

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Aquiles Poletti Moreira

**Parametrização Ótima de Garantia Governamental em
Projetos de Infraestrutura**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas.

Orientador: Prof. Luiz Eduardo Teixeira Brandão



Aquiles Poletti Moreira

**Parametrização Ótima de Garantia Governamental em
Projetos de Infraestrutura**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Luiz Eduardo Teixeira Brandão

Orientador

Departamento de Administração - PUC-Rio

Prof. Carlos de Lamare Bastian Pinto

Departamento de Administração - PUC-Rio

Prof^a. Katia Rocha

IPEA

Prof. Eduardo Cesar Gomes Saraiva

BNDES

Prof^a. Mônica Herz

Vice-Decana de Pós-Graduação do CCS

Rio de Janeiro, 28 de outubro de 2010

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

Aquiles Poletti Moreira

Graduou-se em Administração de Empresas na Universidade de São Paulo (USP) em 2002 e Pós-Graduou-se em Desenvolvimento Econômico e Social na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 2004. Trabalhou como Analista no Banco Central do Brasil (Bacen) e atualmente trabalha como Administrador no Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Ficha Catalográfica

Moreira, Aquiles Poletti

Parametrização ótima de garantia governamental em projetos de infraestrutura / Aquiles Poletti Moreira; orientador: Luiz Eduardo Teixeira Brandão. – 2010.

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

Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2010.

Inclui bibliografia

1. Administração - Teses. 2. Projetos de infraestrutura. 3. Avaliação de projetos. 4. Opções reais. 5. Medida de performance Omega. 6. Garantia de receita mínima. I. Brandão, Luiz Eduardo Teixeira. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD: 658

Para minha mãe Maria (*in memorium*) e
minha irmã Luciane

Agradecimentos

A Deus, por ser o único e melhor caminho;

A minha mãe Maria (*in memorium*), por seu amor incondicional;

A meu pai;

A minha irmã Luciane, por seu companheirismo;

Ao meu orientador Professor Luiz Eduardo Teixeira Brandão pela atenciosa e pacienzosa orientação;

Aos professores Kátia Rocha e Marco Antônio Dias, pelas lições enriquecedoras;

Aos colegas, professores e funcionários da PUC-Rio;

A todos os amigos e familiares, em especial, a Marcio Pontes Feijó pelo estímulo à finalização do presente trabalho;

Ao professor José Roberto Securato e a Carlos Atushi Nakamura, que tiveram relevante papel na minha iniciação profissional;

Ao professor Nestor José Mostério, por ter aberto uma porta para o saber; e

A PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Resumo

Moreira, Aquiles Poletti; Brandão, Luiz Eduardo Teixeira. **Parametrização Ótima de Garantia Governamental em Projetos de Infraestrutura**. Rio de Janeiro, 2010. 186p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração de Empresas, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nas últimas décadas a participação do capital privado em projetos de infraestrutura tem aumentado. Por outro lado, considerando os elevados riscos de alguns destes empreendimentos, pode haver necessidade do governo estabelecer mecanismos de incentivo para reduzir estes riscos para continuar atraindo o investidor privado. Uma destas alternativas é a Garantia Limitada de Receita Mínima. Nesta modalidade, é garantida ao investidor uma receita mínima do projeto limitado a um teto pré-fixado chamado de nível de CAP, o que reduz o risco do governo. Este trabalho propõe uma metodologia que permite ao governo definir os parâmetros ótimos para precificar a Garantia de Receita Mínima com CAP de forma a alcançar os objetivos de atrair a iniciativa privada e minimizar o custo e o risco esperados pelo governo. Para determinar o interesse do investidor privado foi adotada a métrica do nível de risco do projeto, obtido da distribuição de probabilidade do VPL, e o risco do governo, a medida de performance Omega, obtida da distribuição de probabilidade da garantia, usando-se a metodologia das opções reais. Para determinar os parâmetros ótimos foi utilizado método numérico, dado que uma solução analítica é inviável dada a complexidade do problema. Como resultado secundário, demonstrou-se que quando o governo analisa a garantia em um contexto de carteira de projetos, o risco do governo reduz-se devido ao efeito da diversificação.

Palavras-chave

Projetos de infraestrutura; avaliação de projetos; opções reais; medida de performance omega; garantia de receita mínima.

Abstract

Moreira, Aquiles Poletti; Brandão, Luiz Eduardo Teixeira (Advisor). **Optimal Parametrization of Government Guarantee in Infrastructure Projects**. Rio de Janeiro, 2010. 186p. MSc. Dissertation - Departamento de Administração de Empresas, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In recent decades the participation of private capital in infrastructure projects has increased. Considering the high level of risk of some of these projects, there may be a need for some sort of government support mechanisms that reduce these risks in order to continue to attract the private investor interest. One such alternative is the Limited Minimum Revenue Guarantee, where the investor is guaranteed a minimum revenue level for the project, limited to a pre-set ceiling, or CAP, which reduces the government's risk. This work proposes a method to allow the government to define the optimal parameters for both the Minimum Revenue Guarantee and the CAP, so that the private investor is attracted to the project at the lowest cost and risk possible to the government. The interest of the private investor is measured by the level of risk involved, which is obtained from the probability distribution of the project's NPV. The metric for the government risk is assumed to be the Omega performance measure, which is determined from the probability distribution of the guarantee under the real options approach. Due to the complexity of the problem, an analytic solution is not feasible and it is shown that the optimal parameters can be determined with numerical methods. As a secondary result, it is also shown that when the government analyses these guarantees in the context of a portfolio of projects, the risk to the government is reduced due to the diversification effect.

Keywords

Infrastructure projects; project valuation; real options; omega measure; minimum revenue guarantee.

Sumário

1. Introdução	16
2. Referencial teórico	19
2.1. Processos estocásticos	19
2.2. Avaliação neutra ao risco	24
2.3. Introdução da correlação nos processos estocásticos os fatores de risco do projeto	28
2.4. Orçamento de capital <i>versus</i> Planejamento estratégico	32
2.5. Avaliação tradicional de projetos	35
2.5.1. Introdução	35
2.5.2. Definição dos fatores de risco e das variáveis determinísticas do projeto	37
2.5.3. Estrutura dos fluxos de caixa e determinação dos fluxos de caixa estocásticos do projeto	37
2.5.4. Taxa de desconto do projeto	40
2.5.5. Método de simulação para determinar a distribuição de probabilidade e o valor esperado do projeto	40
2.6. Investimento sob incerteza utilizando a teoria de opções reais	42
2.6.1. Introdução	42
2.6.2. Opção do tipo CALL	43
2.6.3. Opção do tipo PUT	44
2.6.4. Propriedades das opções	46
2.7. Fórmula analítica para determinar o valor esperado do projeto: Abordagem tradicional X Abordagem utilizada em opções reais	47
2.7.1. Introdução	47
2.7.2. Abordagem tradicional	49

2.7.3. Abordagem utilizada em opções reais	49
2.7.4. Equivalência entre os processos estocásticos neutro ao risco e real	53
2.8. Medida de performance Omega	57
3. Garantias governamentais em projetos de infraestrutura	60
3.1. Introdução	60
3.2. Revisão da literatura	62
3.3. Determinação do valor da garantia governamental de receita mínima com <i>CAP</i>	65
3.3.1. Definição dos fluxos utilizados para a avaliação da garantia	66
3.3.2. Definição dos parâmetros do modelo para valorar a garantia	67
3.4. Avaliação do impacto da garantia governamental de receita mínima com <i>CAP</i> no valor presente líquido do projeto	74
3.4.1. Valor presente líquido do projeto sem garantia	75
3.4.2. Valor presente líquido do projeto com garantia sem <i>CAP</i>	75
3.4.3. Valor presente líquido do projeto com garantia com <i>CAP</i>	77
3.4.4. Análise comparativa	78
4. Metodologia para parametrização ótima da garantia governamental de receita mínima com <i>CAP</i>	79
4.1. Aspectos conceituais da metodologia proposta	79
4.2. Definições utilizadas na metodologia proposta	82
4.3. Exemplificação da lógica de aplicação da metodologia proposta	85
4.4. Etapas da metodologia proposta	90
5. Aplicação da metodologia proposta para parametrização ótima da garantia governamental de receita mínima com <i>CAP</i>	107

6. Conclusões e sugestões para trabalhos futuros	119
6.1. Conclusões	119
6.2. Sugestões para trabalhos futuros	121
7. Referências bibliográficas	122
Apêndices	131
I - Análises para testar o programa desenvolvido em MATLAB para implementar a metodologia proposta	131
II - Resultados da avaliação da garantia governamental e receita mínima com e sem <i>CAP</i>	159
III - Código-fonte desenvolvido em MATLAB para implementar a metodologia proposta no presente trabalho	168

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapeamento dos Processos Estocásticos e Estrutura de Correlação	28
Figura 2 - Fluxograma para incorporação da correlação nos processos estocásticos	31
Figura 3 - Etapas para determinação do Valor do Projeto	36
Figura 4 - Composição dos Fluxos de Caixa Estocásticos	39
Figura 5 - Perfil de <i>Payoffs</i> da CALL	44
Figura 6 - Perfil de <i>Payoffs</i> da PUT	45
Figura 7 - Abordagem de Avaliação Tradicional e por Opções Reais	52
Figura 8 - Definição gráfica dos componentes da função Omega	59
Figura 9 - Exemplo da divisão da receita em Garantia de Receita Mínima	61
Figura 10 - Impacto da Garantia Governamental de Receita Mínima no VPL	78
Figura 11 - Etapas para a aplicação da Metodologia Proposta	90
Figura 12 - Distribuição de Probabilidade do VPL sem garantia.	92
Figura 13 - Resultado à iniciativa privada e ao governo para diferentes combinações dos parâmetros	96
Figura 14 - Distribuição de Probabilidade do VPL com PUT sem <i>CAP</i>	99
Figura 15 - Distribuição de Probabilidade da PUT sem <i>CAP</i>	99
Figura 16 - Distribuição de Probabilidade do VPL com PUT com <i>CAP</i>	101
Figura 17 - Distribuição de Probabilidade da PUT com <i>CAP</i>	101
Figura 18 - Distribuição de Probabilidade da PUT com <i>CAP</i> - Medida Omega	102
Figura 19 - Distribuição de Probabilidade da PUT sem <i>CAP</i> - Medida Omega	102
Figura 20 - VPL e Nível de Risco Esperados do Projeto sem garantia: (a) Projeto 1; (b) Projeto 2; (c) Projeto 3; (d) Projeto 4	109

Figura 21 - VPL e Nível de Risco do Projeto com a PUT com <i>CAP</i> : (a) Projeto1; (b) Projeto 2; (c) Projeto 3; (d) Projeto 4	111
Figura 22 - Valor e Perda Máxima da PUT com <i>CAP</i> da Carteira de Projetos	112
Figura 23 - Valor e Perda Máxima da PUT com <i>CAP</i> : (a) Projeto 1 (b) Projeto2; (c) Projeto 3; (d) Projeto 4	112
Figura 24 - VPL e Nível de Risco do Projeto com a PUT sem <i>CAP</i> : (a) Projeto1; (b) Projeto 2; (c) Projeto 3; (d) Projeto 4	114
Figura 25 - Valor e Perda Máxima da PUT sem <i>CAP</i> da Carteira de Projetos	115
Figura 26 - Valor e Perda Máxima da PUT sem <i>CAP</i> : (a) Projeto 1; (b) Projeto2; (c) Projeto 3; (d) Projeto 4	116
Figura 27 - Valor da PUT com ou sem <i>CAP</i> em relação à volatilidade.	134
Figura 28 - Valor da PUT com ou sem <i>CAP</i> em relação ao nível de <i>Floor Guarantee</i>	135
Figura 29 - Valor da PUT com ou sem <i>CAP</i> em relação à taxa livre de Risco	136
Figura 30 - Valor da PUT com ou sem <i>CAP</i> em relação à taxa de dividendos	137
Figura 31 - Custo e Risco Esperados pelo governo em relação ao Nível de Risco do Investidor	140
Figura 32 - Custo Esperado do governo em relação ao nível de <i>Floor Guarantee</i>	141
Figura 33 - Valor da PUT com <i>CAP</i> em relação ao Nível de <i>CAP</i>	143
Figura 34 - Perda Máxima Esperada em relação ao nível de <i>Floor Guarantee</i>	145
Figura 35 - Medida de Performance Omega em relação ao nível de <i>Floor Guarantee</i>	147
Figura 36 - Medida de Performance Omega em relação ao nível de <i>CAP</i>	147
Figura 37 - Medida de Performance Omega da PUT com <i>CAP</i> em relação a da PUT sem <i>CAP</i>	148
Figura 38 - VPL do projeto com ou sem garantia em relação ao Nível de Risco do Investidor	151

Figura 39 - Nível de Risco do Projeto em relação ao nível de <i>Floor Guarantee</i>	152
Figura 40 - VPL do projeto em relação ao nível de <i>Floor Guarantee</i>	153
Figura 41 - Perda Máxima Esperada pelo governo em relação ao nível de correlação	155
Figura 42 - Perda Máxima Esperada pela Carteira em relação ao nível de correlação	157

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Modelo da Estrutura de um Fluxo de Caixa.	38
Tabela 2 - Características das Opções em relação às variáveis-chave	46
Tabela 3 - Nível de Risco do Projeto para diferentes combinações dos parâmetros	85
Tabela 4 - Custo Esperado do governo para diferentes combinações dos parâmetros	86
Tabela 5 - Risco Esperado pelo governo para diferentes combinações dos parâmetros	86
Tabela 6 - Medida de Performance Omega para diferentes combinações dos parâmetros	87
Tabela 7 - Parâmetros do Projeto utilizado na aplicação da Metodologia Proposta	91
Tabela 8 - Quantidade de combinações para diferentes discretizações dos parâmetros	94
Tabela 9 - Combinações ótimas dos parâmetros para diferentes discretizações dos parâmetros	95
Tabela 10 - Nível de Risco do Projeto e Medida de Performance Omega para as combinações ótimas dos parâmetros	95
Tabela 11 - Custo e Risco esperados pelo governo considerando as combinações ótimas dos parâmetros	96
Tabela 12 - Parâmetros dos Projetos da Carteira para precificar as garantias	108
Tabela 13 - Resultado da Avaliação dos Projetos da Carteira na ausência da garantia	108
Tabela 14 - Nível de Risco do Projeto sem garantia e do Investidor para cada projeto da Carteira	109
Tabela 15 - Combinação ótima dos parâmetros para cada Projeto da Carteira	110

Tabela 16 - Nível de Risco do Projeto com a garantia precificada com a combinação ótima dos parâmetros	111
Tabela 17 - Combinação não ótima dos parâmetros para cada Projeto da Carteira	113
Tabela 18 - Nível de Risco do Projeto com a garantia precificada com a combinação não ótima dos parâmetros	113
Tabela 19 – Resultados obtidos da combinação ótima encontrada a partir da metodologia proposta	118
Tabela 20 - Resultados obtidos da combinação não ótima, dispensando a metodologia proposta.	118
Tabela 21 – Parâmetros do Projeto utilizado para validar o programa desenvolvido em MATLAB	132
Tabela 22 - Comportamento da PUT com ou sem <i>CAP</i> em relação à volatilidade	134
Tabela 23 - Comportamento da PUT com ou sem <i>CAP</i> em relação ao nível de <i>Floor Guarantee</i>	136
Tabela 24 - Comportamento da PUT com ou sem <i>CAP</i> em relação à taxa livre de risco	137
Tabela 25 - Comportamento da PUT com ou sem <i>CAP</i> em relação à taxa de dividendos	138
Tabela 26 - Custo e Risco Esperados pelo governo em relação ao Nível de Risco do Investidor.	140
Tabela 27 - Custo Esperado pelo governo em relação ao Nível de <i>Floor Guarantee</i>	142
Tabela 28 - Custo Esperado pelo governo em relação ao Nível de <i>CAP</i>	143
Tabela 29 - Perda Máxima Esperada pelo governo em relação ao Nível de <i>Floor Guarantee</i>	146