



Rodrigo Barcellos Secchin

**Metodologia de Avaliação de Empresas
considerando ativos intangíveis através de
Mínimos Quadrados de Monte Carlo e
Reversão à Média**

Dissertação de Mestrado

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

Orientadora: Profa. Marley Maria Bernardes Rebuzzi Vellasco

Co-Orientador: Prof. Marco Antonio Guimarães Dias

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2010



Rodrigo Barcellos Secchin

**Metodologia de Avaliação de Empresas
considerando ativos intangíveis através de
Mínimos Quadrados de Monte Carlo e
Reversão à Média**

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

Profa. Marley Maria Bernardes Rebuzzi Vellasco
Orientadora
Departamento de Engenharia Elétrica – PUC-Rio

Prof. Marco Antonio Guimarães Dias
Co-Orientador
Petrobrás

Prof. Juan Guillermo Lazo Lazo
Departamento de Engenharia Elétrica – PUC-Rio

Prof. José Paulo Teixeira
Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Profa. Tara Keshar Nanda Baidya
Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 22 de fevereiro de 2010

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

Rodrigo Barcellos Secchin

Graduou-se em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Apoio à Decisão e em Engenharia de Produção Elétrica pela PUC-Rio. Durante a graduação, estagiou nas empresas Engevix e Sigla Sul, atuando, respectivamente, no setor de potência e regulação tarifária. Depois de graduado, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da PUC-Rio para obtenção do título de Mestre.

Ficha Catalográfica

Secchin, Rodrigo Barcellos

Metodologia de Avaliação de Empresas considerando ativos intangíveis através de Mínimos Quadrados de Monte Carlo e Reversão à Média / Rodrigo Barcellos Secchin; orientadora: Marley Antonio Bernardes Rebuzzi Vellasco; co-orientador: Marco Antonio Guimarães Dias. – 2010.

138 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Elétrica – Teses. 2. Bens intangíveis. 3. Método dos mínimos quadrados de Monte Carlo. 4. Opções reais. 5. Reversão à média. I. Vellasco, Marley Antonio Bernardes Rebuzzi. II. Dias, Marco Antonio Guimarães. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. IV. Título.

CDD: 621.3

A meus pais, que sempre me deram apoio
e segurança nas minhas decisões.

Agradecimento

A toda minha família, em particular aos meus amados pais, Carlos Eduardo Secchin e Maria Aparecida Barcellos Secchin, e a minha irmã, Carla Barcellos Secchin, pelas alegrias compartilhadas, por todo o carinho, incentivo, confiança e ensinamentos.

A minha professora e orientadora Marley Vellasco, pela atenção, confiança, segurança e motivação.

Ao meu professor e co-orientador Marco Dias, pelo grande apoio na parte conceitual do meu projeto, pela atenção e motivação.

A Giuliana Cassará de Castellammare Scott Siciliano, pelo carinho, companheirismo e amor, sempre presente ao meu lado, em todos os momentos da minha vida.

Aos meus grandes amigos (irmãos), Augusto Reis, Frederico Padilha e Pedro Fonseca, e a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários do DEE, ICA e Biblioteca Setorial do CTC da PUC-Rio, pelo apoio e infra-estrutura.

A CAPES, pela bolsa de pesquisa concedida durante o curso.

Resumo

Secchin, Rodrigo Barcellos; Vellasco, Marley Maria Bernardes Rebuzzi (Orientadora); Dias, Marco Antonio Guimarães (Co-orientador). **Metodologia de Avaliação de Empresas considerando ativos intangíveis através de Mínimos Quadrados de Monte Carlo e Reversão à Média**. Rio de Janeiro, 2010. 138p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

No modelo de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para o setor farmacêutico, considerando a proteção da patente, Schwartz fez uma contribuição muito importante para a precificação do valor de uma empresa. Além de considerar a possibilidade dos eventos catastróficos, o autor aplicou uma ferramenta simples, mas ao mesmo tempo bastante poderosa, até então não utilizada pela literatura para tal fim (denominada Mínimos Quadrados de Monte Carlo). Na última etapa do seu modelo (período pós patente), o autor aproxima o processo por um valor constante (obtido por meio de uma estimativa), acreditando que o mercado absolverá imediatamente a tecnologia e, com isto, a simplificação não alterará significativamente o resultado final. Contudo, com o avanço da globalização e o desenvolvimento dos meios de comunicação, o mercado tem-se tornado cada vez mais dinâmico e competitivo. Uma vez que as táticas clássicas já se tornaram acessíveis a todos (e. g. produção em escala ou corte dos custos), elas não são mais suficientes para manter a lucratividade de uma empresa. Diversos estudiosos e instituições renomadas (como por exemplo, BNDES) observaram que, para sobreviverem a isso, as empresas precisam suplantiar a concorrência, através de um conjunto de capacitações denominadas bens intangíveis, o que na maioria das ocasiões é uma operação bastante complexa. Devido a essas evidências a absorção de uma nova tecnologia não necessariamente é uma atividade imediata (contrariando as suposições de Schwartz). Com o intuito de uma melhor descrição da realidade, esta dissertação propõe um aperfeiçoamento matemático (não mais aproximando a etapa pós-patente) e algorítmico do modelo de Schwartz. O modelo foi criado a partir de um conjunto de conceitos da Microeconomia, Opções Reais e das Métricas de Avaliação do BNDES, previamente desenvolvido com o auxílio da equipe do BNDES. Os resultados obtidos na simulação do exemplo teórico, a qual foi analisada uma empresa de TI que pretende desenvolver uma nova tecnologia, não apresentaram nenhuma incoerência, indicando, desta forma, nenhum erro sob a ótica matemática ou algorítmica e confirmando, ao mesmo tempo, a importância dos ativos intangíveis, que, por sua vez, propiciaram maiores ganhos, antes desprezados.

Palavras-Chave

Bens Intangíveis; Método dos Mínimos Quadrados de Monte Carlo; Opções Reais; Reversão à Média.

Abstract

Secchin, Rodrigo Barcellos; Vellasco, Marley Maria Bernardes Vellasco (Advisor); Dias, Marco Antonio Guimarães (Co-advisor). **Evaluation Methodology Company considering intangible assets through Least Square Monte Carlo and Mean Reversion**. Rio de Janeiro, 2010. 138p. MSc Dissertation – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In the model of Research and Development (R & D) for the pharmaceutical industry, considering patent protection, Schwartz made an important contribution to the valuation of a company. Besides considering the possibility of catastrophic events, the author applied a simple tool, but at the same time very powerful, hitherto not used in the literature for this purpose (called Least Squares Monte Carlo). In the last stage of its type (post patent), the author approaches the process with a constant value (obtained via an estimate), believing that the market immediately absorb the technology and, thus, the simplification does not significantly change the outcome final. Canted, with the advance of globalization and the media, the market has become increasingly dynamic and competitive. Since the classic tactics have become accessible to all (egg scale production or cut costs), they are no longer sufficient to maintain the profitability of a company. Several renowned scholars and institutions (such as BNDES) observed that, to survive this, companies must overcome competition through a set of skills called intangibles, which in most cases is a complex operation. Because of these evidences the absorption of new technology is not necessarily an immediate activity (contrary to the assumptions of Schwartz). Aiming at a better description of reality, this study proposes a mathematical processing (no longer approaching the post-patent) and the algorithmic model of Schwartz. The model was created from a set of concepts of microeconomics, Real Options and Metrics Assessment of BNDES, previously developed with the assistance of staff from BNDES. The simulation results of the theoretical example, which was considered an IT company that aims to develop a new technology, did not show any inconsistency, indicating thus no error in the mathematical or algorithmic perspective and confirming at the same time, importance of intangible assets, which, in turn, lead to the greatest earnings before slighted.

Keywords

Intangible Assets, Method of Least Squares Monte Carlo, Real Options, Mean Reversion.

Sumário

1 Introdução	13
1.1. Motivação	13
1.1.1. Panorama atual	13
1.1.2. Problemas atuais	15
1.2. Objetivos.....	16
1.3. Descrição e estrutura da dissertação	16
2 Fundamentação Teórica	18
2.1. Bens Intangíveis	18
2.2. Investimento	19
2.2.1. Opções Reais Versus Fluxo de Caixa Descontado.....	20
2.2.1.1. Opções Reais e ativos intangíveis	24
2.3. Conceitos Econômicos	24
3 Definição e Conceitos Básicos de Opções Reais	27
3.1. Processos Estocásticos.....	27
3.1.1. Processo de Wiener	27
3.1.2. Movimento Geométrico Browniano.....	28
3.1.3. Processo de Reversão à Média	30
3.1.3.1. Meia Vida	31
3.1.4. Processo de Poisson.....	32
3.2. Técnicas de Otimização Dinâmica sob Incerteza.....	34
3.2.1. Programação Dinâmica.....	34
3.3. Métodos Numéricos Baseados em simulação	36
3.3.1. Simulação de Monte Carlo	38
3.3.1.1. Método de Neutralidade ao Risco	39
3.3.2. Mínimos Quadrados de Monte Carlo	39
3.3.2.1. Análise da sensibilidade dos parâmetros do LSM.....	47
3.3.2.1.1. Função base da Regressão	47
3.3.2.1.2. Número de datas de exercício.....	48
3.3.2.1.3. Simulação	50
4 Modelo de Opções Reais em ativos intangíveis	51
4.1. Antecedentes do modelo.....	51
4.1.1. Modelo de Pindyck.....	51
4.1.2. Schwartz	52
4.1.2.1. Modelo matemático de Schwartz	54
4.1.3. Modelo de Deutscher.....	57
4.1.3.1. Modelo Proposto	58
4.2. Modificações da Dissertação	65
5 Solução numérica.....	72
5.1. Aproximações.....	72
5.2. Padronização.....	75
5.3. Geração de cenários.....	76
5.3.1. Custo do investimento	76

5.3.2. Fluxo de Caixa com itangível.....	80
5.3.3. Fluxo de Caixa sem itangível	84
5.4. Avaliação do projeto.....	84
5.4.1. Com a opção de abandono.....	84
5.4.2. Sem a opção de abandono	87
5.5. Output.....	88
6 Resultado Numérico	89
6.1. Exemplo numérico.....	89
6.1.1. Modelo de Nascimento.....	89
6.1.2. Exemplo numérico da Dissertação	92
6.2. Análise de Sensibilidade.....	94
6.2.1. Parâmetro Rating do Mercado.....	95
6.2.2. Parâmetro Custo Final Esperado	97
6.2.3. Parâmetro Taxa Máxima de Investimento.....	99
6.2.4. Parâmetro Volatilidade do Custo e Volatilidade do Fluxo de Caixa.....	101
6.2.5. Parâmetro Fluxo de Caixa Esperado, Tendência livre de risco, Taxa Livre de Risco e Taxa de probabilidade de catástrofe.....	104
6.2.6. Parâmetro Tempo de Patente	110
6.2.7. Parâmetro Valor de Equilíbrio.....	111
6.2.8. Comparação de Resultados entre Secchin (2010) e Schwartz (2002).....	113
7 Conclusão e considerações finais.....	114
Referencia Bibliografia	115
Apêndice	118
Apêndice A. Demonstrações Matemática	118
A.1. Processo de Wiener - $(dz)^2 = dt$	118
A.2. Meia vida	119
A.3. Modelo Schwartz (2002)	120
A3.1. Equação do Valor do objeto	120
A.3.2. Equação do valor de oportunidade do Investimento.....	121
A.3.3. Solução Bang-Bang	124
A.4. Estimação do Fator de Decaimento da Revers	125
Apêndice B. Simulação	126
B.1. Newton-Raphson	126
B.2. Correlação e a Decomposição de Cholesky.....	127
Apêndice C. Informações Adicionais.....	128
C.1. Questionário completo de Deutscher (2008)	128
Apêndice D. Resultado Numéricos	135

Lista de Figuras

Figura 1: Incerteza versus Flexibilidade.....	22
Figura 2: Gerenciamento através de Opções Reais	23
Figura 3: Exemplo Meia Vida	32
Figura 4: Análise de sensibilidade – datas de exercício	49
Figura 5: Etapas de Schwartz (2002).....	53
Figura 6: Modelo conceitual de Deutscher (2008)	59
Figura 7: Absorção imediata	66
Figura 8: Absorção após determinado	67
Figura 9: Não absorção do mercado	67
Figura 10: Modelo Secchin (2010).....	68
Figura 11: Exemplo Meia Vida	74
Figura 12: Sensibilidade rating do mercado (valor do projeto).....	96
Figura 13: Sensibilidade Rating do Mercado (%Abandono).....	96
Figura 14: Sensibilidade rating do mercado (valor da opção).....	97
Figura 15: Sensibilidade rating do mercado (valor do intangível)	97
Figura 16: Sensibilidade custo final esperado (valor do projeto).....	98
Figura 17: Sensibilidade custo final esperado (% abandono).....	98
Figura 18: Sensibilidade custo final esperado (valor da opção).....	98
Figura 19: Sensibilidade custo final esperado (valor do intangível)	98
Figura 20: Curva sensibilidade do gatilho devido ao custo final esperado	99
Figura 21: Sensibilidade taxa máxima de investimento (valor do projeto).....	100
Figura 22: Sensibilidade taxa máxima de investimento (% abandono).....	100
Figura 23: Sensibilidade taxa máxima de investimento (valor da opção).....	100
Figura 24: Sensibilidade taxa máxima de investimento (valor do intangível)	100
Figura 25: Curva sensibilidade do gatilho devido à taxa máxima de investimento	101
Figura 26: Sensibilidade volatilidade do custo (valor do projeto)	102
Figura 27: Sensibilidade volatilidade do custo (% abandono)	102
Figura 28: Sensibilidade Volatilidade do custo (valor da opção).....	102
Figura 29: Sensibilidade volatilidade do custo (valor do intangível).....	102
Figura 30: Sensibilidade volatilidade do custo (valor do intangível).....	103
Figura 31: Sensibilidade volatilidade do fluxo de Caixa (valor do projeto)	103

Figura 32: Sensibilidade volatilidade do fluxo de caixa (% abandono)	104
Figura 33: Sensibilidade volatilidade do fluxo de caixa (valor da opção)	104
Figura 34: Sensibilidade volatilidade do fluxo de caixa (valor do intangível).....	104
Figura 35: Sensibilidade fluxo de caixa esperado (valor do projeto)	105
Figura 36: Sensibilidade fluxo de caixa esperado (% abandono).....	105
Figura 37: Sensibilidade fluxo de caixa esperado (valor da opção)	105
Figura 38: Sensibilidade fluxo de caixa esperado (valor intangível)	106
Figura 39: Sensibilidade tendência livre de risco (valor do projeto).....	106
Figura 40: Sensibilidade tendência livre de risco (% abandono)	106
Figura 41: Sensibilidade tendência livre de risco (valor da opção).....	107
Figura 42: Sensibilidade tendência livre de risco (valor do intangível)	107
Figura 43: Sensibilidade taxa livre de risco (valor do projeto)	107
Figura 44: Sensibilidade taxa livre de risco (% abandono)	108
Figura 45: Sensibilidade taxa livre de risco (valor da opção)	108
Figura 46: Sensibilidade taxa livre de risco (valor do intangível).....	108
Figura 47: Sensibilidade taxa de probabilidade de catástrofe (valor do projeto) .	109
Figura 48: Sensibilidade taxa de probabilidade de catástrofe (% abandono).....	109
Figura 49: Sensibilidade taxa de probabilidade de catástrofe (valor da opção) ...	109
Figura 50: Sensibilidade taxa de probabilidade de catástrofe (valor da opção) ...	109
Figura 51: Sensibilidade tempo de patente (valor do projeto).....	110
Figura 52: Sensibilidade tempo de patente (% abandono)	110
Figura 53: Sensibilidade tempo de patente (valor da opção).....	111
Figura 54: Sensibilidade tempo de patente (valor do intangível).....	111
Figura 55: Sensibilidade valor de equilíbrio (valor do projeto)	112
Figura 56: Sensibilidade valor de equilíbrio (% abandono)	112
Figura 57: Sensibilidade Valor de equilíbrio (Valor da opção).....	112
Figura 58: Sensibilidade valor de equilíbrio (valor do intangível).....	112
Figura 59: Cenário da distribuição de Poisson	123

Lista deTabelas

Tabela 1: Comparação entre Opção Financeira e Real.....	22
Tabela 2: Matriz simulação (LSM)	40
Tabela 3: Fluxo de caixa ótimo em $t=3$	41
Tabela 4: Período 2 In-the-money	42
Tabela 5: Regressão segundo período	43
Tabela 6: Exercício ótimo no segundo período	44
Tabela 7: Fluxo de caixa em $t = 2$	44
Tabela 8: Período 1 In-the-money	45
Tabela 9: Regressão primeiro período.....	45
Tabela 10: Exercício ótimo no primeiro período.....	46
Tabela 11: Fluxo de caixa ótimo em $t = 1$	46
Tabela 12: Peso do Capital	61
Tabela 13: Pesos dos ativos	62
Tabela 14: Exemplo de questionário	63
Tabela 15: Rating da empresa W.....	64
Tabela 16: Rating da empresa Y	64
Tabela 17: Schwartz (2002) X Secchin (2010)	70
Tabela 18: Parâmetro Nascimento (2005).....	91
Tabela 19: Parâmetros Secchin (2010).....	94
Tabela 20: Metodologia de investimento	113
Tabela 21: Sensibilidade metodologia de investimento	135
Tabela 22: Sensibilidade volatilidade do custo	135
Tabela 23: Sensibilidade Custo Final Esperado	135
Tabela 24: Sensibilidade Taxa máxima de investimento	136
Tabela 25: Sensibilidade fluxo de caixa esperado.....	136
Tabela 26: Sensibilidade Tendência Livre de risco.....	136
Tabela 27: Sensibilidade volatilidade do fluxo de caixa	136
Tabela 28: Sensibilidade rating do mercado.....	137
Tabela 29: Sensibilidade taxa livre de risco	137
Tabela 30: Sensibilidade taxa de probabilidade de catástrofe.....	138
Tabela 31: Sensibilidade tempo de patente	138
Tabela 32: Sensibilidade valor de equilíbrio	138