



Natalia Cordeiro Levy

**Avaliação de Investimentos sob Incerteza:
Um Enfoque Crítico**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Prof. José Paulo Teixeira

Rio de Janeiro, julho de 2009



Natalia Cordeiro Levy

**Avaliação de Investimentos sob Incerteza:
Um Enfoque Crítico**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. José Paulo Teixeira

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Carlos Patrício Samanez

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Fabio Rodrigo Siqueira Batista

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 15 de julho de 2009

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Natalia Cordeiro Levy

Graduou-se em Economia com ênfase em Finanças pela Fundação Getúlio Vargas em 2006. Tem experiência profissional em consultoria na área de Finanças Corporativas, tendo participado do Projeto de parceria entre a PUC e a Petrobrás para avaliação econômica de investimento em planta industrial com tecnologia GTL a partir da Teoria de Opções Reais. Participação na equipe econômica da Subsecretaria de Estudos Econômicos da Secretaria de Estado da Fazenda do Rio de Janeiro (Gestão do Secretário de Fazenda Joaquim Levy) com atuação em avaliação de incentivos tributários e políticas públicas e estudos setoriais.

Ficha Catalográfica

Levy, Natalia Cordeiro

Avaliação de Investimentos sob Incerteza : Um Enfoque Crítico / Natalia Cordeiro Levy ; orientador: José Paulo Teixeira. – 2009.
81 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
Inclui bibliografia

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Opções reais. 3. Avaliação de projetos. 4. Investimento sob incerteza. 5. Finanças corporativas. I. Teixeira, José Paulo. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

À Adilson Valentim, minha paz.

Agradecimentos

À CAPES pela bolsa concedida para a realização deste trabalho.

Resumo

Levy, Natalia Cordeiro; Teixeira, José Paulo. **Avaliação de Investimentos sob Incerteza: Um Enfoque Crítico**. Rio de Janeiro, 2009. 81p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A avaliação de oportunidades de investimentos é sem dúvida um tema de grande interesse, pois é o modo pela qual as firmas norteiam suas decisões de investimento ao avaliar que este ou aquele projeto cria ou não valor para esta firma. A teoria de avaliação de investimentos produtivos inicia seu caminho partindo do Valor Presente Líquido (VPL) e vai se ramificando ao longo se sua literatura, percorrendo sempre o objetivo de incorporar a incerteza nos modelos. O estágio atual desta caminhada é a avaliação por opções reais, e tudo que a antecede passou a ser chamado de “teoria clássica”. Mas muitos problemas enfrentados nas abordagens encontradas na literatura de avaliação de opções reais são antigos. Em função da analogia com as opções financeiras, a metodologia proposta para avaliação das opções reais originaram dos modelos de apreçamento de opções financeiras. Mas esta extensão metodológica é em si problemática, pois os ativos ditos reais e os ativos financeiros guardam entre si importantes diferenças como: risco privado, completude dos mercados, diferenças de liquidez, reversibilidade e uma profunda diferença entre os níveis de assimetria de informação. Estas diferenças comprometem a significância dos resultados finais desta avaliação, pois violam algumas hipóteses que estão por de trás da teoria de apreçamento de opções financeiras, além de não incorporar a parcela de risco privado na avaliação, apenas risco de mercado. Outras abordagens para avaliação de opções reais surgiram para tentar resolver o problema da incompletude dos mercados, mas também retornam a outros problemas já discutidos na teoria clássica como, por exemplo, a dificuldade da escolha da taxa de desconto e a subjetividade da estimativa de um fluxo de caixa “equivalente certo”. Apesar de ter criado um novo paradigma na concepção de valor dos projetos de investimento, a literatura da teoria de opções reais é ainda divergente quanto aos métodos de avaliação. Este trabalho tem como objetivo discutir as dificuldades práticas de se avaliar/ quantificar as opções de um ativo “real” que se dá tanto pela inadequação dos métodos de apreçamento

próprios para derivativos financeiros, quanto pela subjetividade que se incorre com a utilização de métodos alternativos.

Palavras-chave

Opções Reais; Avaliação de Projetos; Investimento sob Incerteza;
Finanças Corporativas

Abstract

Levy, Natalia Cordeiro; Texeira, José Paulo (Advisor). **Investment Analysis under Uncertainty: An Analytical Approach**. Rio de Janeiro, 2009. 81p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The valuation of investment opportunities is undoubtedly a topic of great interest as it is the manner by which firms guide their investment decisions and assess whether this or that project creates or not value. The valuation theory of productive investments starts its way on the Net Present Value Rule (NPV) and branches along its literature, pursuing always the goal of incorporating the uncertainty into the models. The current stage of this path is the valuation of real options, and so everything that precedes it is now called "classical theory". Nevertheless, many problems in the approaches found in literature for assessing real options are old. As the analogy with financial options is common, the proposed methodology for pricing real options bases itself in the financial options models. But this methodological extension is in itself problematic, as the so-called real assets and financial assets retain important differences between themselves such as private risk, completeness of markets, differences in liquidity, reversibility and a dramatic difference in the levels of information asymmetry. These differences undermine the significance of the valuation's final results, as they violate some of the assumptions behind the pricing theory of financial options. As well as that, only the market component of risk is considered in the assessment, leaving private risk unattended. Other approaches for pricing real options have emerged in order to tackle the problem of market incompleteness, but are not able to prevent other issues already discussed in the classical theory, such as the difficulty in choosing the discount rate and the subjectivity of the "certainty equivalent" cash flow estimation. Despite having created a new standard in the understanding of what does the value of an investment project represent, real options literature is still uneasy with regards to valuation methods. The aim of this dissertation is to discuss the practical difficulties in the valuation/ quantification of the options present in a "real" asset. These are given both by the inadequacy in the methods that were designed specifically for financial derivatives, and by the subjectivity that is incurred when one makes use of alternative methods.

Keywords

Real Options; Valuation; Investment under Uncertainty; Corporate Finance.

Sumário

1. Introdução	13
1.1. Motivação	13
1.2. Objetivos	14
1.3. Considerações Gerais	15
1.4. Organização do Trabalho	15
2. A Teoria Clássica	17
2.1 A Concepção da Teoria do Valor Presente Líquido	17
2.2 Introdução da Incerteza e o Valor Presente Líquido	18
2.2.1 Equivalente Certo	19
2.2.2 Taxa de Desconto Ajustada ao Risco	21
2.2.3 CAPM	21
2.3 Limitações dos Métodos Clássicos de Avaliação	23
3. A Teoria de Opções Reais	26
3.1 A Literatura e as Tipologias das Opções Reais	28
4. Modelos Básicos Utilizados na Avaliação de Opções Reais	32
4.1 Conceitos	33
4.1.1 Replicação	33
4.1.2 Arbitragem	33
4.1.3 Avaliação Neutra ao Risco	34
4.1.4 Completude dos Mercados	35
4.2 Modelo Binomial	35
4.3 O Modelo de Black - Scholes	38
4.4 Método da Programação Dinâmica	40
5. Uma Discussão sobre as Diferentes Abordagens	42
5.1 Modelos de Apreçamento de Opções Baseados em Argumentos de não Arbitragem	43
5.1.1 As Abordagens	44
5.1.2 Avaliação através do “Ativo Gêmeo” com Valor de Mercado	

Observável	45
5.1.3 Avaliação através do Market Asset Disclaimer	48
5.2 Métodos Alternativos	49
5.2.1 Abordagem Pindyck e Dixit	49
5.2.2 Abordagem Smith e Nau	50
6. Casos Ilustrativos	53
6.1 Caso I - Avaliação de uma Floresta de Eucaliptos na Presença de um Mercado de Certificados para Reduções de Emissões de Carbono: Uma Abordagem por Opções Reais	53
6.1.1 O modelo de avaliação de uma floresta de eucaliptos	54
6.1.2 Análise	56
6.2 Caso II - Avaliação de Investimentos em Tecnologia da Informação: uma Perspectiva de Opções Reais	58
6.2.1 O Modelo de Avaliação para o Desenvolvimento de uma Nova Tecnologia	59
6.2.2 A Aplicação do Modelo	61
6.2.3 Análise	62
6.3 Caso III - Viabilidade Econômica em Investimentos no Mercado Imobiliário: Gerenciamento de Risco e Opções Reais	64
6.3.1 O Modelo de Avaliação de Investimento no Mercado Imobiliário	65
6.3.2 Análise	70
7. Conclusão	72
8. Referências Bibliográficas	77

Lista de figuras

Figura 1 - A Fronteira Eficiente no Espaço Média – Variância	22
Figura 2 –Distribuição de Probabilidades do VPL	26
Figura 3 - Fontes Frequentes de Opções Reais	31
Figura 4 – Preço da Ação e da Opção em Árvore Binomial de Passo Único	36
Figura 5 – Árvore Binomial de Dois Passos	38
Figura 6 – Portfólio de Projetos da CVRD	47
Figura 7 - Etapas do Empreendimento	66