | | | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Resultado oper. bruto | | -3.147 | 3.256 | 4.655 | 4.655 | 4.655 |
| custos para CS/IR | | - | 1.952 | 1.952 | 1.952 | 1.952 |
| resultado liquido antes de IR/CS | | - | 3.144 | 3.144 | 3.144 | 3.144 |
| CS sobre o lucro | | - | 283 | 283 | 283 | 283 |
| resultado antes do IR | | - | 2.861 | 2.861 | 2.861 | 2.861 |
| IR | | | 472 | 472 | 472 | 472 |
| Fluxo de caixa livre | | -3.147 | 2.502 | 3.900 | 3.900 | 3.900 |
| CAPM (15,96%aa) | | 0,160 | 0,160 | 0,160 | 0,160 | 0,160 |
| Fator de desconto | | 0,862 | 0,744 | 0,641 | 0,553 | 0,477 |
| VP do fluxo de caixa livre | | -2.714 | 1.860 | 2.501 | 2.157 | 1.860 |
| VP do projeto | 5.665 | | | | | |
| Investimento | 6.000 | | | | | |
| VPL do projeto | -335 | | | | | |

Em que pese o VPL ser negativo, a diferença entre VP e o investimento inicial é baixa. Contrariando os resultados da avaliação tradicional pelo VPL, o empreendimento possui valor considerável numa abordagem de opções reais, pois o investimento inicial de compra da gleba de R\$ 6 milhões possibilita a opção futura de adiar, ou não, o loteamento.

Uma tarefa importante é reconhecer as opções contidas em projetos de investimento. No caso do empreendimento proposto, uma maneira de reconhecer a opção é examinar os números da projeção do movimento financeiro.

TABELA 7 Dados do empreendimento do loteamento e dados da grade

| Dados | |
|----------------------------------|---------|
| Valor do Ativo (\$) - V | \$5.665 |
| Custo de Implementação (\$) - I | \$6.000 |
| Maturidade (Anos) - t | 2 |
| Taxa livre de risco (%)* - r_f | 5% |
| Volatilidade (%)** = σ_V | 14,14% |
| Passos da grade | 2 |

(*) riskfree: Notas do Tesouro Nacional série B (NTNB)¹⁴

(**) Volatilidade do projeto determinado no Apêndice II.

| Cálculos intermediários | |
|--|--------|
| Maturidade/passos (Δt) | 1,0000 |
| Fator subida (up) - u | 1,1519 |
| Fator descida (down) - d | 0,8681 |
| Probabilidade Neutra de risco (prob) - p | 0,6409 |

Onde, V_0 é o valor presente das estimativas no movimento financeiro, caso o empreendedor exerça a opção (ativo subjacente), I é o investimento (preço de exercício) necessário para programar o V_0 , t é o prazo de expiração da opção, r_f é a taxa de juros livre de risco e σ_V é a volatilidade de projeto.

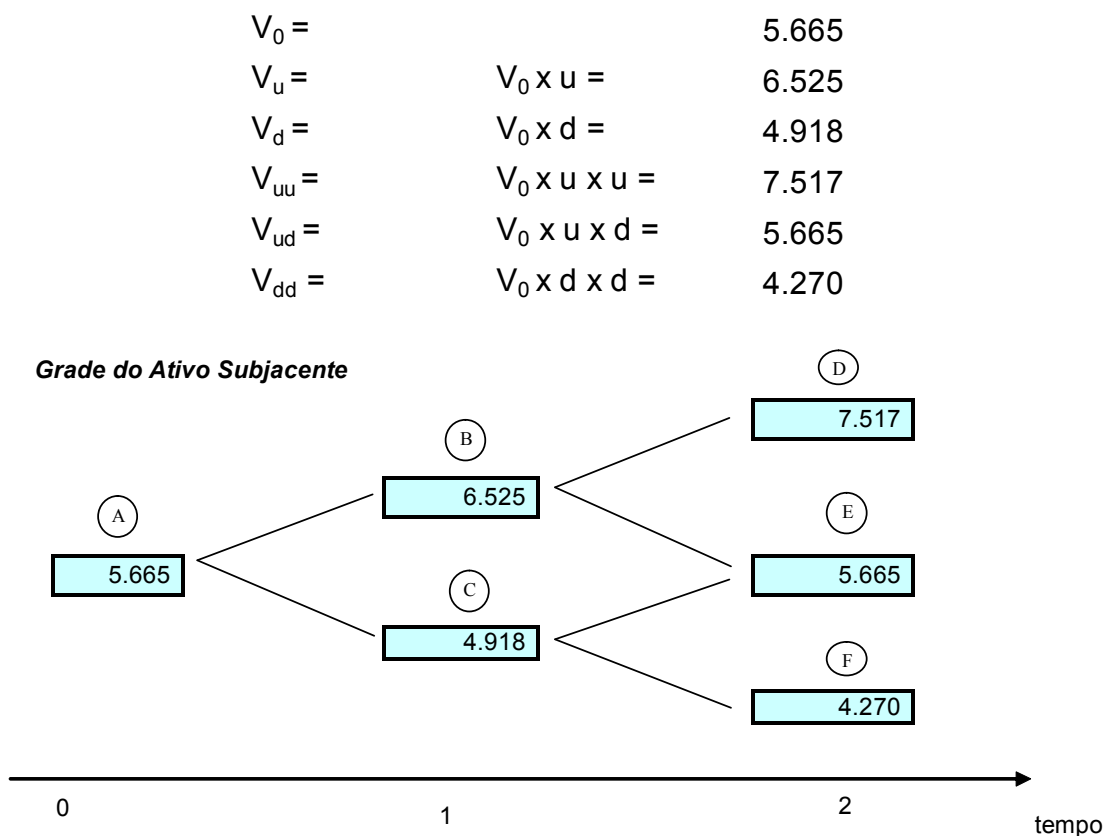
Temos no modelo binomial os fatores $u = e^{\sigma_V \sqrt{\Delta t}}$ e $d = e^{-\sigma_V \sqrt{\Delta t}}$ e $\sigma_V = 14,14\%$, portanto, $u = 1,1519$ e $d = 0,8681$. Para a probabilidade neutra ao risco $p = \frac{r_f - d}{u - d}$, temos então $p = 0,6409$.

¹⁴ São títulos públicos com rentabilidade vinculada à variação da IPCA, acrescida de juros definidos no momento da compra. Considerados de baixíssimo risco pelo mercado financeiro e são garantidos pelo Tesouro Nacional (<http://www.tesouro.fazenda.gov.br>).

O processo se inicia com o valor, V_0 , no início da grade binomial (Figura 11) e, depois, move-se para cima ou para baixo, multiplicando-se V_0 pelo fator de crescimento, $u > 1$, ou descendente, $d < 1$.

A grade do ativo subjacente ilustra o comportamento do valor do projeto conforme Figura 11 e a determinação dos valores nos períodos subsequentes.

FIGURA 11 Grade binomial do ativo subjacente – loteamento em estudo



3.4.3.3 Identificação das opções simples contidas no projeto

Esse item objetiva esclarecer como reconhecer e avaliar opções simples com base no valor do ativo subjacente sujeito a risco. Têm-se as principais opções presentes na literatura acadêmica e situações reais em empreendimentos de loteamentos residenciais.

a) **Opção de postergar (diferir)** o investimento: o empreendedor possibilita que o investimento seja postergado em até um ano (t_1) e dois anos (t_2), beneficiando o projeto com a resolução de incertezas sobre o preço do lote. Só será investido I_p (exercida a opção de compra da gleba), se o preço do lote for suficientemente alto. Caso o preço do lote caia, o empreendedor não se comprometerá com o projeto, economizando o desembolso I_p . Na véspera da expiração do vencimento da compra da gleba, o valor do projeto será $\max(V - I_p, 0)$ ¹⁵, análogo ao valor de uma opção de compra americana no valor presente bruto da expectativa do fluxo de caixa do projeto completo (V), cujo preço de exercício é I_p (compra da gleba). O investimento antecipado implica o sacrifício do valor da opção de postergar, e só deverá ser feita se $V - I_p$, superar esse valor.

| | | |
|-------------|----------------------|---------|
| Postergar1: | $I \times (1+r_f) =$ | \$6.300 |
| Postergar2: | $I \times (1+r_f) =$ | \$6.615 |

Onde, Postergar 1 e 2 referem-se ao valor do preço de exercício R\$ 6.000 mil corrigido para o tempo 1 e 2 à taxa de juros livre de risco (r_f).

Para obter o valor da opção, inicia-se os cálculos a partir do tempo 2 e trabalha-se recursivamente de trás para frente ao longo da grade, até chegar ao período 0, conforme ilustrado na Figura 12 e calculado na Tabela 8.

¹⁵ A análise de ROA parte de uma perspectiva diferente ao VPL. Matematicamente, a abordagem de ROA é uma expectativa de máximos (não um máximo de expectativas), isto é, a metodologia de ROA prevê se, e somente se $V > I$ no momento t .

FIGURA 12 Opção de postergar e seu resultado

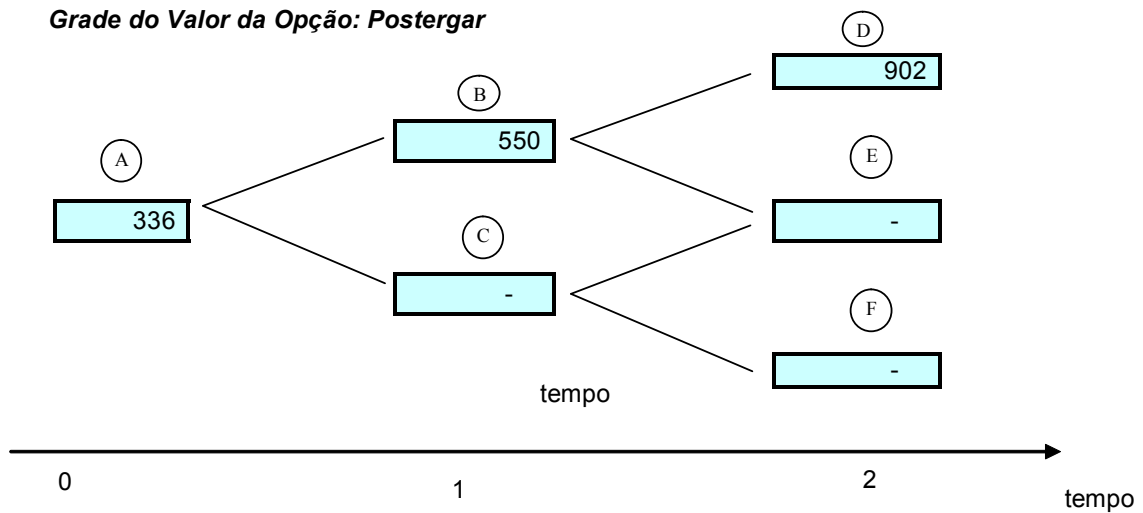


TABELA 8 Retorno nos nós finais para opção de postergar

| Nós | Retorno | Decisão |
|-----|--|--------------|
| D | $\text{MAX}(V_{uu} - \text{Postergar2}; 0)$ | Investir |
| E | $\text{MAX}(V_{ud} - \text{Postergar2}; 0)$ | não investir |
| F | $\text{MAX}(V_{dd} - \text{Postergar2}; 0)$ | não investir |
| B | $\text{MAX}(V_u - \text{Postergar1}; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}))$ | Investir |
| C | $\text{MAX}(V_d - \text{Postergar1}; (p \cdot V_E + (1-p) \cdot V_F) / (1 + \text{riskfree}))$ | não investir |
| A | $\text{MAX}((p \cdot V_B + (1-p) \cdot V_C) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | Investir |

Resultados:

Nó A: $\text{VPL}_{\text{expandido}} = 336$, portanto da equação 8 temos,

Valor da opção = $\text{VPL}_{\text{expandido}} - \text{VPL}_{\text{tradicional}}^* = 336 - (-335) = 671$
 (*) Tabela 6

O empreendimento pode “esperar” certo tempo para se decidir se novas informações justificam iniciá-lo. Se esta opção tem valor maior do que a de investir imediatamente, esse empreendimento dever ser adiado.

b) **Opção de expansão:** o sentido de expandir é no sentido não do aumento físico de lotes no empreendimento e sim do aquecimento nos preços dos lotes no mercado imobiliário. Se o preço do lote ou as condições de mercado se tornarem mais favoráveis do que o inicialmente previsto, é possível aumentar o preço de venda dos lotes (X) com estimativa de elevação de 30% referente à especulação e experiência de corretores imobiliários e seu preço de exercício por intermédio de um desembolso I_E (propaganda, corretores, etc.) para alavancar as vendas dos lotes em que estimamos em R\$ 1.000 mil . Essa modalidade de opção deve ser exercida quando o resultado encontrado superar as oportunidades que o mercado propicia ou quando se aproximar de expectativas de incertezas futuras favoráveis.

FIGURA 13 Opção de expansão e seu resultado

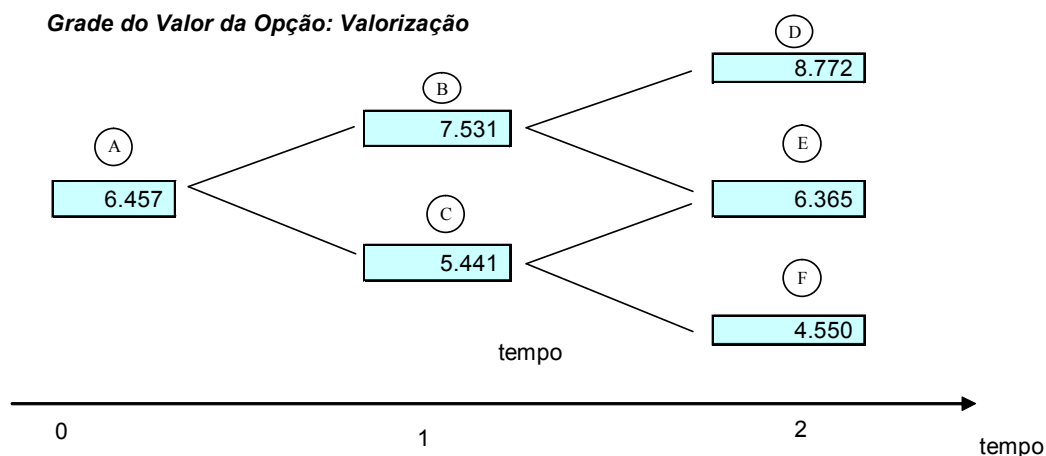


TABELA 9 Preço do exercício e retorno nos nós finais para opção de valorização

| | | | |
|----------|--------------------------|---------|-------|
| Opção: | $x * \text{Ativo} - I_E$ | X: | 30% |
| Expansão | | I_E : | 1.000 |

| Nós | Retorno | Decisão |
|-----|--|-----------|
| D | $\text{MAX}(V_{uu}; V_{uu} \cdot (1+X) - I_E; 0)$ | valorizar |
| E | $\text{MAX}(V_{ud}; V_{ud} \cdot (1+X) - I_E; 0)$ | valorizar |
| F | $\text{MAX}(V_{dd}; V_{dd} \cdot (1+X) - I_E; 0)$ | valorizar |
| B | $\text{MAX}(V_u; V_u \cdot (1+X) - I_E; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | valorizar |
| C | $\text{MAX}(V_d; V_d \cdot (1+X) - I_E; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | valorizar |
| A | $\text{MAX}(V_0; V_0 \cdot (1+X) - I_E; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | valorizar |

Resultados:

$\text{VPL}_{\text{expandido}} = V_A - I = 6.457 - 6.000 = 457$, conforme Tabela 8,

Valor da opção = $\text{VPL}_{\text{expandido}} - \text{VPL}_{\text{tradicional}} = 457 - (-335) = 792$

Quando o empreendimento apresenta a oportunidade de aumentar o preço do lote ou aumentar a velocidade de venda, caso as condições de mercado se tornem melhores do que o esperado, essa opção deve ser exercida.

c) **Opção de contrair:** o sentido de contrair é o inverso do item anterior. Se as condições de baixa dos preços dos lotes no mercado imobiliário em função da situação econômica no país se tornar pior do que o esperado, é possível reduzir parte da comissões de vendas dos lotes ou abaixar seu preço (X) referente a um desconto, salvando uma parcela I_C dos investimentos planejados (propaganda, paisagismo, gastos com corretagem, etc.) que estimamos em R\$ 1.000 mil.

FIGURA 14 Opção de contrair e seu resultado

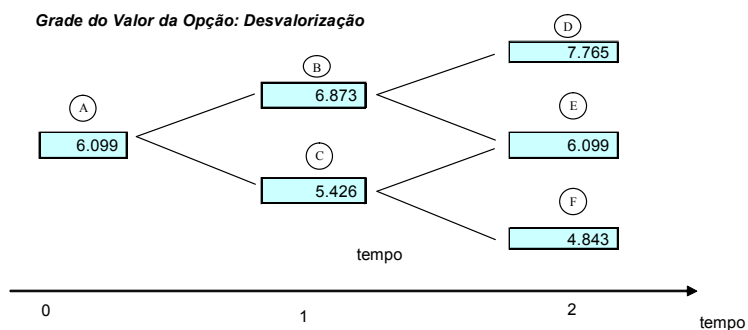


TABELA 10 Preço do exercício e retorno nos nós finais para opção de desvalorização

| | | | |
|-----------|--------------------------|---------|-------|
| Opção: | $x * \text{Ativo} + I_C$ | X: | 10% |
| Contração | | I_C : | 1.000 |

| Nós | Retorno | Decisão |
|-----|--|--------------|
| D | $\text{MAX}(V_{uu}; V_{uu} \cdot (1-X) + I_E; 0)$ | desvalorizar |
| E | $\text{MAX}(V_{ud}; V_{ud} \cdot (1-X) + I_E; 0)$ | desvalorizar |
| F | $\text{MAX}(V_{dd}; V_{dd} \cdot (1-X) + I_E; 0)$ | desvalorizar |
| B | $\text{MAX}(V_u; V_u \cdot (1-X) + I_E; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | desvalorizar |
| C | $\text{MAX}(V_d; V_d \cdot (1-X) + I_E; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | desvalorizar |
| A | $\text{MAX}(V_0; V_0 \cdot (1-X) + I_E; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | desvalorizar |

Resultados:

$\text{VPL}_{\text{expandido}} = V_A - I = 6.099 - 6.000 = 99$, Tabela 8, temos

Valor da opção = $\text{VPL}_{\text{expandido}} - \text{VPL}_{\text{tradicional}} = 99 - (-335) = 433$

É o inverso da valorização. Essa opção reduz o risco de perdas futuras e o custo da contração é diminuir o preço do lote.

d) **Opção de abandonar** pelo valor residual: se o preço do lote sofrer uma queda sustentada, ou o desempenho das vendas dos lotes for muito aquém do esperado por outras razões, o empreendedor não precisa continuar a incorrer nos custos fixos. Pode-se abandonar o projeto permanentemente, obtendo-se seu valor residual (o valor de venda de seus equipamentos e outros ativos no mercado, gleba do loteamento objeto do estudo) - I_A . Ela pode ser exercida quando houver uma recompensa denominada de prêmio pela opção, que é parte do VPL estratégico obtido, referente ao valor da venda da gleba e suas construções executadas.

FIGURA 15 Opção de abandonar e seu resultado.

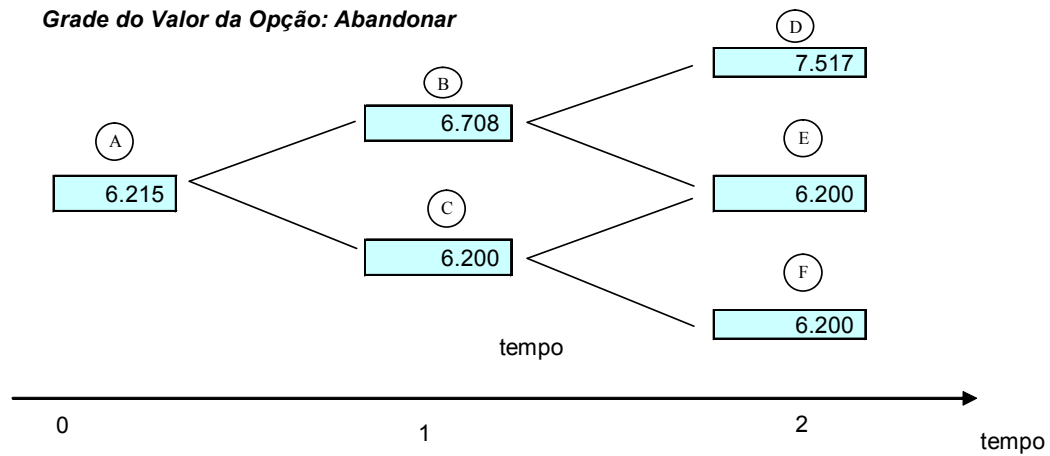


TABELA 11 Preço do exercício e retorno nos nós finais para opção de abandonar.

| Nós | Retorno | Decisão |
|-----|--|------------|
| D | $\text{MAX}(V_{uu}; I_A; 0)$ | Prosseguir |
| E | $\text{MAX}(V_{ud}; I_A; 0)$ | Abandonar |
| F | $\text{MAX}(V_{dd}; I_A; 0)$ | Abandonar |
| B | $\text{MAX}(V_u; I_A; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | Prosseguir |
| C | $\text{MAX}(V_d; I_A; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | Abandonar |
| A | $\text{MAX}(V_0; I_A; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | Abandonar |

Resultados:

$\text{VPL}_{\text{expandido}} = V_A - I = 6.215 - 6.000 = 215$, Tabela 8 temos,

Valor da opção = $\text{VPL}_{\text{expandido}} - \text{VPL}_{\text{tradicional}} = 215 - (-335) = 550$

Abandonar o projeto pode ocorrer quando as condições de mercado piorar e o valor do projeto se tornar menor que o valor do abandono, evitando possíveis perdas futuras.

e) **Avaliação da combinação das opções:** a árvore de decisão contém em cada nó todas as três possíveis opções – expandir, contrair e abandonar. Felizmente, elas contêm alternativas que se excluem mutuamente e exercê-las não torna as três trajetórias dependentes entre si.

FIGURA 16 Opção de combinação e seu resultado

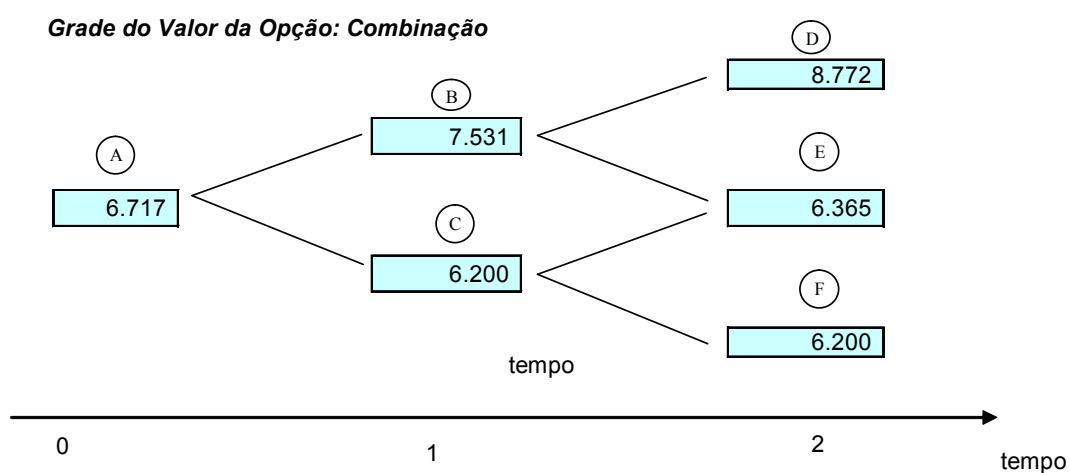


TABELA 12 Preço do exercício e retorno nos nós finais para opção combinada

| | |
|---------|-------|
| X: | 30% |
| I_E : | 1.000 |
| X: | 10% |
| I_C : | 1.000 |
| I_A : | 6.200 |

| Nós | Retorno | Decisão |
|-----|--|-----------|
| D | $\text{MAX}(V_{uu}; I_A; 0)$ | Expandir |
| E | $\text{MAX}(V_{ud}; I_A; 0)$ | Expandir |
| F | $\text{MAX}(V_{dd}; I_A; 0)$ | Abandonar |
| B | $\text{MAX}(V_u; I_A; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E)/(1+\text{riskfree}); 0)$ | Expandir |
| C | $\text{MAX}(V_d; I_A; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E)/(1+\text{riskfree}); 0)$ | Abandonar |
| A | $\text{MAX}(V_0; I_A; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E)/(1+\text{riskfree}); 0)$ | Expandir |

Resultados:

$\text{VPL}_{\text{expandido}} = V_A - I = 6.717 - 6.000 = 717$, da Tabela 8 temos,

Valor da opção = $\text{VPL}_{\text{expandido}} - \text{VPL}_{\text{tradicional}} = 717 - (-335) = 1.052$

A soma das opções em separado (+717) não é igual ao valor de sua combinação porque a opção de contração não foi utilizada em combinação, isto é, não tem valor na combinação porque foi dominada pela opção de abandono e expansão.

Os cálculos das opções de postergar, expandir, contrair, abandonar e combinação foram baseados em uma avaliação de trás para frente no ambiente neutro ao risco.

3.4.3.4 Identificação das opções compostas contidas no projeto

No item anterior tratou-se das opções simples – diferir, expandir, contrair e abandonar o investimento; e suas combinações. Agora o escopo de análise será ampliado para cuidar de formas mais complicadas e realistas de opções reais. Serão empregadas opções compostas que são opções cujo valor depende de outras opções (COPELAND e ANTIKAROV, 2000).

Há dois tipos de composições de opções compostas: simultânea e seqüencial. A opção composta simultânea é o tipo de composição onde o patrimônio (uma opção sobre o valor do empreendimento alavancado) e a opção de compra sobre o patrimônio

estão ativos simultaneamente, isto é, a opção subjacente e a opção de compra estão simultaneamente disponíveis. Não são seqüenciais no tempo. Por outro lado, a característica principal da opção composta seqüencial é investimento em etapas como, implantação de uma fábrica – projeto, engenharia e construção; programas de desenvolvimento de produtos - pesquisa e desenvolvimento, o teste de mercado e lançamento do produto; exploração e o desenvolvimento de recursos naturais que apresentam múltiplas etapas. Existe, também, a possibilidade de se suspender ou abandonar o investimento se o valor esperado do projeto completo diminui ou se o custo para complementar o investimento cresce.

3.4.3.5 Método para Opções Compostas Simultâneas

O principal aspecto das opções compostas simultâneas é quando a opção subjacente e a opção subsequente estão simultaneamente disponíveis.

O processo do método será realizado em duas etapas. Primeiramente, avalia-se o ativo subjacente (projeto do loteamento) como sendo uma opção de compra americana sobre o valor do empreendimento cujo preço de exercício seja igual ao valor da face da dívida onde utilizamos o valor de 70% do preço de exercício (valor da gleba); no caso houve um financiamento para se adquirir a gleba. O resultado é uma árvore de eventos que se torna o ativo subjacente da opção de compra. Começamos com a árvore de eventos (figura 17) para o valor do empreendimento apresentado. Em seguida, calcula-se o valor do empreendimento em cada um dos nós, onde os retornos dos nós finais são apresentados nas figuras e tabelas abaixo.

FIGURA 17 Árvore de eventos do valor do empreendimento para opção composta simultânea

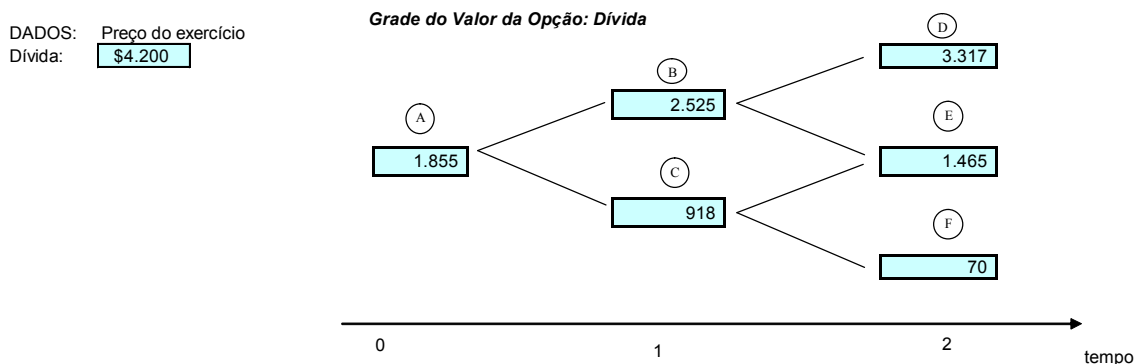


TABELA 13 Retorno nos nós finais para opção composta simultânea

| Nós | Retorno |
|-----|---|
| D | $\text{MAX}(V_{uu} - \text{Dívida}; 0)$ |
| E | $\text{MAX}(V_{ud} - \text{Dívida}; 0)$ |
| F | $\text{MAX}(V_{dd} - \text{Dívida}; 0)$ |
| B | $\text{MAX}(V_u - \text{Dívida}; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}))$ |
| C | $\text{MAX}(V_d - \text{Dívida}; (p \cdot V_E + (1-p) \cdot V_F) / (1 + \text{riskfree}))$ |
| A | $\text{MAX}(V_0 - \text{Dívida}; (p \cdot V_B + (1-p) \cdot V_C) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ |

Resultados:

Valor de mercado do empreendimento com dívida: Valor corrente do projeto - Opção da dívida

$$5.665 - 1.855 =$$

\$3.810

Rentabilidade:

5,00% aa

Observa-se que em razão do valor corrente do empreendimento ser de R\$ 5.665, o valor de mercado de sua dívida sujeita a risco será de R\$ 5.665 – R\$ 1.855 = R\$ 3.810. Uma vez que a dívida vence em 2 anos e seu valor de face é de R\$ 4.200, sua rentabilidade até o vencimento será de 5,00% aa.

Em seguida, avaliamos a opção composta, uma opção de compra americana cujo preço de exercício é de R\$ 1.800, referente a 30% do preço de exercício (valor da gleba), feita sobre o próprio ativo subjacente - empreendimento (que já é uma opção de compra) -, com prazo de maturidade de dois anos. A árvore de eventos que está por trás desta opção é a árvore de eventos da Figura 18. A figura abaixo apresenta os retornos da árvore de decisão da opção composta.

FIGURA 18 Árvore de eventos do valor do empreendimento – opção de compra

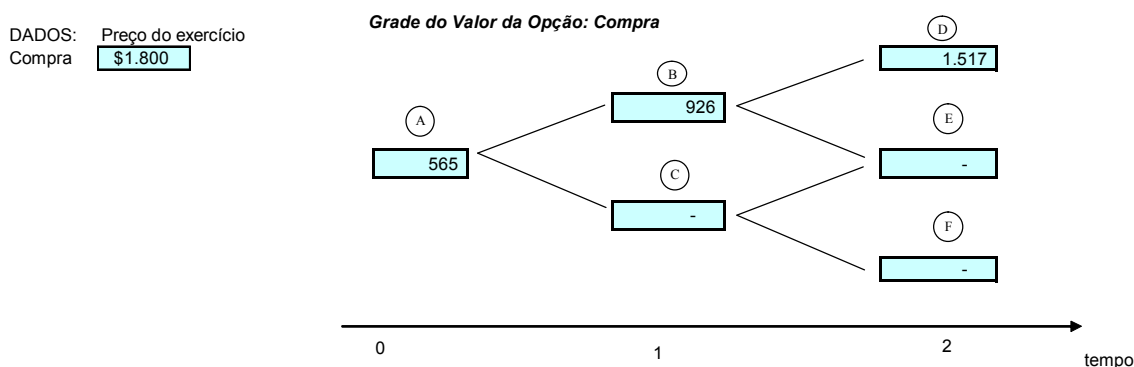


TABELA 14 Retorno nos nós finais – opção de compra

| Nós | Retorno |
|-----|---|
| D | $\text{MAX}(V_{uu} - \text{Compra}; 0)$ |
| E | $\text{MAX}(V_{ud} - \text{Compra}; 0)$ |
| F | $\text{MAX}(V_{dd} - \text{Compra}; 0)$ |
| B | $\text{MAX}(V_u - \text{Compra}; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}))$ |
| C | $\text{MAX}(V_d - \text{Compra}; (p \cdot V_E + (1-p) \cdot V_F) / (1 + \text{riskfree}))$ |
| A | $\text{MAX}(V_0 - \text{Compra}; (p \cdot V_B + (1-p) \cdot V_C) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ |

Resultados:

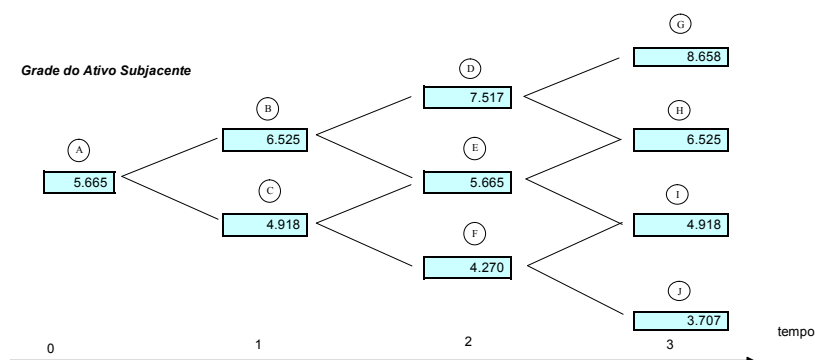
Opção_{compra}: 565

Neste item mostrou-se como aplicar uma abordagem de grade para avaliar uma opção de compra americana dependente do ativo subjacente do empreendimento, que, por sua vez é uma opção de compra sobre o valor do empreendimento. Como ambas as opções estão disponíveis no mesmo intervalo de tempo, a opção da venda dependente do patrimônio é uma opção composta simultânea.

3.4.3.6 Método para Opções Compostas Sequenciais

A abordagem para opções compostas sequenciais para o estudo de caso será realizada em duas etapas, isto é, com duas opções de compra em seqüência. A primeira tem custo de exercício de R\$ 1.800, correspondente a 30% do valor da compra da gleba, o investimento necessário para passar à fase seguinte, no final do ano 1, quando a opção expira. Isto nos permite optar entre abandonar ou continuar, fazendo um investimento adicional. Esta opção tem um custo de exercício de R\$ 4.200, correspondente a 70% do valor da gleba e vence no final do ano 3. Como no item anterior, a árvore de valor do empreendimento terá período de tempo de 3 anos. Utilizaremos essa árvore como ativo subjacente sujeito à risco. Calcula-se o valor do empreendimento em cada um dos nós, onde os retornos dos nós finais são apresentados nas figuras e tabelas abaixo.

FIGURA 19 Grade binomial do ativo subjacente – loteamento no período de 3 anos



A árvore de evento do valor do empreendimento irá se transformar em uma árvore de decisão conforme figura 19 e dados a seguir.

FIGURA 20 Opção composta seqüencial

DADOS:

| | |
|--|---------|
| Preço do exercício da primeira opção = | \$1.800 |
| Vida da primeira opção = | 1 ano |
| Preço do exercício da segunda opção = | \$4.200 |
| Vida da segunda opção = | 2 anos |

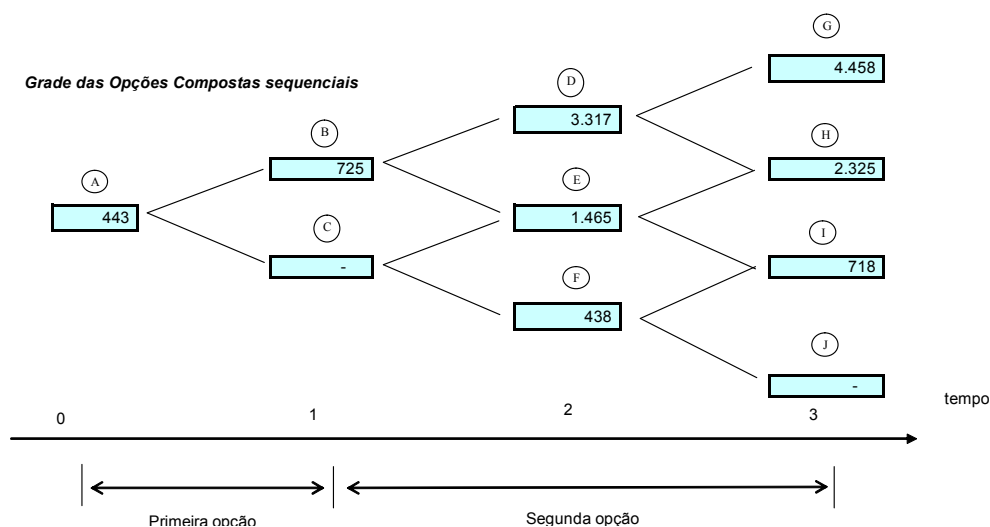


TABELA 15 Retorno nos nós finais na opção composta seqüencial

| Nós | Retorno | Decisão |
|-----|--|---------------------|
| G | $\text{MAX}(V_{uuu} - \text{Investimento_2opção}; 0)$ | Investir |
| H | $\text{MAX}(V_{uud} - \text{Investimento_2opção}; 0)$ | Investir |
| I | $\text{MAX}(V_{udd} - \text{Investimento_2opção}; 0)$ | Investir |
| J | $\text{MAX}(V_{ddd} - \text{Investimento_2opção}; 0)$ | Investir |
| D | $\text{MAX}(V_{uu} - \text{Investimento_2opção}; (p \cdot V_G + (1-p) \cdot V_H) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | Investir |
| E | $\text{MAX}(V_{ud} - \text{Investimento_2opção}; (p \cdot V_H + (1-p) \cdot V_I) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | Investir |
| F | $\text{MAX}(V_{dd} - \text{Investimento_2opção}; (p \cdot V_I + (1-p) \cdot V_J) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | Investir |
| B | $\text{MAX}(V_u - \text{Investimento_1opção}; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | Investir |
| C | $\text{MAX}(V_{uu} - \text{Investimento_1opção}; (p \cdot V_E + (1-p) \cdot V_F) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | Não investir |
| A | $\text{MAX}(X - \text{Investimento_1opção}; (p \cdot V_B + (1-p) \cdot V_C) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ | Manter opção aberta |

$$X = (p \cdot ((p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{Riskfree})) + (1-p) \cdot (p \cdot V_E + (1-p) \cdot V_F) / (1 + \text{Riskfree})) / (1 + \text{Riskfree})$$

Opção_{seqüencial}: 443

Para o nó A, que se situa no momento zero, da Figura 20, pode-se estimar o valor presente da opção composta, reconhecendo que se pode ou manter aberta a primeira opção ou exercê-la a um custo de exercício de R\$ 1.800. Caso seja exercida no momento zero, a primeira opção desencadeia imediatamente (descobre) a segunda opção.

Portanto, passa-se a avaliar a segunda opção no momento zero. Para evitar confusão, a Figura 21 mostra a árvore de valor da segunda opção nos quatros pontos do tempo, mesmo que ela só esteja disponível a partir do final do primeiro período.

FIGURA 21 Árvore de valor para a segunda opção

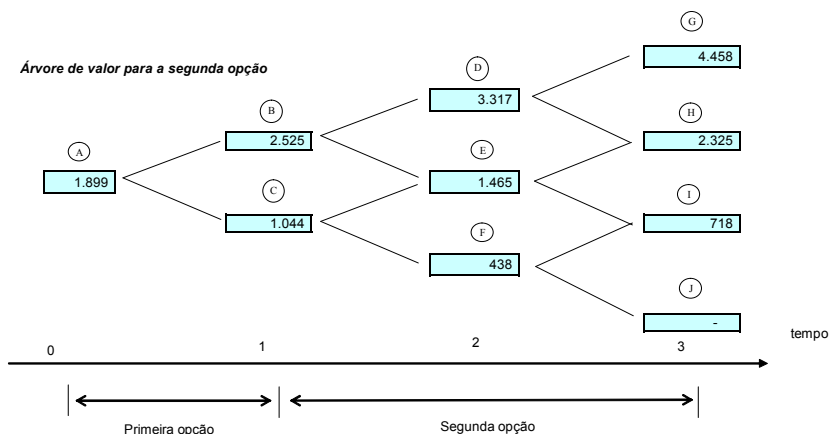


TABELA 16 Descrição dos nós para segunda opção

| Nós | Retorno |
|-----|--|
| G | $\text{MAX}(V_{uuu} - \text{Investimento_2opção}; 0)$ |
| H | $\text{MAX}(V_{uud} - \text{Investimento_2opção}; 0)$ |
| I | $\text{MAX}(V_{udd} - \text{Investimento_2opção}; 0)$ |
| J | $\text{MAX}(V_{ddd} - \text{Investimento_2opção}; 0)$ |
| D | $\text{MAX}(V_{uu} - \text{Investimento_2opção}; (p \cdot V_G + (1-p) \cdot V_H) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ |
| E | $\text{MAX}(V_{ud} - \text{Investimento_2opção}; (p \cdot V_H + (1-p) \cdot V_I) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ |
| F | $\text{MAX}(V_{dd} - \text{Investimento_2opção}; (p \cdot V_I + (1-p) \cdot V_J) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ |
| B | $\text{MAX}(V_u - \text{Investimento_2opção}; (p \cdot V_D + (1-p) \cdot V_E) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ |
| C | $\text{MAX}(V_{uu} - \text{Investimento_2opção}; (p \cdot V_E + (1-p) \cdot V_F) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ |
| A | $\text{MAX}(V_0 - \text{Investimento_2opção}; (p \cdot V_B + (1-p) \cdot V_C) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ |

Para maior clareza, a Figura 22 mostra a árvore de valor para a primeira opção, cujo custo de exercício é de R\$ 1.800 e vence no final do primeiro período. Se exercida, seu retorno é o valor da segunda opção. O valor verdadeiro da primeira opção no momento zero é determinado como se segue na Figura 22.

FIGURA 22 Árvore de valor para a primeira opção

Árvore de valor para a primeira opção

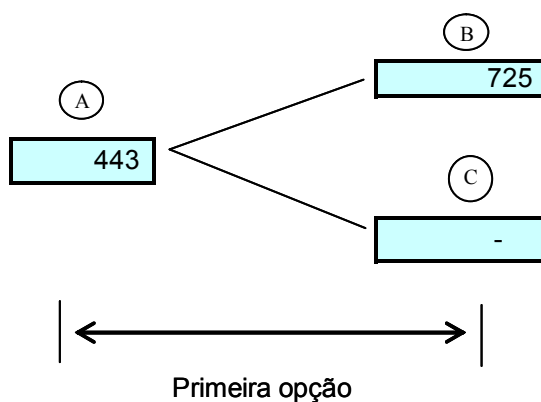


TABELA 17 Descrição dos nós para primeira opção

Retorno nos nós.

| Nós | Retorno |
|-----|---|
| B | $\text{MAX}(V_u - \text{Investimento_1opção}; 0)$ |
| C | $\text{MAX}(V_d - \text{Investimento_1opção}; 0)$ |
| A | $\text{MAX}((p \cdot V_u + (1-p) \cdot V_d) / (1 + \text{riskfree}) - \text{Investimento_1opção}; (p \cdot V_B + (1-p) \cdot V_C) / (1 + \text{riskfree}); 0)$ |

Obs.: V_u e V_d refere-se a 2º opção.

Pode-se inferir que R\$ 443 é o VPL de um projeto que tem o valor presente de R\$ 5.665, hoje, e que exige a realização de dois investimentos – R\$ 1.800 para o

primeiro estágio (fase de venda de 30 % da área da gleba) e R\$ 4.200 para a fase restante (70% da gleba). Se o custo inicial (se houver) for maior que R\$ 443, o projeto será rejeitado; ou então, será levado adiante.

3.4.3.7 Considerações finais

Elaborou-se um conjunto básico de habilidades que incluem não apenas opções simples, como abandono, contração, expansão e adiamento (diferimento), mas também opções compostas, que embora sejam mais complicadas em seu tratamento, são bastante comuns e quase que necessárias para cuidar das opções reais, em muitas situações no mundo real. São modelos simples, confiáveis, flexíveis e adequados aos principais problemas de decisões de investimentos nos projetos de empreendimentos da construção civil.

De modo geral, quando a gerência se confronta com o dilema entre perdas decorrentes da continuação das operações *versus* custo do fechamento, a decisão de fechar é adiada por tempo demais. E, ao se iniciar um projeto, o valor da flexibilidade é subestimado (COPELAND e ANTIKAROV, 2000)

Os resultados obtidos permitem inferir que o emprego de ROA na análise da qualidade do investimento em consideração fornece informações adicionais, e abre novas perspectivas para auxiliar o processo de tomada de decisão, em relação àquelas obtidas exclusivamente pela análise do VPL a partir de FCD. Estas informações podem se constituir em opções estratégicas, com base no uso consciente e deliberado das possibilidades de flexibilidade à disposição do gestor.

4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

O presente capítulo apresenta os resultados do método numérico para resolver opções simples e compostas por intermédio do modelo de grade binomial de ROA para análise da qualidade de investimentos. Procurou-se fundamentar o modelo de ROA no projeto de empreendimento da construção civil por meio da estimativa do valor do lote, utilizando-se tratamento estatístico para geração da receita do loteamento residencial; o custo de implantação da infra-estrutura deste, com sua distribuição por intermédio da curva de agregação de recursos; determinação da taxa de retorno deste empreendimento utilizando-se o método CAPM, fundamentado no cenário brasileiro imobiliário; e a volatilidade de projetos utilizada no modelo de ROA inspirada dos estudos de Bordieri (2004), Lima (2004), Copeland e Antikarov (2001).

Para a estimativa do valor das opções, optou-se por trabalhar com dois parâmetros de entrada: o preço do lote e a volatilidade do empreendimento. Esses parâmetros dificilmente podem ser observados diretamente pelo mercado. Por isso, o valor do preço do lote foi obtido por meio de um tratamento estatístico inferencial que resultou num modelo de regressão linear múltiplo no qual se pode analisar o comportamento do preço do lote no mercado imobiliário da região analisada. O segundo parâmetro se vale do resultado de simulações do preço do lote onde se verificou que a volatilidade do valor do empreendimento é maior que a volatilidade do valor do lote, principal parâmetro de receita do empreendimento. Com estas etapas, pretendeu-se desenvolver um processo mais preciso para obtenção das informações necessárias para o modelo de opções.

Conforme as evidências demonstraram no modelo apresentado de opções verificou-se que a tomada de decisão baseada exclusivamente no resultado do método determinístico tradicional com base em FCD – sem incorporar a flexibilidade e incerteza - culminou em uma análise subestimada do valor do empreendimento, restringindo, por conseguinte, a realização do investimento.

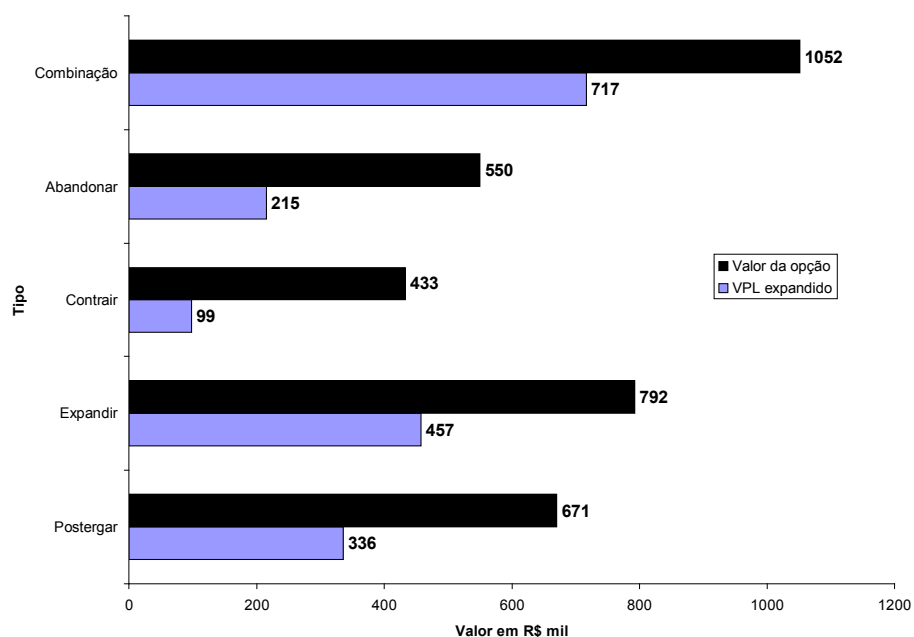
4.1 Resultados

Apresentam-se em seguida os resultados do método numérico para resolver opções simples e compostas. Para a primeira tem-se:

TABELA 18 Resultados das opções simples em R\$ mil

| Tipo | VPL expandido | Valor da opção | Tabela |
|-----------------------|-----------------|----------------|--------|
| Postergar | 336 | 671 | 8 |
| Expandir | 457 | 792 | 9 |
| Contrair | 99 | 433 | 10 |
| Abandonar | 215 | 550 | 11 |
| Combinação | 717 | 1052 | 12 |
| $VPL_{Tradicional} =$ | -335 (Tabela 6) | | |

FIGURA 23 Resultados das opções simples



Como se pode notar, a inclusão de opções presentes no projeto aumentou o valor do empreendimento em relação ao VPL tradicional. Estas evidências corroboram os registros verificados na literatura sobre o tema, isto é, a análise determinística tradicional com base em FCD tem subestimado as flexibilidades gerenciais à disposição do tomador de decisão presentes nos empreendimentos caracterizados por situações de incerteza.

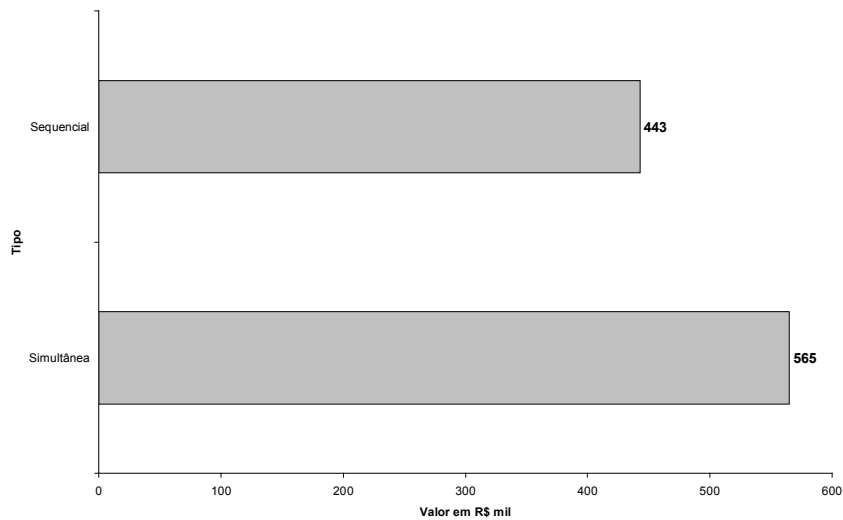
Demonstrou-se que a abordagem do VPL na análise da qualidade de investimentos exige que se considerem mutuamente excludentes decisões que de fato são, enquanto que a ROA proporciona um valor único do empreendimento, uma decisão de ir em frente ou não, e regras de decisão para um comportamento ótimo quando a incerteza se resolve mais adiante.

Para opções compostas tem-se:

TABELA 19 Resultados das opções compostas em R\$ mil

| TIPO | OPÇÃO |
|------------|-------|
| Simultânea | 565 |
| Sequencial | 443 |

FIGURA 24 Resultados das opções compostas



Os dois tipos de opções compostas – descritas de modo pouco rigoroso na forma de opções sobre opções - são as opções compostas simultâneas e seqüenciais. O primeiro tipo teve um exemplo de opção de compra sobre o patrimônio do empreendimento imobiliário, onde o valor do ativo subjacente sujeito a risco da primeira opção, o patrimônio era o valor do próprio empreendimento, e o preço de exercício era o valor da face da dívida. Durante a vida da segunda opção, ambas estão disponíveis simultaneamente, no caso 2 anos. O ativo subjacente sujeito a risco da segunda opção, a opção de compra do empreendimento, era o valor do patrimônio.

No segundo tipo, denominado de opção composta seqüencial, a segunda opção só é criada quando a primeira opção é exercida. Em certo sentido, a primeira opção é, cronologicamente, o direito de compra da segunda opção.

O valor resultante é substancialmente maior do que o tradicional VPL, conforme Perlitz, Peske e Scharank (1999):

- As técnicas do FCD são muito dependentes da taxa de retorno (desconto) aplicada, que são freqüentemente ajustadas ao risco, isto é, conduzem a altos descontos. Na precificação por opções o uso da taxa ajustada ao risco é evitado;
- O efeito da taxa de retorno (desconto) é, além disso, reforçado por longos horizontes de tempo aplicados às decisões de investimento;
- Longos horizontes de tempo permitem mais tempo para reagir às mudanças das condições. Existe a possibilidade de parar o investimento ou investir se os resultados das fases anteriores forem conhecidos. Esse efeito é levado em consideração nas avaliações das opções reais, mas não no cálculo tradicional do VPL com base em FCD;
- A alta volatilidade do valor das saídas influencia positivamente o valor da opção, porque grandes retornos podem ser gerados, mas pequenos retornos podem ser evitados pela reação em forma de mudanças de cursos de ação conforme as mudanças das condições. Já no cálculo do VPL, altas volatilidades conduzem a um prêmio de risco na taxa de desconto e, então, a um menor VPL.

4.2 Parâmetros e Dados de Entrada

No modelo proposto de valoração da opção do investimento usado neste trabalho, utilizou-se o modelo binomial para precificação de opções desenvolvida por Cox, Ross e Rubinstein (1979).

A planilha, no entanto, exige o fluxo de caixa tradicional – investimento + receita líquida do fluxo - para calcular σ_v , mas é claro que ela pode ser simplificada para uma entrada externa do valor desse parâmetro. Utilizaram-se valores aleatórios do preço dos lotes, gerados por meio do aplicativo *Crystal Ball*.

O valor da opção (ou oportunidade) de investimento é o valor econômico de um empreendimento considerando-se a flexibilidade gerencial embutida nessa oportunidade.

4.3 Aspectos Técnicos de ROA na Construção Civil

A teoria das opções tem sua origem na área de finanças. Sua utilização em ambiente de ativos reais da construção civil requer estudos adicionais, entre os quais:

- O preço do ativo subjacente (S) resultou da modelagem por meio da análise de regressão, tratamento estatístico que determina dependência de uma variável – Preço do Terreno – referente à receita do empreendimento;
- Dados históricos para determinação da volatilidade de projetos de empreendimentos (σ_v) de ativos reais normalmente não se encontram disponíveis no mercado imobiliário. Foi usada a modelagem probabilística e estocástica para a determinação da volatilidade no âmbito de empreendimentos na construção civil, por meio de simulações de Monte Carlo, gerando dados aleatórios por meio do aplicativo *Crystal Ball*;
- Conforme Costa Lima e Suslick (2006), o valor da volatilidade é relevante na teoria da precificação de uma opção real, porque um aumento na volatilidade do empreendimento aumentará o valor da opção de investimento. Portanto, a abordagem tradicional de se assumir que a volatilidade do valor do empreendimento seja igual ao da *commodity*, no presente trabalho o preço do lote, tende a subestimar o verdadeiro valor da volatilidade do valor do empreendimento. Como resultado, a opção de investimento será subestimada e poderá levar o gestor a investir prematuramente;
- Para Bordieri (2004), a metodologia proposta para determinação da volatilidade do empreendimento representa uma contribuição por ser um processo simples e eficiente, que fornece subsídio para aprimoramento dos

processos de cálculo em avaliação moderna de investimentos. A importância da simplicidade é facilitar o entendimento e aplicabilidade do método. E a maior precisão de avaliação de volatilidade está relacionada diretamente à qualidade dos processos de decisão por meio da ROA, para o qual a volatilidade do empreendimento é um parâmetro de entrada fundamental, com influência predominante nos resultados obtidos na valoração de empreendimentos;

A limitação da volatilidade do empreendimento é que ela está baseada em simulações numéricas, cujos resultados foram obtidos para uma amostra limitada, em função dos dados disponíveis. Estes resultados não podem ser estendidos de maneira genérica para aplicação direta na análise de outros empreendimentos com diferentes parâmetros, sendo necessário fazer uma análise específica para cada caso, assim obter estimativas menos imprecisas dos valores prováveis para σ_v de cada empreendimento em particular.

O modelo escolhido de grades binomiais permitiu que, além do aprofundamento e detalhamento teórico, fosse possível uma análise do caso escolhido, onde foi exposta a possibilidade de enriquecer e complementar científica e tecnicamente, por meio da modelagem por regressão linear da receita e determinação da volatilidade do empreendimento.

4.4 Considerações Finais

Um ponto importante ao selecionar os empreendimentos que serão avaliados pelo modelo de opções reais é verificar se determinadas características necessárias ao projeto de investimento se fazem presentes. A utilização do modelo de opções reais se torna necessária, segundo Amra e Kulatilaka (1999), quando um ou mais dos seguintes critérios se fazem presentes: (a) existe uma decisão de investimento contingente; (b) a incerteza é alta o bastante para que o adiamento do investimento até que se tenham mais informações possa ser necessário, evitando o gasto em investimento irreversível

(*sunk costs*); (c) o valor do empreendimento é capturado em grande parte pela opção de possíveis expansões em vez de fluxos de caixa esperados; (d) a incerteza é grande o bastante de forma a tornar a flexibilidade de investir uma importante consideração; (e) existirão renovações no empreendimento e correções de estratégia ao longo de seu ciclo de vida.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta pesquisa propôs um modelo para avaliação e tomada de decisão de investimentos em empreendimentos da construção civil. A proposição baseou-se na revisão de literatura apresentadas no capítulo 2 e 3, bem como nos resultados obtidos nos estudos empíricos de opções reais. Este capítulo apresenta as conclusões do trabalho e sugere evoluções no campo de pesquisa embasadas nos resultados obtidos até o momento. Apresenta-se a resposta à questão de pesquisa formulada e uma síntese das contribuições é oferecida antes de se recomendarem novas oportunidades de pesquisa futura.

5.1 Conclusões

O modelo proposto apresenta uma maneira simples e direta para se analisar a qualidade de investimentos no setor da construção civil por intermédio de opções reais, utilizando-se ferramentas computacionais disponíveis no mercado, permitindo incluir inúmeras fontes de incerteza e analisar diversos tipos de opções reais simultaneamente sem tornar o método demasiadamente complexo. Isto é feito por meio da modelagem do empreendimento utilizando-se árvores binomiais, e incorporando as flexibilidades gerenciais e valoração da oportunidade de investimento em larga escala. Os resultados obtidos permitem concluir que esta metodologia, a exemplo de outros setores da

economia, também pode vir a ser uma alternativa viável para o problema da análise da qualidade de investimentos no setor da construção civil, acoplando-se atributos de flexibilidade gerencial no processo de tomada de decisão em ambientes incertos.

Como fora constatado na revisão de literatura, o estudo de viabilidade do empreendimento objeto do estudo de caso realizado por meio da teoria das opções reais também sugeriu valores superiores do empreendimento em relação ao da análise tradicional com base em FCD. Não se pode afirmar, entretanto, que a utilização da ROA é isenta de falha e viés, devendo esta ser vista como mais uma importante ferramenta no processo de tomada de decisão e valoração de investimentos. Caberá à administração das empresas, portanto, considerar ou não esta nova abordagem que permite valorar os efeitos intangíveis da flexibilidade gerencial em situações de incerteza.

A intenção relevante da teoria das opções reais é determinar o valor das opções de flexibilidade à disposição do gestor. Uma vez determinado seu valor, pode-se decidir sobre os diferentes graus de flexibilidade a serem incorporados a um empreendimento. Desta forma, migra-se de uma perspectiva estática de avaliação para um ponto de vista dinâmico na concepção de produtos na construção civil.

Um desafio recorrente para auxílio às tomadas de decisões estratégicas na construção civil é conceber modelos refinados de fluxos de caixa com base em FCD. A incorporação de uma visão de ROA ofereceu informações adicionais sobre o empreendimento em análise em relação aos resultados obtidos pelo VPL tradicional e sem flexibilidade. Portanto, pode-se inferir que é recomendável combinar os métodos para que o gestor adquira uma perspectiva mais abrangente sobre o valor do empreendimento.

A valoração das opções de flexibilidade é muito relevante nos casos de empreendimentos com VPL próximo de zero, e que normalmente seriam rejeitados pelos critérios tradicionais com base em FCD. A incorporação de estratégias de flexibilidade possibilita que empreendimentos previamente classificados como inviáveis se transformem em oportunidades a serem exploradas sob uma ótica de opções reais. Há percepção intuitiva dos gestores sobre o valor do uso de estratégias de flexibilidade,

porém ainda há pouca estruturação metodológica e conceitual para sua incorporação nas fases iniciais de um empreendimento, especialmente no setor da construção civil.

Conforme MacMillan e Putten (2004), muitos decisores em razão dos rumos e finanças da empresa questionam, com certa razão, porque trocar o modelo do FCD pelas opções reais. Pretende-se contrapor que com esta abordagem integrada (FCD + ROA) pode-se adotar uma postura mais proativa na alocação de investimentos.

Mesmo simplificado, o modelo utilizado nesta pesquisa de um projeto de empreendimento de loteamento na construção civil possibilitou assimilar informações complementares e estratégicas em relação ao valor do empreendimento. A teoria das opções reais mostra que a incorporação de opções de flexibilidade nos estágios iniciais, e não finais do empreendimento onde as incertezas já se dissiparam, pode se transformar em importante fator estratégico, valendo-se de uma visão dinâmica de oportunidades a serem exploradas. Assim, a incerteza pode ser explorada de maneira favorável se constituindo em oportunidade de negócio. A aplicação da teoria das opções reais ainda é incipiente na construção civil, havendo necessidade da concepção de um referencial mais robusto e abrangente para a disseminação em larga escala de aplicações no setor.

5.2 Considerações Adicionais

Para que a avaliação espelhe a realidade e a complexidade dos projetos de crescimento da empresa é recomendável se integrar às duas abordagens - ROA e FCD - pois permitiria ao decisor captar o valor considerável de se poder abandonar um empreendimento mal-sucedido antes de se efetuar grandes investimentos.

Usualmente, vêem-se na prática muitos analistas já incorporando os conceitos de opções intuitivamente na avaliação de investimentos. Estratégias que consideram opções de adiamento, expansão ou abandono de empreendimentos, por exemplo, são comuns na prática e por vezes não são guiadas somente pelo método de FCD, mas sim por considerações subjetivas ou de “expertise” do analista. É importante, todavia,

estabelecer uma cultura empresarial de forma a quantificar essas opções com base em critérios objetivos e seguros, percebendo as incertezas mais relevantes e sabendo utilizá-las a seu favor, de forma a proporcionar um uso deliberado e efetivo da flexibilidade gerencial.

A ROA, conforme Costa Lima e Suslick (2006) pode ser superior às análises convencionais de qualidade de investimento como o VPL desde que sejam consideradas as seguintes características comuns em muitos empreendimentos:

- que muitos investimentos são no mínimo em parte irreversíveis, significando, no caso de insucesso nos empreendimentos, a corporação não poder recuperar seu investimento por meio da venda dos ativos físicos e intangíveis;
- que a incerteza nos valores futuros dos componentes do fluxo de caixa pode agregar valor ao empreendimento em contraponto à visão tradicional na qual o futuro incerto reduz o VPL, pois atribui um prêmio de risco alto para a taxa de retorno (desconto);

Embora muito tenha sido dito a respeito do poder da teoria de opções reais aplicada à análise da qualidade de investimentos, o Brasil carece de trabalhos que venham a validar a sua utilização, principalmente no ramo de empreendimentos da construção civil. É necessário que ela seja mais difundida tanto no meio corporativo como acadêmico.

O resultado deste estudo não deve ser extrapolado para a avaliação de investimentos em geral, pelo fato de ser restrito a um único caso – loteamento residencial, não sendo ainda possível generalizar os resultados obtidos. De qualquer forma, o estudo apresentado se constitui em uma contribuição para a utilização de modelo de opções reais em um espectro mais amplo, de forma a auxiliar os tomadores de decisões de investimentos na seleção de empreendimentos na construção civil.

5.3 Seqüência do Trabalho

É necessário determinar o impacto que a incorporação da flexibilidade exerceria nos conceitos tradicionais de desenvolvimento de produtos de construção civil. Sendo assim, sugerem-se:

- A incorporação de estratégias de flexibilidade e adaptabilidade espacial nas habitações pode evitar intervenções na fase de uso (BRANDÃO; HEINECK, 2003). Estratégias para aumentar a flexibilidade normalmente resultam em custos adicionais de concepção, porém podem eliminar necessidades de custos futuros demandadas por mudanças (SLAUGHTER, 2001). Estudos nesta área são incipientes, com destaque para trabalho recente com referencial em opções reais investigando (1) o valor da flexibilidade para mudança de uso de uma edificação, e (2) o risco de se empregar um sistema de ventilação natural, com possibilidade de se alternar para um sistema tradicional de condicionamento de ar (GREDEN, 2005);
- Na manufatura, um sistema flexível proporciona diversas opções para a gestão relacionada ao aumento ou diminuição da capacidade de produção, e conversões entre produtos e materiais (BENGTSSON, 2001). Na construção civil ainda não é comum se utilizar atributos de flexibilidade em sistemas de produção como oportunidade de diferenciação (CARVALHO; FENSTERSEIFER, 1996). Koskela (2000) classifica o aumento de flexibilidade gerencial como um dos princípios que compõem o conceito de fluxo de produção, e, em estudo recente, Gil et al. (2005) procuram incorporar flexibilidade em empreendimentos complexos reconhecendo sua importância para assimilação de mudanças e incertezas. Neste contexto, a teoria de opções reais pode servir de referencial para determinação do valor da incorporação de flexibilidade em sistemas de produção da construção civil, justificando seu investimento.

Diversos caminhos são seguidos por estas pesquisas para se obter embasamento na afirmação de que o planejamento está diretamente relacionado aos

resultados da produção. Com base nas observações empíricas e nas evidências oferecidas nesta pesquisa, pode-se inferir que o uso desta modelagem de valoração de opções em empreendimentos da construção civil pode contribuir para o aumento da valoração e das oportunidades de negócios neste ramo de atividade.

6 REFERÊNCIAS

ABNT. **Norma Técnica - ABNT: 14653-2: Avaliação de bens Parte 2: Imóveis urbanos.** Rio de Janeiro, 2004.

AKERLOF, G.A. The market for lemons: Qualitative uncertainty and the market mechanism **Quarterly Journal of Economics**, v. 84, p. 488-500, november 1970.

AMATO, F.B.; MONETTI, E. **Arbitragem de valor: Conceitos para Empreendimentos de Base Imobiliária** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, 2001. 13 p. BT/PCC/308.

AMRAM, M., KULATILAKA, N. **Real Options: Managing Strategic Investment in an uncertain world** Boston: Harvard Business School Press, 1999.

ASSAF NETO, A. **Contribuição ao estudo da avaliação de empresas no Brasil: uma aplicação prática.** Ribeirão Preto (SP), 2004. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo.

BALARINE, O.F.O. Contribuição metodológica ao estudo de viabilidade econômico-financeiras das incorporações imobiliárias *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP*, XVII., 1997, Gramado. , 1997.

BARBANCHO, A.G. **Fundamentos e possibilidades da Econometria** Boston: Forum, 1970. v. Trad.Sérgio Monteiro de Jaracajá.

BARBOSA, L.S. **Viabilidade econômica em investimento no mercado imobiliário: gerenciamento de risco e Opções Reais** Rio de Janeiro, 2005. Dissertação - Engenharia Industrial, PUC Rio.

BELLEZA FILHO, S.D.O. Fundos de investimento imobiliário rev.2002 2005.
www.lares.org.br/sys/trab/belleza.htm. Acesso em: março.

BENGTSSON, J. Manufacturing flexibility and real options: a review **International Journal of Production Economics**, v. 74, p. 213-224, 2001.

BERTÉ, R.S. Análise de riscos em empreendimentos habitacionais: Um estudo de caso com permuta do terreno por área construída *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, XIII, 1993, Florianópolis. , 1993. p. 703-708.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities **Journal of Political Economy**, p. 637-659, mai-jun 1973.

BORDIERI, C.A. **Um método quantitativo para estimativa da volatilidade de projetos de produção de petróleo** Campinas, 2004. 153 f. Dissertação de mestrado - Faculdade de Engenharia Mecânica e Instituto de Geociência, UNICAMP.

BRANDÃO, D.Q.; HEINECK, L.F.M. Significado multidimensional e dinâmico de morar: compreendendo as modificações na fase de uso e propondo flexibilidade nas habitações sociais. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 4, p. 35-48, 2003.

BREALEY, R.B.; MYERS, S.C. **Principles of corporate finance** 6. ed. : _Irwin McGraw-Hill, 2000.

BRENNAN, M.J.; SCHWARTZ, E.S. Evaluating Natural Resource Investment **Journal of Business**, v. 58, n. 2, p. 135-157, 1985.

BUCHANAN, L.; O'CONNELL, A. Uma breve história da tomada de decisão **Harvard Business Review**, p. 20-29, janeiro 2006.

CAPOZZA, D; LI, Y. The Intensity and Timing of Investment The Case of Land. **American Economic Review**, n. 84, p. 889-904, sep 1994.

CARVALHO, K. Controle de riscos, **Construção Mercado**, São Paulo, n. 39, p. 38-41, out. 2004.

CARVALHO, M.S.; FENSTERSEIFER, J.E. Discussão sobre o conceito de flexibilidade na manufatura aplicado ao subsetor edificações da indústria da construção civil *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, XVI., 1996, Piracicaba/SP. **Anais**, 1996, p. 1-7.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções Reais - Um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos** Rio de Janeiro: Campus, 2001. 611 p.

- COSTA LIMA, G.A. **Uma Proposta de Uso da Teoria da Preferência e das Opções Reais em Projetos de Exploração e Produção de Petróleo** Campinas, 2004. 228 f. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, UNICAMP.
- COSTA LIMA, G.A.; SUSLICK, S.B. Estimating the volatility of selected oil projects **Journal of Petroleum Science & Engineering**, v. 54, p. 129-139, 2006.
- COSTA LIMA, G.A.; SUSLICK, S.B. Estimating the volatility of mining projects considering price and operating cost uncertainties **Resources Policy**, v. 31, p. 86-94, 2006.
- COSTA LIMA, G.A.; SUSLICK, S.B. Estimativa da volatilidade de projetos de bens minerais **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 59, p. 37-46, 2006.
- COX, J.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. Option Pricing: a simplified approach **Journal of Financial Economics**, n. 7, p. 229-264, october 1979.
- CUNNINGHAM, C.R. House price uncertainty, timing of development, and vacant land prices: Evidence for real options in Seattle **Journal of Urban Economics**, n. 59, p. 1-31, 2006.
- DAMODARAN, A. **Avaliação de investimentos: Ferramentas e Técnicas para a Determinação do Valor de Qualquer Ativo** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 1997. 648 p.
- DE NEUFVILLE, R. **Architecting/designing engineering systems using real options**. Engineering Systems Division: Massachusetts Institute of Technology, 2002. 11 p. WP-2—3-01.09.
- DEZEN, F.J.P. **Opções Reais Aplicadas à Escolha de Alternativa Tecnológica para o Desenvolvimento de Campos Marítimos de Petróleo** Campinas, 2001. 84 f. Dissertação de mestrado - Faculdade de Engenharia Mecânica e Instituto de Geociências, UNICAMP.
- DIAS, M.A.G. **Investimento sob incerteza em exploração e produção do petróleo** Rio de Janeiro, 1996. 470 f. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, PUC Rio.
- DIXIT, A.K.; PINDYCK, R.S. **Investment under Uncertainty** Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1994. 468 p.

DIXIT, A.; PINDYCK, R. The Options Approach to Capital Investment **Harvard Business Review**, p. 105-115, mai-jun 1995.

FISHER, I. **The Nature of Capital and Income** New York: Macmillan, 1906.

FISHER, I. **The Rate of Interest: Its nature, determination and relation to economic phenomena** New York: Macmillan, 1907.

FREITAS, A.A.; ALBERTON, A.; LUZ, P.P. Análise econômica comparativa de aluguel, incorporação e exploração como hotel de empreendimentos turísticos nas praias da Ilha de Santa Catarina - Florianópolis *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO-ENEGEP, XV., 1995, São Carlos. : **Anais**, 1995. p. 12-18.

GENTRY, D.W.; O' NEIL, T.J. **Mine investment analysis** New York: Society of Mining Engineer AIME, 1984. 502 p.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa** 4 ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2002. 175 p.

GIL, N.; TOMMELEIN, I.D.; STOUT, A.; GARRETT, T. Embodying product and process flexibility to cope with challenging project deliveries **Journal of construction engineering and management**, v. 131, n. 4, p. 439-448, 2005.

GREDEEN, L. **Flexibility in building design: a real options approach and valuation methodology to address risk** Massachusetts, USA: Massachusetts Institute of Technology, 2005. 259 p.

GUJARATI, D.N. **Econometria Básica** 3 ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2005. 846 p.

HEINECK, L.F. Curvas de agregação de recursos no planejamento e controle de edificação - Aplicações a obras e a programas de construção 1990. [http: www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx](http://www.infohab.org.br/biblioteca_resultado.aspx).

HENRY, C. Option Values in the Economics of Irreplaceable **Review of Economics Studies**, n. 41, p. 89-104, jan 1974.

HOESLI, J.; HAMELINK, F. Diversification of Swiss portfolios with real estate: results based on a hedonic index **Journal of Property Valuation & Investments**, v. 14, p. 59-76, 1996.

HULL, J.V. **Introduction to Futures & Option Markets** 2 ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1995. 262 p.

INGERSOLL, J.E.; ROSS, S.A. Waiting to Invest: investment and uncertainty **Journal of Business**, v. 65, n. 1, p. 1-29, jan 1992.

JOHNSTON, J. **Métodos Econométricos** São Paulo: Editora Atlas, 1986. 318 p.

JORION, P. **Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk** São Paulo: BM & F, 1998.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction** Espoo, Finland, 2000. 297 f. Thesis (Doctorate in Technology) - Helsinki University of Technology.

KOUTSOYINANNIS, A. **Theory of econometric: an introductory exposition of econometric methods** 2 ed. : Harper & Row Publishers, 1977.

LUEHRMAN, T.A. investment opportunities as real options: getting started on the numbers **Harvard Business Review**, p. 51-67, jul/aug 1998.

MACKMIN, D. Valuation of real estate in global markets **Property Management**, v. 17, n. 4, p. 353-368, 2000.

MACMILLAN, I.C.; PUTTEN A.B.V. Making Real Options Really Work **Harvard Business Review**, v. Tool Kit, p. 134-141, dec 2004.

MANSFIELD, J.R. Investment potential within the residential private rented sector **Property Management**, v. 18, n. 1, p. 34-45, 2000.

MATOS, O.C. **Econometria Básica** São Paulo: Editora Atlas, 1995. 293 p.

MCDONALD, R.; SIEGEL, D. The Value of Waiting to Invest **Quarterly Journal of Economics**, p. 707-727, nov. 1986.

MEDEIROS, P.Y. **Aplicação de Opções Reais no Mercado Imobiliário Residencial com Enfoque na Cidade do Rio de Janeiro** Rio de Janeiro, 2001. Dissertação - Departamento de Economia, PUC Rio.

MERTON, R.C. **Continuous - Time Finance** Cambridge, MA: Blackwell Publisher Inc., 1990. 734 p.

MINARDI, A.M.A.F. **Teoria de Opções Reais aplicada a Projetos de Investimento** São Paulo: Editora Atlas, 2004. 135 p.

MITTAL, G. **Real Options Approach to Capacity Planning Under Uncertainty** 2004. 138 f. Master of Science in Civil and Environmental Engineering - Departament of Civil and Environmental Engeneering, MIT - Massachusetts Institute of Techology.

- MONTEIRO, R.G. **Contribuição da abordagem de avaliação de opções reais em ambientes econômicos de grande volatilidade - Uma ênfase no cenário latino-americano** São Paulo, 2003. 193 f. Dissertação de Mestrado - FEA, USP.
- MYERS, S.C. Using simulation and financial strategy **Midland corporate finance journal**, v. 5, n. 1, p. 6-13, 1977.
- NATENBERG, S. **Option Volatility & Pricing: Advance Trading Strategies and Techniques** : MacGraw-Hill, 1994. 468 p.
- NEWNAN, D.G.; LAVELLE, J.P. **Fundamentos de Engenharia Econômica** Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000. 359 p.
- NG, F.P.; BJORNSSON, J.C. Using real option and decision analysis to evaluate investments in the architecture, construction and engineering industry **_Construction Management and Economics**, n. 22, p. 471-482, jun 2004.
- PERLITZ, M.; PESKE, T; SCHRANK, R. Real option valuation: the new frontier in R&D project evaluation? **R&D Management**, v.29, n.3, p.255-269, 1999.
- PINDYCK, R. Irreversibility, Uncertainty and Investment **Journal of Economic Literature**, n. 28, p. 1110-1148, 1991.
- QUIGG, L. Empirical Testing of Real Options Pricing Models **The Journal of Finance**, v. 48, n. 2, p. 621-639, jun 1993.
- RAMIREZ, N. **Valuing Flexibility in Infrastructure Developments: The Bogota Water Supply Expansion Plan** 2002. 226 f. Master of Science in Technology and Policy - Engeneering Systems Division, MIT - Massachusetts Institute of Techology.
- ROCHA, K.M.C. **Três Ensaio sobre a Metodologia de Apreçamento de Ativos utilizando Opções Reais** Rio de Janeiro, 2006. Doutorado - Engenharia Industrial, PUC Rio.
- ROCHA LIMA JR, J. **Análise de investimentos: Princípios e Técnicas para Empreendimentos do Setor da Construção Civil** São Paulo: Boletim Técnico - Escola Politécnica da USP, 1993. TT/PCC/06.
- _____ **Fundamentos de Planejamento Financeiro para o Setor da Construção Civil** São Paulo: Boletim Técnico - Escola Politécnica da USP, 1995. TT/PCC/11.

_____ **Decidir sobre Investimentos no Setor da Construção Civil** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP: Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1998. BT/PCC/200.

ROLL, R.; ROSS, S. On the cross sectional relation between expected returns and betas **Journal of Finance**, v. 49, n. 1, mar 1994.

ROSS, S.A.; WESTERFIELD, R.W.; JAFFE, F.J. **Administração Financeira** São Paulo: Society of Mining Engineer AIME, 1999.

SAMANEZ, C.P. **Análise e gestão de projetos de investimentos: uma aplicação da teoria de opções em projetos de exploração de recursos naturais** São Paulo, 1994. 142 f. Tese de Doutorado - EAESP, Fundação Getúlio Vargas.

SANTOS, E.M. **Um estudo sobre a Teoria das Opções Reais aplicada à Análise de Investimentos em Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)** Itajubá, 2001. 163 f. Dissertação de Mestrado - Engenharia de Produção, Escola Federal de Engenharia de Itajubá.

SCRIBNER JR, D. A new standard for conducting highest and best use studies of income-producing properties in the USA and the UK **Journal of Property Valuation & Investments**, v. 15, n. 5, p. 466-478, 1997.

SILVA NETO, L.A. **Opções: Do Tradicional ao Exótico** 2 ed. São Paulo: Editora Atlas, 1996.

SLAUGHTER, E.S. Design strategies to increase building flexibility **Building Research & Information**, v. 29, n. 3, p. 208-217, 2001.

STERMOLE, F.J.; STERMOLE, J.M. **Economic evaluation and investment decision methods** 8 th ed. New York: Society of Mining Engineer AIME, 1993. 479 p.

TAM, C.S.; YIU, C.Y. Rational under-pricing in bidding strategy: a real option model **Construction Management and Economics**, n. 24, p. 475-484, may 2006.

TITMAN, S. Urban Land Prices Under Uncertainty, **The American Economic Review**, v.75, n. 3, june, 1985.

TRIGEORGIS, L. **Real options: managerial flexibility and strategy in resource allocation** Cambridge, MA: The MIT Press, 2000. 427 p.

TRIGEORGIS, L. **Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation** Cambridge, MA: MIT Press, 1996. (Capítulo 9.)

VARALLA, R. **Planejamento e Controle de Obras** 1 ed. ed. São Paulo: Em nome da Rosa, 2003. 118 p.

WILLIAMS, J. Real Estate Development as an Option **Journal of Real Estate Finance**, v. 4-2, p. 191-208, 1991.

YIN, R.K. **Estudo de Caso - Planejamento e Métodos** 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212 p.

ZELMANOVITZ, L. Os fundos imobiliários como veículos de investimento *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES-AVALIAR 2000, II., 2000, São Paulo. : **Anais**, 2000.

APÊNDICES

APÊNDICE I - ESTIMATIVA DO VALOR DO TERRENO SEGUNDO A ABNT – NBR 14653-2

Econometria é o ramo da Economia que trata da mensuração de relações econômicas, isto é, relações entre variáveis de natureza econômica (KOUTSOYINANNIS, 1977)

A Econometria é, na verdade, uma combinação de teoria ou outro raciocínio *a priori* com matemática e estatística, com o objetivo de dar conteúdo empírico às formulações teóricas da Economia (MATOS, 1995)

Os objetivos da Econometria são, conforme Koutsoyiannis (1977):

- A verificação de teorias econômicas;
- A avaliação de políticas econômicas e;
- A previsão de valores futuros de variáveis de natureza econômica.

Em linhas gerais, a metodologia econométrica tradicional vai pelo caminho a seguir, conforme Gujarati (2005):

1. Formulação da teoria ou da hipótese;
2. Especificação do modelo matemático da teoria;
3. Especificação do modelo econométrico da teoria;
4. Obtenção de dados;
5. Estimativa dos parâmetros do modelo econométrico;
6. Teste de hipótese;

7. Previsão ou predição;
8. Utilização do modelo para fins de controle ou política

De modo geral, a palavra *modelo* pode ser entendida como uma representação simplificada da realidade, estruturada de forma tal que permita compreender o funcionamento total ou parcial dessa realidade ou fenômeno.

Temos como modelo linear geral a Equação 11:

$$Y_i = b_0 + b_1 X_{1j} + b_2 X_{2j} + \dots + b_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad \text{Equação 11}$$

Onde $i = 1, 2, \dots, n$ e $j = 0, 1, 2, \dots, k$, ε_i resíduo do modelo, sendo n o tamanho da amostra e k o número de variáveis explicativas (X) e Y é a variável explicada. O modelo tem, portanto, $k + 1$ parâmetros.

A formulação das hipóteses sobre o comportamento da realidade, as quais são derivadas diretamente de uma teoria econômica e/ou da observação direta do mundo real (MATOS, 1995).

Para Johnston (1986), a teoria econômica consiste no estudo de vários grupos ou conjuntos de relações, que se supõe possam descrever o funcionamento de uma parte ou de todo um sistema econômico. A finalidade do trabalho econométrico é estimar essas relações *estatisticamente*, e esse processo empírico de testar e medir relações econômicas é um passo essencial para a aquisição do conhecimento econômico.

Faz-se, nesse trabalho, um levantamento de todas as características físicas e locacionais, com o objetivo de identificar, preliminarmente, as possíveis variáveis responsáveis pela formação dos preços de bens (terreno) de mesma natureza, no mercado (imobiliário) que se pretende explicar.

Na pesquisa em campo procurou-se encontrar informações de terrenos em oferta no mercado imobiliário, para conhecer os lotes entorno da gleba e seu contexto urbano. Levantou-se uma amostragem representativa com características semelhantes aos lotes predominantes na região da gleba analisada que possa interferir no valor do bem. Adotaram-se nessa fase, aspectos observáveis de variáveis representativas dessa

amostra, como variável dependente¹⁶ o preço unitário de terreno (R\$/m²) praticado no mercado e como variáveis independentes¹⁷ as respectivas características físicas (área do terreno e sua topografia – plano ou inclinado), locacionais (localizado em rua principal ou secundária) e econômicas (época da pesquisa).

Para especificar o modelo matemático ilustrado por Gujarati (2005) para a pesquisa, tem-se:

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X \quad \text{Equação 12}$$

Em que Y = preço do terreno e X = área do terreno, e em que β_1 e β_2 , conhecidos como parâmetros do modelo, são, respectivamente, os coeficientes de intercepto e declividade. Utilizamos, no caso, um modelo linear simples em que a área do terreno se relaciona linearmente com o seu preço. Esse modelo de regressão simples está sendo usado para possibilitar, de forma didática, a compreensão do modelo utilizado no estudo de caso que será um modelo de regressão múltipla.

A literatura sugere diversos métodos para estimar os parâmetros de um modelo econométrico. Os principais são os métodos dos mínimos quadrados e o método de máxima verossimilhança. O objetivo da estimativa pelo método dos mínimos quadrados, adotado nesse trabalho, é o de obter a estimativa dos parâmetros β_n a partir de uma amostra de valores de Y_i e X_i de modo que os erros ou resíduos sejam mínimos. Onde β_n se constitui nos parâmetros de magnitudes que permanecem constantes no âmbito de um fenômeno concreto, Y_i é a variável dependente ou explicada que recebe influência de outras variáveis X_i conhecidas como variáveis independentes, de causa ou exógenas, que afetam a variável dependente, cujo comportamento se deseja explicar (MATOS, 1995).

A avaliação da estimativa de um modelo, além da verificação de sua consistência teórica, envolve a mensuração do grau de confiabilidade em termos probabilísticos, sem o que não se conhecerá sua validade para decisões e/ou previsões.

¹⁶ É aquela afetada ou explicada pelas variáveis independentes, isto é, variam de acordo com as mudanças nas variáveis independentes.

¹⁷ São aquelas que afetam a variável dependente, mas não precisam estar relacionada entre si.

Os modelos econômicos, no sentido referido, podem ser puramente teóricos ou econométricos. Os modelos teóricos são aqueles que expressam leis econômicas sem necessariamente conter a especificação efetiva da forma matemática nem a enumeração exaustiva das variáveis que o compõem (BARBANCHO, 1970).

A pesquisa abrangeu 17 (dezessete) elementos comparativos, coletados entre os dias **15/03/07 a 23/03/07**, constantes da Tabela 20.

TABELA 20 Pesquisa de lotes

| Lotes | Área | @Loc | @Top | @Tem | Unitário |
|-------|------|------|------|------|----------|
| 1 | 330 | 1 | 2 | 2 | 177,27 |
| 2 | 1430 | 1 | 2 | 2 | 138,46 |
| 3 | 1183 | 1 | 2 | 2 | 152,16 |
| 4 | 300 | 1 | 2 | 2 | 186,67 |
| 5 | 370 | 2 | 2 | 2 | 218,92 |
| 6 | 498 | 2 | 2 | 2 | 207,83 |
| 7 | 360 | 2 | 1 | 2 | 175 |
| 8 | 360 | 2 | 2 | 2 | 187,5 |
| 9 | 360 | 2 | 2 | 1 | 195 |
| 10 | 440 | 2 | 2 | 1 | 147,27 |
| 11 | 372 | 1 | 2 | 1 | 145,16 |
| 12 | 1430 | 1 | 2 | 1 | 125,87 |
| 13 | 272 | 1 | 2 | 1 | 142,28 |
| 14 | 283 | 1 | 2 | 1 | 133,57 |
| 15 | 440 | 1 | 2 | 1 | 132,95 |
| 16 | 250 | 1 | 2 | 1 | 120 |
| 17 | 770 | 1 | 2 | 1 | 140,26 |

Define-se agora, com base na teoria econômica ou na observação direta da realidade, o sentido de variação de cada variável explicativa. Isso é traduzido no modelo pelo sinal associado a cada parâmetro. Se o efeito da variável for direto, o sinal esperado será positivo. No caso de impacto inversamente proporcional, esperar-se-á sinal negativo.

Desse modo, com base no comportamento dessas variáveis no mercado imobiliário temos:

VARIÁVEIS INDEPENDENTES OU EXPLICATIVAS¹⁸

1 - V_1 = área do terreno = variável quantitativa em m^2

À medida que aumenta a área do terreno, diminui o valor unitário.

2 - V_2 = @loc = variável qualitativa binária

@loc = 2 (Localização Privilegiada)

@loc = 1 (Localização Secundária)

Esta variável dicotômica @loc relaciona à localização do terreno pesquisado, sendo loc = 2 para lotes localizados em vias principais ou com boa valorização imobiliária, e loc = 1 para localizados em vias secundárias ou com baixa valorização imobiliária. Situação de valorização na questão espacial física.

3 - V_3 = @top = variável qualitativa binária

@top = 2 (topografia plana)

@top = 1 (topografia inclinada)

Esta variável dicotômica @top representa na região uma variável importante porque ela valoriza quando a topografia plana é mais valorizada porque dispensa a movimentação de terra na topografia inclinada.

4 - V_4 = @temp = variável qualitativa binária

@temp = 2 (preço dos lotes amostrais atuais)

@temp = 1 (preço dos lotes amostrais anterior)

Variável dicotômica relacionada à data em que os elementos comparativos pesquisados foram coletados, sendo temp = 1 para coletados em outubro de 2005 e temp = 1 em março de 2007. Situação de tendência temporal esperada de valorização.

VARIÁVEL DEPENDENTE OU EXPLICADA

5 - Unitário = valor de mercado unitário do lote em $R\$/m^2$, isto é, o valor de venda pela área do lote.

¹⁸Segundo Matos (1995), é variável que afetam as variáveis dependentes, cujo comportamento se deseja explicar.

Os 17 elementos pesquisados e as 3 variáveis independentes e a variável dependente, propiciaram o encontro de equação lógica explicativa do comportamento do mercado imobiliário, por meio de tratamento matemático de determinação dos coeficientes pelo método de estimação não tendenciosa dos Mínimos Quadrados, e após várias simulações adotamos o modelo que apresentou maior correlação e passou em todos os testes estatísticos.

O objetivo da estimação pelo método dos mínimos quadrados é o de obter estimativas dos parâmetros, a partir de uma amostra dos valores Y e X's, de modo que os erros ou resíduos sejam mínimos.

$$\ln(\text{Unitário}) = +4,602531651 - 0,0001225332424 * \text{Área de Terreno} + 0,1733969922 * @loc + 0,1985914392 * @temp$$

Equação 13

A teoria econômica, conforme Matos (1995), em geral, informa pouco sobre a forma funcional mais adequada a ser usada na especificação de um modelo econométrico. Ademais, não existe nenhuma regra prática para a solução do problema. Na verdade, cada pesquisador decide pela escolha da forma específica dos modelos que formula.

Nesse sentido, foi escolhida a forma logarítmica da variável dependente – preço do lote – porque essa variável, no mercado imobiliário, sempre tem valor positivo, no mínimo, o valor venal municipal.

A distribuição lognormal tem se mostrado bastante aderente a dados imobiliários, uma vez que os preços observados abrangem apenas o campo dos reais positivos, que coincide com o mesmo intervalo de variação desta distribuição. Isso garante a positividade dos valores esperados, fato é que não ocorre quando se trabalha com a distribuição normal.

Consideraram-se os lotes com topografia plana, uma vez que os custos de urbanização foram considerados no movimento de terra (pesado).

Toda avaliação é uma estimativa porque não existe avaliação exata. E, como o valor é obtido de uma função que incorpora um erro aleatório, o valor é também uma variável aleatória. Assim, o máximo que se consegue é afirmar, com determinada probabilidade, que o valor está dentro de determinados limites, isto é, a probabilidade

de o verdadeiro valor do parâmetro populacional estar nele contido. Esta estimação é feita geralmente utilizando-se a distribuição t *Student*.

A distribuição t de *Student* é utilizada quando se deseja inferir sobre as médias populacionais com desvio-padrão desconhecido; sua aplicação só merece credibilidade quando há indícios favoráveis à normalidade da população de onde provém a amostra.

Conforme Tabela 3 do item 9.2.2 da NBR 14653-2: 2004 admite-se um intervalo de confiança máximo de 80 %, ou uma significância mínima de 20 %:

Adotamos os seguintes dados para as variáveis independentes do imóvel avaliando: V1 (área de lote) = 350m², V2 (LOC) = 1 (secundária) e V3 (TEMP) = 2 (Valor atual)

Limite inferior = R\$ 159,19/m², superior = R\$ 181,24/m² e valor médio = R\$ 169,86/m²

Temos o valor médio do modelo de regressão = R\$ 169,86 /m², enquanto o valor de cada lote = R\$ 169,86 /m² x 350m² = R\$ 59.451,00.

Análise do modelo de regressão

Para avaliar a confiabilidade estatística da estimativa de um modelo é usado fundamentalmente os testes F e t, que envolvem respectivamente as distribuições F e t de *Student*.

Com relação ao teste F, que tem por objetivo verificar a significância estatística do efeito conjunto das variáveis explicativas de um modelo, o escore que traduz a evidência amostral é denominado estatístico F. Neste caso, o nível de significância admitida é de 1 % ou 5 % ou 10 % conforme item 7 da Tabela 1 do item 9.2.1 da NBR 14653-2:2004.

Quanto ao teste t que tem a finalidade de afirmar se o efeito de uma variável ou a contribuição do termo constante para compor a variação da variável dependente, é ou não aceitável em termos de confiabilidade. Neste caso, o nível de significância admitida é de 10 % ou 20 % ou 30 % conforme item 6 da Tabela 1 do item 9.2.1 da NBR 14653-2:2004, para um maior rigor ao trabalho adotamos 10%.

A Análise de Variância do Teste de Significância do Modelo se fez por meio da Distribuição “F” de *Fischer-Snedecor*, com significância (incerteza) máxima de 1% (testebicaudal) aonde chegamos a um F observado = 14,89 (significância de 0,01) = 1%

Para o cálculo da probabilidade de bi (regressores) = 0 - Teste “t” de *Student* tem como condição de probabilidade máxima = 10% para as significâncias dos regressores conforme Tabela 21.

TABELA 21 Significância das variáveis.

| Regressores | Equação | T-Observado | Sig. |
|--------------------|----------------|--------------------|-------------|
| Área do terreno | x | -1,86 | 8,51 |
| @Loc | x | 3,14 | 0,78 |
| @Temp | x | 3,19 | 0,18 |

Os regressores acima foram importantes na formação do modelo e rejeitou-se a hipótese de que sejam nulos, aceitando-se a hipótese de que sejam diferentes de zero, ao nível de significância (incerteza) de 10%. Por outro lado, o regressor da topografia apresentou acima de 10%.

Nas relações entre as variáveis, temos o resultado obtido por meio da análise das correlações entre as variáveis independentes rejeitadas a hipótese de haver colinearidade entre elas, Tabela 22.

TABELA 22 Correlação entre variáveis

| Correlações entre variáveis | Isoladas | Influência |
|------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Área do terreno | | |
| @Loc | -0,3 | 0,07 |
| @Temp | 0,12 | 0,47 |
| Unitário | -0,34 | 0,46 |
| @Loc | | |
| @Temp | 0,29 | 0,31 |
| Unitário | 0,7 | 0,66 |
| @Temp | | |
| Unitário | 0,66 | 0,74 |

Na análise dos resíduos, uma das condições mais importantes para se verificar a qualidade da estimação realizada é por meio da análise de resíduos. Em princípio um bom modelo é aquele que produz resíduos pequenos, com sinais positivos e negativos, dispostos em forma aleatória, e que sua média seja zero.

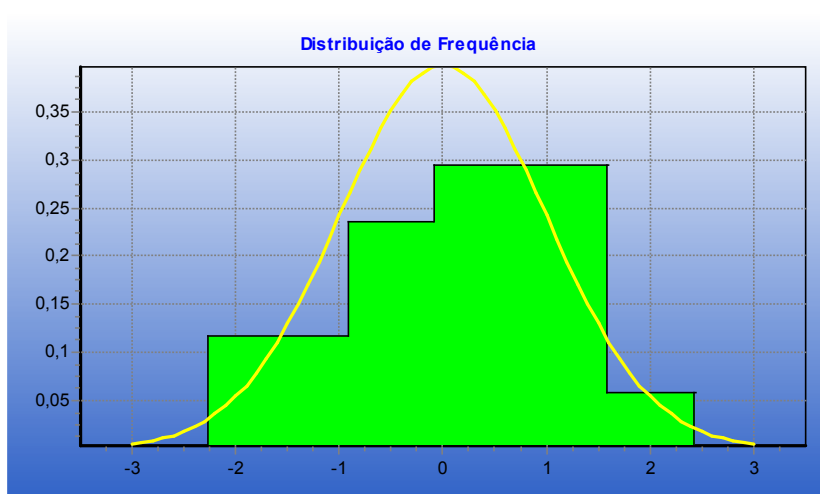
A análise dos resíduos do modelo linear incorpora apenas uma variável explicativa que não é útil para análise de fenômenos complexos, isto é, dependentes de muitos fatores. A consequência disso é que os resíduos e os parâmetros estimados do modelo refletirão todas as imperfeições decorrentes dos erros entre o modelo proposto e a realidade:

- 69% dos resíduos situados entre -1 e $+1 \sigma$
- 91% dos resíduos situados entre $-1,64$ e $+1,64 \sigma$
- 100% dos resíduos situados entre $-1,96$ e $+1,96 \sigma$

Não foram observados resíduos com *outliers* múltiplos de dois desvios padrão.

Examinando o gráfico dos resíduos padronizados, Figura 24, foi constatado que os dados pesquisados tiveram comportamento normal no mercado imobiliário, ou seja, todos os dados passaram no teste de sequência.

FIGURA 25 Gráfico de distribuição de resíduos



FONTE: Aplicativo SISREG.

ANÁLISE DO RESULTADO:

- A análise do modelo inferido (equação de regressão) mostra que o valor estimado y (valor total) revela-se coerente em função das variáveis utilizadas, crescendo com a diminuição do valor numérico da variável at (área de terreno) e crescendo em caso positivo da variável $@loc$ e $@temp$;
- O modelo apresentou coeficientes de correlação de 0,8801078 e de determinação de 0,77745897, ou seja, 77,74% da variável do valor (Y) poderia ser explicada pelas variáveis escolhidas, restando 22,25% não explicados atribuídos a eventuais erros de informação, medidas e a variáveis que embora influenciando na formação do valor, não foram consideradas ou não foram suficientemente fortes para se destacarem. O coeficiente de determinação mede o grau de explicação do modelo para com o comportamento de um fenômeno observado por meio das variáveis integrantes da equação de regressão;
- O coeficiente de correlação múltipla $R = 0,8801078$ indica uma correlação “forte” entre a variável dependente e as variáveis independentes;
- Os regressores área do terreno, $@loc$ e $@temp$ foram submetidos e rejeitados no teste de Hipótese Nula ao nível de significância máxima de 5% (bilateral 10%) previsto na Norma anteriormente referida, encontrando os níveis de significâncias de 8,51%, 0,78% e 0,18%, portanto menores que 10%.
- Os diversos valores de “ y_i ” foram tirados de pesquisas independentes entre si, coletados em locais diferentes, condição que normalmente o mercado imobiliário já atende, portanto, a aleatoriedade de “ y_i ” pode ser considerada real;
- A análise individual (condições *ceteris paribus*) da coerência das variáveis consideradas no modelo inferido indica:

Modelo: $\ln(\text{Unitário}) = +4,602531651 - 0,0001225332424 * \text{Área de Terreno} + 0,1733969922 * @loc + 0,1985914392 * @temp$

Equação 14

Na prática trabalha-se com modelos lineares ou linearizáveis, por facilidade no cálculo das estimativas das médias e facilidade de interpretação. Os modelos linearizáveis são aqueles que podem ser transformados em lineares pela simples transformação nas escalas das variáveis envolvidas.

$$\text{Unitário} = \text{Exp}[+4,602531651 - 0,0001225332424 * \text{Área de Terreno} + 0,1733969922 * @loc + 0,1985914392 * @temp]$$

Equação 15

$$\text{Unitário} = 99,73649 \times 0,99988^{\text{Terreno}} \times 1,18934^{@Loc} \times 1,21968^{@temp}$$

Equação 16

Na análise dos resultados obtidos com a estimação do modelo, são normalmente considerados o sinal e a magnitude dos parâmetros. Portando, baseado no modelo inferido, o Valor Unitário do Terreno:

- 1) Diminui a uma taxa de 0,012 % por área de terreno;
- 2) Aumenta 18,93 % pelo fato de estar numa localização privilegiada e valorizou em 21,97 % em relação a ultima pesquisa. As datas de pesquisa foram: outubro de 2005 e março de 2007, compreendendo 18 meses. Resultando: uma valorização mensal de terrenos de 1,109 %.

APÊNDICE II - DETERMINAÇÃO DA VOLATILIDADE DO PROJETO.

No modelo de estimativa da volatilidade do empreendimento, o primeiro passo é montar o fluxo de caixa por meio da projeção de custo, preço, produção, etc.

Determinamos o desvio padrão por meio do modelo de regressão adotado, onde a variância residual s^2 mede a dispersão entre os valores observados e os estimados de Y (variável dependente). Utilizou-se a Equação 14, do apêndice I, para o cálculo abaixo.

$$s^2 = \frac{\sum (Y - Y_i)^2}{n - k - 1}$$

Equação 17

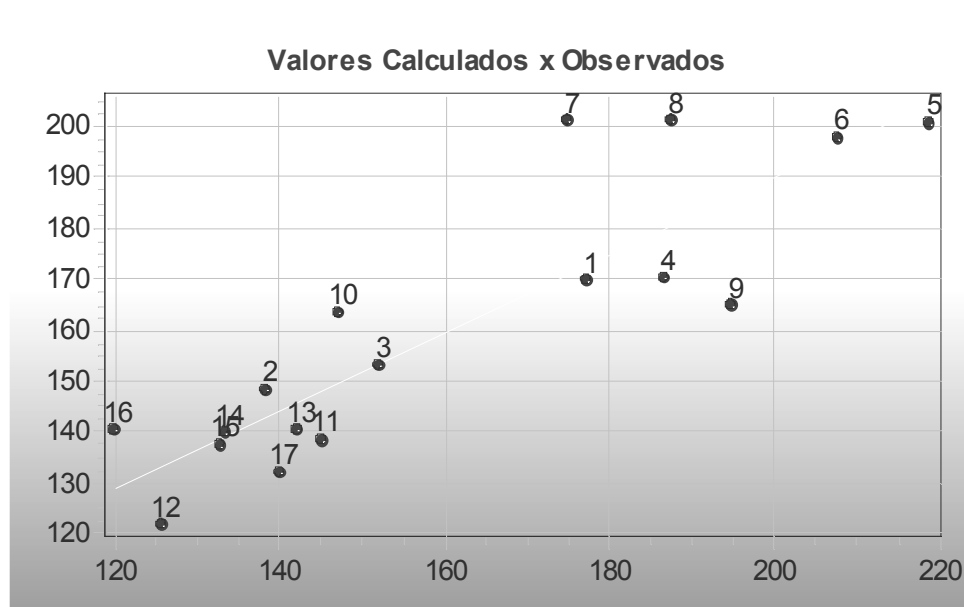
Onde $(n-k-1)$ é o número de graus de liberdade do estimador de mínimos quadrados da variância amostral s^2 . A raiz quadrada de s^2 é denominada pelo desvio padrão da estimativa, determinado conforme Tabela 23. Dados obtidos da inferência estatística, no Apêndice I, do modelo de regressão múltipla para estimação do valor do lote.

TABELA 23 Determinação do desvio padrão

| Item | Valor observado-Y | Valor observado-Yi | $Y - Y_i$ | $(Y - Y_i)^2$ |
|-------|-------------------|--------------------|-----------|---------------|
| 1 | 195,00 | 164,64 | 30,36 | 921,73 |
| 2 | 175,00 | 200,81 | -25,81 | 666,16 |
| 3 | 120,00 | 140,31 | -20,31 | 412,50 |
| 4 | 218,92 | 200,57 | 18,35 | 336,72 |
| 5 | 186,67 | 170,09 | 16,58 | 274,90 |
| 6 | 147,27 | 163,04 | -15,77 | 248,69 |
| 7 | 187,50 | 200,81 | -13,31 | 177,16 |
| 8 | 207,83 | 197,45 | 10,38 | 107,74 |
| 9 | 138,46 | 148,10 | -9,64 | 92,93 |
| 10 | 140,26 | 131,65 | 8,61 | 74,13 |
| 11 | 177,27 | 169,46 | 7,81 | 61,00 |
| 12 | 145,16 | 138,23 | 6,93 | 48,02 |
| 13 | 133,57 | 139,74 | -6,17 | 38,07 |
| 14 | 125,87 | 121,42 | 4,45 | 19,80 |
| 15 | 132,95 | 137,08 | -4,13 | 17,06 |
| 16 | 142,28 | 139,93 | 2,35 | 5,52 |
| 17 | 152,16 | 152,65 | -0,49 | 0,24 |
| Total | 160,36 | 159,76 | | 3.502,37 |

| | |
|--------------|-------|
| N= | 17 |
| K= | 3 |
| $\sigma_p =$ | 16,41 |

FIGURA 26 Gráfico Valor observado x calculado



FONTE: Aplicativo SISREG

Conforme Bordieri (2004) para determinação da volatilidade do empreendimento (σ_v), foram realizadas simulações nos modelos de comportamento de preços, na planilha de fluxo de caixa que geram os possíveis resultados para o VPL do empreendimento. A simulação de Monte Carlo, conforme Costa Lima (2004) é uma ferramenta que permite incorporar incertezas econômicas, financeiras e técnicas à estimativa de volatilidade de retorno do empreendimento. Adotou-se a metodologia proposta por Copeland e Antikarov (2001), conforme o Teorema de Samuelson que considera a volatilidade como a dispersão das amostras dos resultados de investimento em relação ao valor esperado, avaliado, pela hipótese, como o desvio-padrão dos logaritmos naturais do quociente dos valores dos empreendimentos (VPL) em dois instantes consecutivos de tempo conforme Equação 18.

$$\sigma_v = \sqrt{Var \left[\ln \left(\frac{VPL_1}{VPL_0} \right) \right]} \quad \text{Equação 18}$$

onde o denominador é o valor presente do empreendimento no ano zero. O numerador é o valor presente do fluxo de caixa do empreendimento tempo 1, acrescido do fluxo de caixa do projeto do ano zero atualizado para o tempo 1.

Avaliação e Análise de dados

Após a coleta de dados, procedeu-se à análise, cálculos e interpretação dos mesmos, o que permitiu a assimilação do confronto entre a teoria e a prática, com informações levantadas no decorrer da revisão da literatura (teorias), embasadas em autores que abordam temas sobre análise de investimentos, métodos VPL e opções reais.

A Tabela 24 mostra a planilha de fluxos de caixa esperados ao longo da vida do projeto de empreendimento do loteamento residencial.

TABELA 24 Determinação do VPL em R\$ mil

| Ano | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Preço unitário - R\$/m ² | | | 169,86 | 169,86 | 169,86 | 169,86 |
| Receita | | | 5.096 | 5.096 | 5.096 | 5.096 |
| Custo-infra estrutura | | 3.147 | 1.399 | | | |
| despesas c/ITBI, publ. e vendas | | | 408 | 408 | 408 | 408 |
| COFINS e PIS | | | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Resultado oper. bruto | | -3.147 | 3.256 | 4.655 | 4.655 | 4.655 |
| custos para CS/IR | | - | 1.952 | 1.952 | 1.952 | 1.952 |
| resultado liquido antes de IR/CS | | - | 3.144 | 3.144 | 3.144 | 3.144 |
| CS sobre o lucro | | - | 283 | 283 | 283 | 283 |
| resultado antes do IR | | - | 2.861 | 2.861 | 2.861 | 2.861 |
| IR | | | 472 | 472 | 472 | 472 |
| Fluxo de caixa livre | | -3.147 | 2.502 | 3.900 | 3.900 | 3.900 |
| CAPM (15,96%aa) | | 0,160 | 0,160 | 0,160 | 0,160 | 0,160 |
| Fator de desconto | | 0,862 | 0,744 | 0,641 | 0,553 | 0,477 |
| VP do fluxo de caixa livre | | -2.714 | 1.860 | 2.501 | 2.157 | 1.860 |
| VP do projeto | 5.665 | | | | | |

Utilizou-se a como incerteza, a estimativa dos preços unitários na segunda linha da planilha.

Determinação da volatilidade do empreendimento

As simulações de Monte Carlo foram desenvolvidas em planilhas eletrônicas comuns, como a *Microsoft Excel*, e com o auxílio de ferramenta desenvolvido especialmente para essa finalidade, software *Crystal Ball 7.3.1*, desenvolvido pela empresa americana *Oracle*.

Adequou-se o processo da estimativa da volatilidade conforme Copeland e Antikarov (2001), seguindo os seguintes passos no aplicativo *Crystal Ball*:

PASSO 1: Com o preço médio encontrado na avaliação do terreno determinado por inferência estatística no apêndice anterior, no valor de R\$ 169,86 com desvio padrão de 10% (isto é, R\$ 16,41). Selecionou-se a distribuição logarítmica normal, porque os preços dos lotes nunca ficarão negativos e porque combinações de distribuições desse tipo são elas próprias logarítmicas normais.

PASSO 2: Correlacionou-se os preços dos lotes com coeficiente de auto correlação de 90%. Isto quer dizer que erros positivos elevados no preço do primeiro

período de tempo serão muito possivelmente seguidos por erros positivos no segundo período. A autocorrelação significa dependência temporal dos valores sucessivos dos erros, ou seja, os erros são correlacionados entre si (MATOS, 1995).

PASSO 3: Passa-se a definir a variável de previsão cuja distribuição será simulada no programa de Monte Carlo. O desvio padrão das variações percentuais do valor do projeto de um período para o seguinte será seguido pela Equação 19

$$Z = \ln\left(\frac{VP_1 + FCF_1}{VP_0}\right)$$

Equação 19

O valor de VP_0 é mantido constante do projeto e inserindo-se as variáveis no valor presente do período 1 conforme Equação 20.

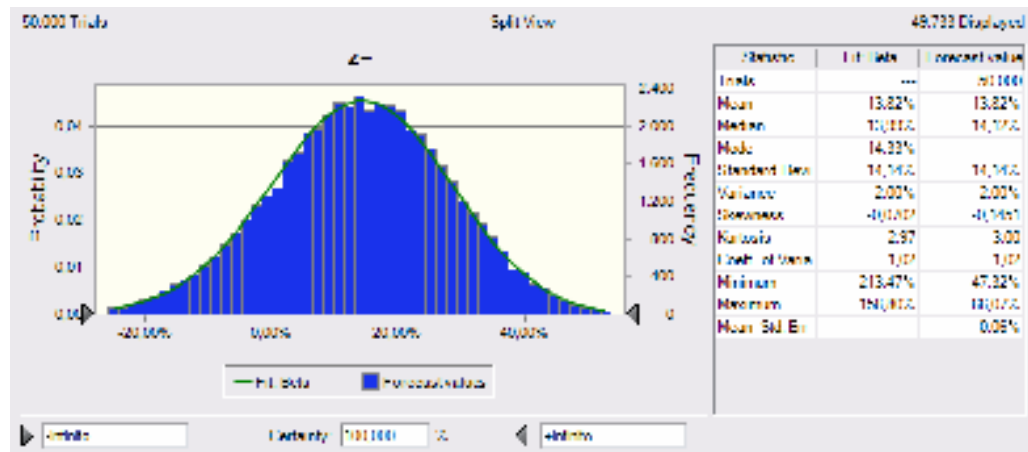
$$VP_1 = \sum_{t=2}^5 \frac{FCF_t}{(1 + WACC)^{t-1}}$$

Equação 20

Mais o fluxo de caixa do período 1, FCF_1 no numerador. E a Equação 19 será utilizada no programa Monte Carlo para gerar um resultado em cada extração aleatória.

PASSO 4: Adotou-se o número de 50.000 iterações que o programa *Crystal Ball* repete e calcula na planilha o resultado da formula X, estima-se, então, seu desvio - padrão que pode ser usado como estimativa da volatilidade do empreendimento (σ_v).

FIGURA 27 Interface da planilha do Cristal Ball com resultados da simulação



Adotou-se como estimativa de volatilidade do projeto de empreendimento na construção civil de $\sigma_v = 14,14\%$.

APÊNDICE III - DETERMINAÇÃO DA TAXA DE DESCONTO

Qualquer avaliação da qualidade de investimento através de fluxo de caixa descontado envolve pelo menos dois componentes básicos: fluxo de caixa projetado e o custo de capital a ser utilizado no desconto do fluxo. O resultado é extremamente sensível ao custo de capital, deste modo, deve ser o mais condizente com o risco do projeto.

Em termos econômicos, conforme Assaf Neto (2004) o custo de capital da empresa é um custo de oportunidade, e representa a taxa de retorno da melhor proposta de investimento disponível de forma alternativa à proposta em consideração, de risco similar. É importante ressaltar que a empresa não estabelece seu próprio custo de capital. Com maior rigor, a empresa avalia os fundamentos do mercado e o risco da decisão financeira para formar seu custo de capital. O termo custo de capital é muitas vezes exprimido de diferentes formas, como sendo a taxa mínima de atratividade, taxa de retorno requerida (mínima exigida), custo total de capital, taxa de desconto apropriada, entre outras. De alguma forma, essas expressões refletem a função primordial discutida do custo de capital: de servir de padrão para o processo de análise e tomada de decisões financeiras.

O fluxo de caixa projetado do projeto de loteamento, utilizado nessa pesquisa, consiste em seu valor mais provável. A possibilidade de que o fluxo de caixa difira de seu valor mais provável é levada em conta na taxa de desconto. Quanto maior o risco, ou seja, quanto maior a divergência possível em relação ao valor mais provável, maior deverá ser o custo de capital considerado. Neste trabalho a taxa considerada para o

desconto dos fluxos de caixa de investimento – no caso, o empreendimento de loteamento urbano – é aquela que reflete o custo do capital empregado para tal empreitada. Tanto a taxa de desconto como a taxa de retorno corresponde ao custo do capital que a empresa deve obter em seus investimentos para manter seu valor de mercado inalterado. Há dois caminhos para se descontar o fluxo de caixa do empreendimento: através da taxa WACC (*Weighted Average Cost Of Capital*) ou CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) (ASSAF NETO, 2004).

De acordo com Luehrman (1998), o método do Custo Médio Ponderado do Capital – WACC - ou fluxo de caixa da empresa se tornou padrão para avaliar ativos em orçamento de capital. O método desconta fluxos de caixa da empresa (fluxos de caixa líquido de imposto de renda que seriam gerados se a empresa fosse financiada totalmente por capital próprio) pelo custo médio ponderado de capital, o WACC – que corresponde à média ponderada da remuneração exigida pelos diversos provedores de capital (acionista e credores) e considera o efeito fiscal da dívida, isto é, é a média ponderada dos custos de capital próprio e de terceiros. Entende-se por capital próprio o patrimônio líquido da empresa e por capital de terceiros as dívidas.

O modelo de precificação de ativos financeiros – CAPM -, criados pelos professores Henry Markowitz e William Sharpe, ganhadores do Prêmio Nobel de Economia em 1990, é a ferramenta utilizada para projetar o custo de capital próprio, superior ao custo de capital de terceiros em condições macroeconômicas de estabilidade e de equilíbrio de políticas econômicas, pois os proprietários da empresa serão os últimos a recolherem fundos residuais, em caso de falência.

O modelo mais citado para estimar a taxa de desconto ajustada ao risco (R_i) dos fluxos de caixa do empreendimento financiados somente com capital próprio é o CAPM (Brealey e Myers, 2005). É o modelo de precificação de ativos que estabelece uma relação linear entre risco e retorno. Considera que os investidores são racionais e trabalharão diversificados, não correndo, portanto o risco não sistemático, e exigindo retorno apenas pelo risco sistemático:

$$R_i = R_f + \beta (R_m - R_f) \quad \text{Equação 21}$$

onde, R_i = Retorno esperado do título ou custo de capital do ativo i ; R_f = Taxa de retorno do ativo livre de risco; $R_i - R_f$ é o prêmio de risco de investir no ativo i ; R_m é a

taxa de retorno da carteira de mercado. A carteira de mercado é formada por todos os ativos do mercado de capitais. Os retornos da carteira teórica da Bovespa é uma média *proxy* dos retornos da carteira que represente o mercado; $[R_m - R_f]$ = prêmio pelo risco de mercado; β = Beta do ativo, função da relação entre os retornos do ativo i e os retornos da carteira de mercado m . O coeficiente β mede o risco sistemático do ativo i ; quanto maior o β maior também será o retorno requerido do ativo i .

O modelo CAPM oferece uma metodologia atrelada ao conceito de diversificação do risco para relacionar o retorno esperado de um ativo individual (WACC da empresa ou retorno do empreendimento individual) ao risco da carteira que representa o mercado (risco não-diversificável), baseado na correlação existente entre o retorno de um ativo e o retorno do mercado como um todo. Ele mostra que o retorno esperado de um ativo depende de três fatores, que são o valor puro do dinheiro no tempo, medido pela taxa livre de risco (R_f), a recompensa por assumir o risco sistemático, medido pelo prêmio por risco da carteira de mercado e o nível de risco sistemático, medido pelo coeficiente beta (β) (ROLL; ROSS, 1994).

Quanto ao risco, o ativo pode ser dividido em duas partes: risco sistemático ou não diversificável e risco não sistemático ou diversificável. Risco sistemático ou não diversificável é aquele que afeta um grande número de ativos, em maior ou menor grau. É também conhecido como risco de mercado ou risco comum. O risco não sistemático ou diversificável é aquele que afeta um único ativo ou um pequeno grupo de ativos. Também é conhecido como risco específico (ROLL; ROSS, 1994).

O coeficiente beta (β) indica o risco sistemático que um ativo possui, em relação ao mercado. O valor de um ativo com beta igual a 1 tende a subir e descer na mesma proporção que o mercado. Ativos com beta menor que 1 tendem a variar percentualmente menos do que o mercado, e ativos com coeficiente beta maior que 1 tendem a valorizar e desvalorizar mais do que o mercado. O ativo livre de risco tem beta igual a zero. Assim, o retorno esperado de um ativo pode ser calculado conforme a Equação 21 (ROLL; ROSS, 1994).

No Brasil, o índice geralmente tomado como base para designar o mercado é o da Bolsa de Valores do Estado de São Paulo (BOVESPA). É o índice que melhor retrata a economia brasileira, de vez que a BOVESPA concentra 90% dos negócios do

país e seu cálculo observa grande rigor metodológico, permitindo tanto avaliações de curtíssimo prazo, como observações de expressivas séries de tempo e possui série histórica mais antiga (desde janeiro de 1968).

O coeficiente beta é calculado através da regressão dos retornos sobre o ativo para o qual se deseja calcular a rentabilidade esperada (R_i) em comparação com os retornos de mercado (R_m), conforme Equação 22.

$$\beta = \frac{COV(R_i, R_m)}{\sigma_m^2} \quad \text{Equação 22}$$

onde σ_m^2 é a variância dos retornos de mercado (IBOVESPA).

O CAPM, o risco de qualquer ativo, real ou financeiro, é definido pela parcela do risco sistemático e valorado pelo índice beta do ativo. Essa afirmação se baseia na hipótese de que o investidor diversifica seus investimentos de modo a eliminar ou minimizar o risco diversificável. Mas, em se tratando de investimento imobiliário, devido ao alto capital necessário para o investimento, nem sempre o investidor pode diversificar. Quanto ao cálculo do índice beta, para ações, os preços são coletados de dados históricos e as rentabilidades são calculadas em uma base periódica, e é feita então uma regressão desses retornos de ações contra os retornos de um índice de ações ao longo do mesmo período (DAMODARAN, 1999).

No conceito teórico, um ativo livre de risco (*risk free rate*) é aquele em que o investidor sabe exatamente o valor que receberá ao final do prazo de vencimento. Não haver incerteza quanto ao valor a ser recebido pressupõe, portanto um desvio padrão de retorno do ativo igual à zero. Temos, no Brasil, três possíveis aproximações de taxa livre de risco, que são o retorno do Certificado de Depósito Interbancário (CDI), retorno da Caderneta de Poupança e Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP). Não utilizaremos a TJLP pela dificuldade de determinação do retorno porque é uma taxa antecipada e determinada trimestralmente e fixada pelo Conselho Monetário Nacional/BACEN.

Adotou-se no presente trabalho, a metodologia do CAPM porque a fórmula do WACC só deve ser aplicada como taxa de desconto de projetos que sejam cópias dos negócios da empresa. Além disso, deve ser tomado o devido cuidado quanto à política de financiamento, mesmo que para um determinado projeto, a empresa financie 90%

de todo o capital necessário. Para calcular o WACC deve-se considerar a relação entre dívidas e capital próprio de toda a empresa, e não o específico de um projeto.

Retorno em investimentos imobiliários

Para a apuração da taxa de desconto adequada para projetos de empreendimentos da construção civil será utilizada a rentabilidade do Índice Setorial de *Real Estate* (IRE) divulgado pelo Núcleo de *Real Estate* da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

O IRE é calculado, com periodicidade mensal, através de informações históricas disponibilizada pela BOVESPA de compra e venda de ações de empresas de *real estate*. O índice é a somatória das ponderações, quantidade de títulos transacionados multiplicado pelo preço médio verificado no mês de referência, das ações integrantes do índice, dividida pela somatória da ponderação correspondente aos preços praticados no mês anterior, conforme Equação 23.

$$IRE_K = \frac{\sum_{k=1}^N P_k * Q_k}{\sum_{k=1}^n P_{k-1} * Q_k} . IRE_{k-1}$$

Equação 23

Onde: IRE_k = índice setorial de real estate no momento [k] e IRE_{k-1} no momento [k-1];

n = número total de ações que compõem no universo das empresas de real estate;

P_k = preço médio de transação no mês [k] de cada ação do universo e P_{k-1} no momento [k-1];

Q_k = quantidade de títulos transacionados no mês [k], referente a cada ação do universo.

Estimando a rentabilidade, taxa livre de risco e o nível de risco sistemático.

A rentabilidade é baseada na evolução do índice IRE no tempo, assim como é feito no mercado de ações.

No mercado de ações, as rentabilidades são determinadas com base na evolução dos valores das ações no tempo, e o coeficiente beta de cada ação é

determinado estatisticamente através do valor da ação e do índice do mercado de ações.

Os dados utilizados nos estudos foram levantados nos sites www.realestate.br para IRE e www.bovespa.com.br para IBOVESPA.

A rentabilidade dos índices é feita através da variação percentual do índice de um determinado mês em relação ao mês anterior, como mostra a Equação 24.

$$R(\%) = \frac{I_k}{I_{k-1}} - 1 = \frac{I_k - I_{k-1}}{I_{k-1}} \quad \text{Equação 24}$$

Onde R é a rentabilidade, I_k é o índice do mês e I_{k-1} é o índice do mês anterior.

O índice IBOVESPA¹⁹ é apresentado diariamente, enquanto o IRE é mensal. Dessa forma, para se calcular a rentabilidade mensal das ações utiliza-se a cota do fechamento no último dia de cada mês. Assim, a rentabilidade de um mês será dada pela variação do índice de fechamento do último dia daquele mês em relação ao índice de fechamento do último dia do mês anterior como na Tabela 25.

¹⁹ Índice da Bolsa de Valores de São Paulo mede a evolução dos preços de 60 ações mais negociadas da Bovespa (Bolsa de Valores de São Paulo) que corresponde a mais de 90% do volume financeiro diário.

TABELA 25 Rentabilidades mensais do Índice Setorial de Real Estate e IBOVESPA

| Mês | IRE | Rentabilidade | IBOVESPA | Rentabilidade |
|----------|--------|---------------|-----------|---------------|
| jun/06 | 87,35 | | 36.630,66 | |
| jul/06 | 88,60 | 1,43% | 37.077,12 | 1,22% |
| ago/06 | 92,16 | 4,02% | 36.232,22 | -2,28% |
| set/06 | 106,61 | 15,68% | 36.449,40 | 0,60% |
| out/06 | 110,47 | 3,62% | 39.262,79 | 7,72% |
| nov/06 | 120,33 | 8,93% | 41.931,84 | 6,80% |
| dez/06 | 124,13 | 3,16% | 44.473,71 | 6,06% |
| jan/07 | 120,04 | -3,29% | 44.641,60 | 0,38% |
| fev/07 | 119,96 | -0,07% | 43.892,31 | -1,68% |
| mar/07 | 106,05 | -11,60% | 45.804,66 | 4,36% |
| abr/07 | 111,75 | 5,37% | 48.956,39 | 6,88% |
| mai/07 | 129,59 | 15,96% | 52.268,46 | 6,77% |
| jun/07 | 137,50 | 6,10% | 54.392,06 | 4,06% |
| jul/07 | 146,96 | 6,88% | 54.182,50 | -0,39% |
| ago/07 | 128,63 | -12,47% | 54.637,24 | 0,84% |
| set/07 | 130,91 | 1,77% | 60.465,06 | 10,67% |
| Média | | 3,03% | | 3,47% |
| D padrão | | 8,02% | | 3,92% |

Entretanto, os valores aqui apresentados não descontam a inflação. Desse modo, as tendências observadas não são reais, pois estão mascaradas pela inflação.

Para corrigir essa situação, utiliza-se a taxa de desconto nominal que é normalmente formada por duas parcelas. A primeira parcela é relativa à taxa de desconto real do período e a segunda parcela é relativa à inflação daquele período. Usa-se a equação de Fisher através da relação entre taxas de desconto nominal e real e taxa de inflação, como mostram as Equações 25 e 26 (FISHER, 1906,1907).

$$i_N + 1 = (i_R + 1) \times (i_I + 1) \quad \text{Equação 25}$$

$$i_R = \frac{i_N + 1}{i_I + 1} - 1 \quad \text{Equação 26}$$

onde i_N é a taxa nominal, i_R é a taxa real e i_I é a taxa da inflação.

Adota-se como indicador da inflação o IGP-M²⁰ para corrigir os valores e para isso toma-se uma data base e corrigem-se os valores com relação à data escolhida (setembro de 2007). Os valores corrigidos são mostrados na Tabela 25.

Para a determinação da taxa livre de risco no Brasil, utilizou-se o retorno da Caderneta de Poupança e Certificado de Depósito Interbancário (CDI). A caderneta de poupança, cuja rentabilidade é dada por Taxa Referencial (ou TR) + 0,5% a.m., sendo que a parcela Taxa Referencial pretende corrigir o capital investido com relação à inflação e, portanto, 0,5% a.m. devera ser a taxa de juros real do investimento. A escolha entre os dois será feita por meio de uma metodologia estatística e econômica, utilizando o aplicativo *Excel* da *Microsoft*, para determinação dos resultados.

²⁰ Índice Geral de Preços do Mercado mede a variação de preços no mercado de atacado, de consumo e construção civil.

TABELA 26 Determinação da taxa livre de risco no Brasil

| Mês/ano | IGP-M | IBOVESPA* | TR | TR real** | TR retorno | TJLP | CDI | CDI Real** | CDI Retorno |
|---------------|-------|------------|-----------|-----------|------------|--------|-----------|------------|-------------|
| jan-05 | 0,39 | -0,0704306 | 0,1880000 | 0,7207770 | | 0,8125 | 1,3827900 | 0,7293726 | |
| fev-05 | 0,30 | 0,1555583 | 0,0962000 | 0,7201165 | -0,0009163 | 0,8125 | 1,2159170 | 0,7785840 | 0,0674708 |
| mar-05 | 0,85 | -0,0543019 | 0,2650000 | 0,7213309 | 0,0016864 | 0,8125 | 1,5219760 | 0,5487674 | -0,2951724 |
| abr-05 | 0,86 | -0,0664011 | 0,2003000 | 0,7208655 | -0,0006453 | 0,8125 | 1,4080200 | 0,5452044 | -0,0064928 |
| mai-05 | -0,22 | 0,0146112 | 0,2527000 | 0,7212424 | 0,0005230 | 0,8125 | 1,5004370 | 1,3012877 | 1,3867886 |
| jun-05 | -0,44 | -0,0061888 | 0,2993000 | 0,7215777 | 0,0004648 | 0,8125 | 1,5844510 | 1,8140081 | 0,3940100 |
| jul-05 | -0,34 | 0,0395593 | 0,2575000 | 0,7212770 | -0,0004168 | 0,8125 | 1,5097720 | 1,5380268 | -0,1521389 |
| ago-05 | -0,65 | 0,0769142 | 0,3466000 | 0,7219180 | 0,0008887 | 0,8125 | 1,6528570 | 2,9043673 | 0,8883723 |
| set-05 | -0,53 | 0,1261901 | 0,2637000 | 0,7213216 | -0,0008261 | 0,8125 | 1,4996630 | 2,1595673 | -0,2564414 |
| out-05 | 0,60 | -0,0440096 | 0,2100000 | 0,7209353 | -0,0005356 | 0,8125 | 1,4033312 | 0,6337708 | -0,7065288 |
| nov-05 | 0,40 | 0,0570643 | 0,1929000 | 0,7208122 | -0,0001706 | 0,8125 | 1,3763350 | 0,7241167 | 0,1425529 |
| dez-05 | -0,01 | 0,0482188 | 0,2269000 | 0,7210568 | 0,0003393 | 0,8125 | 1,4668300 | 1,0249175 | 0,4154038 |
| jan-06 | 0,92 | 0,1472681 | 0,2326000 | 0,7210978 | 0,0000569 | 0,7500 | 1,4256160 | 0,5282584 | -0,4845844 |
| fev-06 | 0,01 | 0,0059141 | 0,0725000 | 0,7199460 | -0,0015973 | 0,7500 | 1,1400690 | 1,0013868 | 0,8956382 |
| mar-06 | -0,23 | -0,0170422 | 0,2073600 | 0,7209163 | 0,0013476 | 0,7500 | 1,4183410 | 1,3171213 | 0,3152972 |
| abr-06 | -0,42 | 0,0635276 | 0,0855000 | 0,7200396 | -0,0012161 | 0,6792 | 1,0753530 | 1,7426785 | 0,3230964 |
| mai-06 | 0,38 | -0,0949632 | 0,1888000 | 0,7207827 | 0,0010321 | 0,6792 | 1,2782030 | 0,7339000 | -0,5788667 |
| jun-06 | 0,75 | 0,0027649 | 0,1937000 | 0,7208180 | 0,0000489 | 0,6792 | 1,1821670 | 0,5781838 | -0,2121763 |
| jul-06 | 0,18 | 0,0121755 | 0,1751000 | 0,7206842 | -0,0001856 | 0,6250 | 1,1669640 | 0,8573472 | 0,4828280 |
| ago-06 | 0,37 | -0,0227904 | 0,2436000 | 0,7211770 | 0,0006838 | 0,6250 | 1,2513220 | 0,7390607 | -0,1379679 |
| set-06 | 0,29 | 0,0059892 | 0,1521000 | 0,7205187 | -0,0009128 | 0,6250 | 1,0531720 | 0,7833579 | 0,0599371 |
| out-06 | 0,47 | 0,0772038 | 0,1875000 | 0,7207734 | 0,0003535 | 0,5708 | 1,0901210 | 0,6876879 | -0,1221281 |
| nov-06 | 0,75 | 0,0679775 | 0,1282000 | 0,7203468 | -0,0005919 | 0,5708 | 1,0172840 | 0,5772416 | -0,1606052 |
| dez-06 | 0,32 | 0,0606220 | 0,1522000 | 0,7205194 | 0,0002397 | 0,5708 | 0,9843050 | 0,7650326 | 0,3253248 |
| jan-07 | 0,50 | 0,0037775 | 0,2189000 | 0,7209993 | 0,0006660 | 0,5417 | 1,0784010 | 0,6738560 | -0,1191800 |
| fev-07 | 0,27 | -0,0187492 | 0,0721000 | 0,7199432 | -0,0014648 | 0,5417 | 0,8697880 | 0,7942503 | 0,1786647 |
| mar-07 | 0,34 | 0,1175893 | 0,1876000 | 0,7207741 | 0,0011542 | 0,5417 | 1,0485580 | 0,7540937 | -0,0505591 |
| abr-07 | 0,04 | 0,0676526 | 0,1272000 | 0,7203396 | -0,0006029 | 0,5417 | 0,9406230 | 0,9705829 | 0,2870853 |
| mai-07 | 0,04 | 0,0406367 | 0,1689000 | 0,7206396 | 0,0004165 | 0,5417 | 1,0221230 | 0,9713666 | 0,0008074 |
| jun-07 | 0,26 | -0,0038425 | 0,0954000 | 0,7201108 | -0,0007338 | 0,5417 | 0,9014760 | 0,8008054 | -0,1755889 |
| jul-07 | 0,28 | 0,0083790 | 0,1469000 | 0,7204813 | 0,0005145 | 0,5208 | 0,9681460 | 0,7888136 | -0,0149746 |
| ago-07 | 0,98 | 0,1066676 | 0,1466000 | 0,7204791 | -0,0000030 | 0,5208 | 0,9878190 | 0,5100395 | -0,3534094 |
| set-07 | 1,29 | 0,0802613 | 0,0352000 | 0,7196777 | -0,0011124 | 0,5208 | 0,8005650 | 0,4401771 | -0,1369744 |
| out-07 | 1,05 | -0,0456536 | 0,1142000 | 0,7202460 | 0,0007897 | 0,5208 | 0,9240790 | 0,4923126 | 0,1184420 |
| Média: | | | | 0,7207201 | -0,0000220 | | | 0,9539446 | 0,0702403 |
| Desvio Padrão | | | | 0,0005036 | 0,0008396 | | | 0,5325741 | 0,4301364 |

(*) Rentabilidade no fechamento

(**) Taxa de juros real (exclusive inflação - IGP-M) em %.

Por regressão simples: Poup = 0,000074509 - 0,003144834 Ibov
(0,000161805) (0,002374945)
r2*** = 0,05353427

CDI = 0,062386979 + 0,25593945 Ibov
(0,085148532) (1,249795693)
r2*** = 0,001350981

(***) Correlação

Adotamos, então

| | |
|-----------------|-----------------|
| Poupança | 0,50% am |
|-----------------|-----------------|

Adotou-se como taxa livre de risco no Brasil, a taxa de 0,5% a.m. da caderneta de poupança porque apresenta um desvio padrão do retorno do ativo igual a zero e, conseqüentemente, um β igual a zero (não haver incerteza). Os dois apresentam coeficiente de determinação r^2 da regressão próxima de zero (0,05 e 0,001), demonstrando ser desprezível a correlação entre as variáveis, mostrando-se condizente com o conceito teórico de taxa livre de risco. A poupança possui série histórica mais

longa (desde 1973) e o CDI apresenta mais curta (desde 1986) e alta volatilidade (desvio padrão de 0,43).

Determinação do CAPM

Para o nível de risco sistemático, o coeficiente β (beta) é determinado usando as rentabilidades dos índices IRE e IBOVESPA. O β é determinado pela inclinação da reta de inferência pelos eixos de ordenadas da rentabilidade do IRE e eixo das abscissas IBOVESPA utilizando-se o comando “INCLINAÇÃO” da planilha *Microsoft Excel*. Pode-se, também, calcular o β através da razão da covariância dos retornos IRE e IBOVESPA e sua variância.

TABELA 27 Índices corrigidos pelo IGP-M e cálculo de β .

| Mês | IGP-M | IGP-M acumulado | IRE | Rentabilidade | IBOVESPA | Rentabilidade |
|-------------|-------|-----------------|---------|---------------|----------------|---------------|
| jun/06 | 0,75 | 1,0600 | 92,588 | | 38.827,31 | |
| jul/06 | 0,18 | 1,0521 | 93,214 | 0,68% | 39.007,98 | 0,47% |
| ago/06 | 0,37 | 1,0502 | 96,785 | 3,83% | 38.050,59 | -2,45% |
| set/06 | 0,29 | 1,0463 | 111,548 | 15,25% | 38.137,56 | 0,23% |
| out/06 | 0,47 | 1,0433 | 115,252 | 3,32% | 40.962,46 | 7,41% |
| nov/06 | 0,75 | 1,0384 | 124,952 | 8,42% | 43.542,41 | 6,30% |
| dez/06 | 0,32 | 1,0307 | 127,938 | 2,39% | 45.838,12 | 5,27% |
| jan/07 | 0,5 | 1,0274 | 123,328 | -3,60% | 45.864,40 | 0,06% |
| fev/07 | 0,27 | 1,0223 | 122,633 | -0,56% | 44.870,23 | -2,17% |
| mar/07 | 0,34 | 1,0195 | 108,121 | -11,83% | 46.699,10 | 4,08% |
| abr/07 | 0,04 | 1,0161 | 113,546 | 5,02% | 49.743,25 | 6,52% |
| mai/07 | 0,04 | 1,0157 | 131,620 | 15,92% | 53.087,32 | 6,72% |
| jun/07 | 0,26 | 1,0153 | 139,598 | 6,06% | 55.222,10 | 4,02% |
| jul/07 | 0,28 | 1,0126 | 148,816 | 6,60% | 54.866,69 | -0,64% |
| ago/07 | 0,98 | 1,0098 | 129,891 | -12,72% | 55.172,68 | 0,56% |
| set/07 | 1,29 | 1,0000 | 130,910 | 0,78% | 60.465,06 | 9,59% |
| Média | | | | 2,64% | | 3,06% |
| D padrão | | | | 8,04% | | 3,83% |
| Variância | | | | 0,65% | | 0,15% |
| Covariância | | | | 0,05% | | |
| BETA | | | | 0,347 | | |
| Inclinação | | | | 0,372 | | |
| Correlação | | | | 0,376 | out/06 a 09/07 | 12 meses |
| Poupança: | | | | 0,50% | am | |

Uma vez conhecido o valor de β é possível determinar, por meio da Equação 21, a taxa de retorno (CAPM) esperada do investimento em *real estate* como resultado a ser empregado neste trabalho.

$R_i = 0,50 + 0,347 \cdot (2,64 - 0,50) = 1,24$ ao.mês., temos então:

CAPM :

| | |
|---------------|-----------|
| 1,24% | am |
| 15,96% | aa |

APÊNDICE IV - ORÇAMENTO: CURVA DE AGREGAÇÃO DE RECURSOS

Conforme Varalla (2003), orçamento é uma ferramenta para o gerenciamento da empresa e suas obras, planejamento e o controle da produção e para a orientação e o controle da gestão das compras.

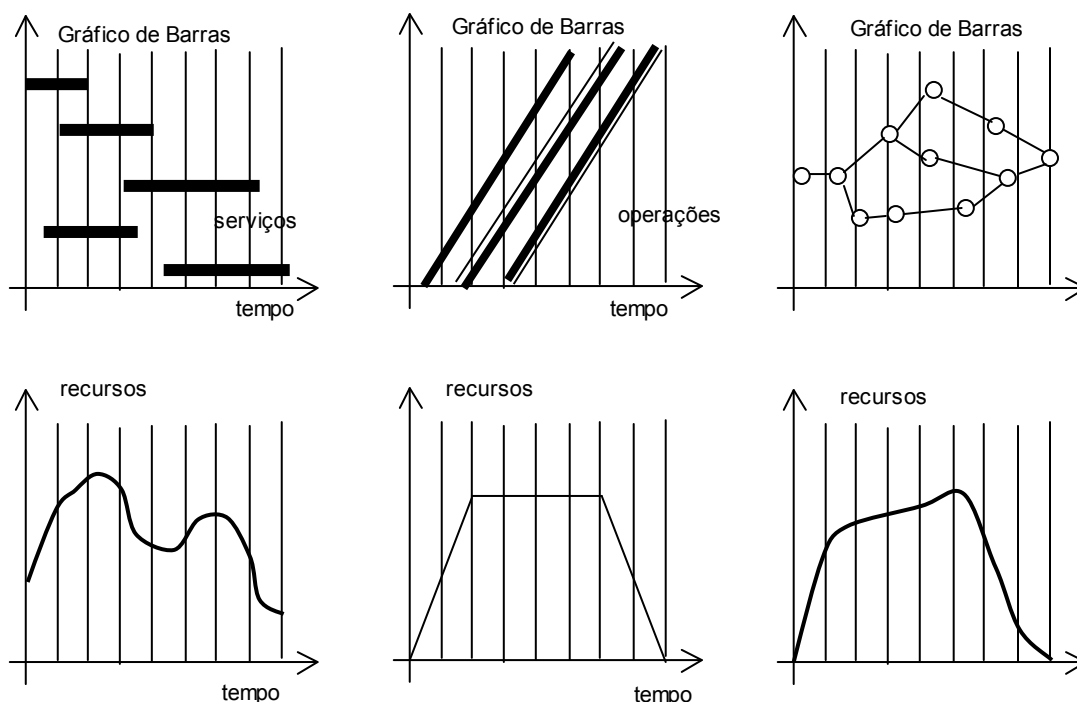
O processo de planejamento da obra inclui atividades que são identificadas, analisadas, coordenadas, gerenciadas, sendo o resultado um plano de ação. É uma forma de especificar, de definir na melhor seqüência as ações que criam valor. Essa seqüência de ações, uma vez definida, vai ter que ser estabelecida a fim de garantir que ela seja visualizada, entendida, e acompanhada pelos gerentes de projetos.

As formas clássicas já por todos conhecidas são o cronograma de barras, que mostra uma seqüência de atividades físicas, o cronograma físico-financeiro, o diagrama PERT-COM e o gráfico das linhas de balanço.

Além dessas ferramentas, podem ser empregadas as curvas de agregação de recursos que são curvas derivadas do plano de ação e recolhem o resultado das somas, período por período, dos recursos utilizados. A técnica, segundo Heineck (1990), consiste na agregação, na soma, na totalização dos recursos utilizados em uma obra (ou programa de construção), período a período. Os recursos podem ser a quantidade de mão-de-obra, volume ou quantidade de materiais, ou o denominador comum de todos estes, ou seja, o valor em reais, dólares, etc. investidos no projeto; o valor por sua vez pode espelhar o custo dos fatores de produção ou o preço que por eles está sendo cobrado. O período de tempo, geralmente desenhado no eixo dos x

que se origina da aplicação da técnica pode ser qualquer, dias, semanas, meses ou anos.

FIGURA 28 Derivação da Curva de Agregação de Recursos

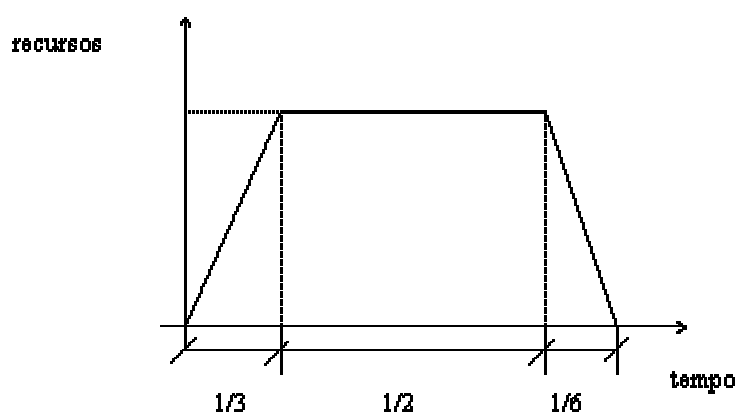


Na Figura 28, a curva de agregação de recursos pode assumir uma forma qualquer; sua forma depende basicamente do conteúdo de mão-de-obra, do consumo de recursos de cada uma das operações (ou serviços) que estão sendo abordados no período em questão. No caso da Linha de Balanço, a construção da curva de agregação é quase automática, admitindo-se certa equivalência no consumo de recursos das várias barras inclinadas. Esta curva, como indicado na figura, corresponde a um trapézio, onde os pontos de início e fim da base menor são facilmente marcados a partir da inclinação dos segmentos ascendentes do paralelogramo.

Neste trabalho será admitida a simplificação segundo Heineck (1990) da Curva de Agregação clássica, a partir do trapézio, Figura 29. Esta curva é tal que durante a metade do período da obra, o consumo de recursos é constante, após atingir um patamar. Para atingir este patamar leva-se um tempo equivalente de $1/3$ do período da

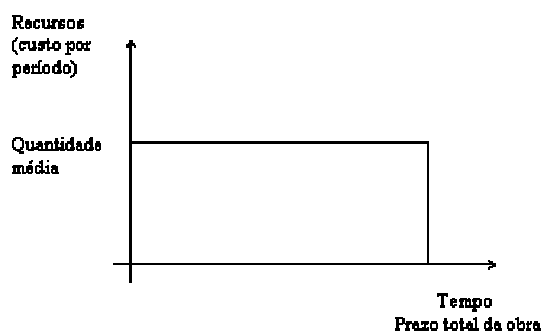
obra e, para encerrar a obra, ou seja, sair do patamar nivelado de consumo de recursos leva-se $1/6$ do prazo total da obra, conforme Figura 29.

FIGURA 29 Curva de Agregação de Recursos Clássica.



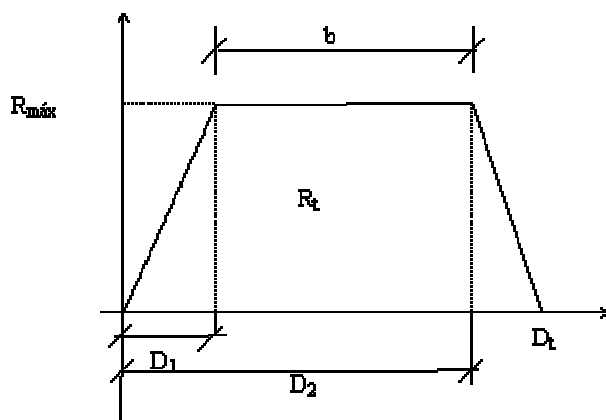
A variável do eixo dos y está relacionada com o orçamento convencional da construção. Tomando-se, por exemplo, o custo de uma obra, e admitindo-se que este custo vai ser incorrido na proporção direta do prazo decorrido da obra, tem-se que a curva de agregação de recursos passa a ser uma reta paralela ao eixo dos x. O valor da abscissa corresponde à alocação média de custos da obra por período de tempo, isto é, a área sob a “curva” de agregação corresponde ao custo total da obra, conforme Figura 30.

FIGURA 30 Curva de Agregação de Custos



Logo, se a alocação de recursos ou a incidência de custo não for diretamente proporcional ao decurso do prazo da obra e sim à curva de agregação, ou seja, no início da obra os custos vão sendo incorridos num crescendo até chegar-se a um patamar de equilíbrio para no final da obra assistir a um decréscimo gradativo dos custos, tem-se que a área do trapézio representa o custo total da obra, conforme Figura 31.

FIGURA 31 Curva de Agregação de Recurso.



Tem-se como R_t = custo total da obra ou consumo total de recursos da obra, obtido a partir do orçamento; D_t = prazo total da obra, expresso em períodos de tempo, como dias, semanas, meses, anos, etc.; b = prazo da obra em tempo na qual apresenta um consumo estabilizado de recursos; $R_{máx}$ = consumo de recursos ou custo incorrido por período de tempo durante o período de consumo máximo da obra no período do patamar.

$$\text{Portanto, } R_t = \frac{R_{máx}(b + D_t)}{2}, \text{ temos então, } R_{máx} = \frac{2R_t}{b + D_t} \quad \text{Equação 27}$$

Neste trabalho será utilizado o orçamento apresentado, Tabela 28.

TABELA 28 Orçamento da infra-estrutura do loteamento

| ORÇAMENTO | | | |
|-------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|
| ITEM | DISCRIMINAÇÃO | Valor Unit | Valor Total |
| | Área Loteável da Gleba-m² | 120.000,00 | |
| 1 | Levantamento Topográfico | 0,5% custo infra-estrutura | 16.871,51 |
| 2 | Projetos | 2% custo infra-estrutura | 67.486,02 |
| 3 | Aprovações | 3% custo infra-estrutura | 101.229,03 |
| 4 | Canteiro de Obras | R\$232/m² | 34.800,00 |
| 5 | Portaria | R\$1000/m² | 45.000,00 |
| 6 | Locação de Vias | R\$2,33/m´ | 2.097,00 |
| 7 | Abertura de Vias | R\$2387/1000m² | 286.440,00 |
| 8 | Demarcação de Lotes | R\$ 773/equipe | 7.730,00 |
| 9 | Muros | R\$221,88 m´ | 399.384,00 |
| 10 | Drenagem | - | 225.180,00 |
| 11 | Guias e Sargetas | R\$25/m´ | 67.500,00 |
| 12 | Rede de Água | R\$180/m´ | 972.000,00 |
| 13 | Rede de Esgoto | R\$40/m´ | 216.000,00 |
| 14 | Paisagismo | R\$3/m² | 32.400,00 |
| 15 | Pavimentação | R\$40/m² | 1.063.800,00 |
| 16 | Recuperação Ambiental | - | 21.970,00 |
| 17 | BDI | | 506.145,15 |
| 18 | | | |
| TOTAL | | | 4.546.279,15 |
| Custo unitário/m2 | | | 37,89 |
| Infra estrutura | | | 3.374.301,00 |

Tem-se conforme Equações 27, em R\$ mil, $R_t = 4.546$, $D_t = 18$ meses, $D_1 = 1/3$ de 18 = 6 meses, $D_2 = 6$ meses + 9 meses ($1/2$ de 18 meses), portanto $R_{máx} = 2 \times 4.546 / (8 + 18) = 350$. Para os valores da curva de agregação de valores tem-se:

TABELA 29 Valores da curva de agregação de valor

| CRONOGRAMA-em R\$ mil | | |
|-----------------------|-------|-------|
| Período 18 meses | | |
| MÊS | VALOR | |
| 1 | 50 | |
| 2 | 100 | |
| 3 | 150 | |
| 4 | 200 | |
| 5 | 250 | |
| 6 | 300 | |
| 7 | 350 | |
| 8 | 350 | |
| 9 | 350 | |
| 10 | 350 | |
| 11 | 350 | |
| 12 | 350 | 3.147 |
| 13 | 350 | |
| 14 | 350 | |
| 15 | 350 | |
| 16 | 233 | |
| 17 | 117 | |
| 18 | - | 1.399 |
| Total | 4.546 | 4.546 |

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)