



**Frances Fischberg Blank**

**Teoria de Opções Reais em *Project Finance* e  
Parceria Público-Privada: Uma Aplicação  
em Concessões Rodoviárias**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação  
em Engenharia Industrial da PUC-Rio como requisito  
parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia  
Industrial.

Orientador: Tara Keshar Nanda Baidya  
Co-orientador: Marco Antonio Guimarães Dias

Rio de Janeiro  
Abril de 2008

# **Livros Grátis**

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

Milhares de livros grátis para download.



**Frances Fischberg Blank**

**Teoria de Opções Reais em *Project Finance* e  
Parceria Público-Privada: Uma Aplicação  
em Concessões Rodoviárias**

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

**Prof. Tara Keshar Nanda Baidya**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Marco Antonio Guimarães Dias**

Co-orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Carlos Patricio Samanez**

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Luiz Eduardo Teixeira Brandão**

IAG – PUC-Rio

**Prof. José Eugênio Leal**

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 10 de abril de 2008

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

### **Frances Fischberg Blank**

Graduou-se em Engenharia de Produção na PUC-Rio em 1997. Cursou o MBA Executivo do Coppead – UFRJ em 2001. Trabalhou em empresas do setor financeiro em posições de gerência e diretoria, tendo participado ativamente de forma pioneira da implantação de *web site* voltado para operações em bolsa de valores. Adquiriu experiência empreendedora em negócio próprio voltado para terceirização de serviços de escritório.

#### Ficha Catalográfica

Blank, Frances Fischberg

Teoria de opções reais em Project Finance e Parceria Público-Privada: uma aplicação em concessões rodoviárias / Frances Fischberg Blank ; orientador: Tara Keshar Nanda Baidya ; co-orientador: Marco Antonio Guimarães Dias. – 2008.

200 f. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Opções reais. 3. Project Finance. 4. Parceria público-privada. 5. PPP. 6. Concessão rodoviária. 7. Garantias governamentais. 8. Opção de abandono. I. Baidya, Tara Keshar Nanda. II. Dias, Marco Antonio Guimarães. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD: 658.5

A Bia, Carol e Sérgio,  
por todo amor, apoio e incentivo

## Agradecimentos

Às minhas filhas e ao meu marido, por todo amor, carinho, paciência e incentivo em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, pelo amor, pela educação, pelo apoio e pelas oportunidades que sempre me proporcionaram.

Às minhas avós e minhas irmãs, pelo amor e pela atenção de sempre.

Ao meu orientador, Professor Tara Keshar Nanda Baidya, pelos ensinamentos e pela amizade ao longo destes anos de mestrado e pela ajuda, contribuição e paciência para realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Professor Marco Antonio Guimarães Dias, pelo incentivo, pela ajuda, pela atenção e pela amizade durante o período do mestrado, especialmente na realização deste trabalho.

Ao professor Luiz Eduardo Teixeira Brandão, pelas importantes contribuições sobre o tema escolhido.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio, pelos ensinamentos e pela ajuda em todas as horas.

A todos os meus familiares, que sempre me estimularam e me ajudaram.

Aos meus amigos e colegas, pela companhia e pelas horas de estudo em conjunto.

À CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos para a realização deste trabalho.

## Resumo

Blank, Frances Fischberg; Baidya, Tara Keshar Nanda; Dias, Marco Antonio Guimarães. **Teoria de Opções Reais em Project Finance e Parceria Público-Privada: Uma Aplicação em Concessões Rodoviárias.** Rio de Janeiro, 2008. 200p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A utilização de financiamentos baseados em *project finance* ganhou grande impulso nas últimas décadas em projetos de infra-estrutura pública. Em todo o mundo, governos têm incentivado o investimento privado nesta área através de estruturas de PPP (Parceria Público-Privada), cujo conceito vem se desenvolvendo e aprimorando. O setor de transportes apresenta vasto campo para aplicação de tais instrumentos, destacando-se as concessões rodoviárias. Dadas as características de alguns projetos envolvendo *project finance* e PPP, faz-se necessário o uso de conceitos da Teoria de Opções Reais que permitem a correta avaliação de viabilidade econômica, além de explicitarem as vantagens da utilização destes instrumentos no que se refere a alocação de riscos. Assim como no *project finance*, as PPPs envolvem compromissos contratuais, de forma que neste caso o governo pode oferecer subsídios, garantias ou outras formas de suporte com objetivo de reduzir o risco do investidor privado. Nas concessões rodoviárias, por exemplo, considerando o fator de risco relacionado ao tráfego, tem-se discutido muito sobre a questão de garantias governamentais, que podem ser oferecidas segundo diferentes modelos. O objetivo desta dissertação é rever as características relacionadas a estruturas de *project finance* e PPP, bem como aplicações existentes de conceitos de opções reais nestes casos. É apresentado um projeto hipotético de concessão rodoviária neste contexto e três opções são identificadas: garantia de tráfego mínimo, repasse de receita por tráfego máximo e possibilidade de abandono pelos acionistas.

## Palavras-Chave

Opções reais; *project finance*; parceria público-privada; PPP; concessão rodoviária; garantias governamentais; opção de abandono

## Abstract

Blank, Frances Fischberg; Baidya, Tara Keshar Nanda; Dias, Marco Antonio Guimarães. **Real Options in Project Finance and Public Private Partnership: An Application to Toll Road Concessions**. Rio de Janeiro, 2008. 200p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The use of project finance in public infrastructure projects has been growing in the last decades. Governments around the world have been motivating private investments in infrastructure through public private partnerships (PPP) framework. In the transport sector, for example, project finance and PPP are largely used in toll road concessions. Some real options can be identified in these structures and it is necessary to use the correct methodology to analyze project economic feasibility and risk allocation. The PPP agreements may include subsidies, guarantees and other forms of support designed to reduce the risk to the private investor. Regarding the revenue risk in toll road concessions, different models of traffic guarantees have been offered by governments in many countries. This thesis intends to review these concessions, keeping in mind project finance, PPP features and real options that may exist in this context. A hypothetical toll road concession is proposed and three real options are identified and analyzed: a minimum traffic guarantee, a maximum traffic ceiling and a possible abandonment by the sponsors.

## Keywords

Real options; *project finance*; public private partnership; PPP; toll road concession; government guarantees; option to abandon

# Sumário

1. Introdução	17
2. <i>Project Finance</i>	20
2.1. Definição	20
2.2. Histórico	21
2.3. Estrutura e Participantes	23
2.4. Classificação de acordo com as Garantias Concedidas	25
2.5. <i>Project Finance</i> versus Financiamento Corporativo	25
2.6. Vantagens e Desvantagens	26
2.7. Riscos	29
2.8. Tipos de Contratos	33
2.9. <i>Project Finance</i> em Projetos Públicos	35
2.10. <i>Project Finance</i> no Brasil	36
3. Parcerias Público-Privadas	39
3.1. Definições e Origens	39
3.2. Tipos de PPP	40
3.3. Riscos	43
3.4. PPP <i>versus Project Finance</i>	43
3.5. PPP no Brasil	44
4. Concessões Rodoviárias	48
4.1. Concessão de Infra-estrutura	48
4.2. Aspectos Econômico-Financeiros em Concessões Rodoviárias	50
4.3. Concessões Rodoviárias no Mundo	52
4.3.1. Concessões Rodoviárias na França	52
4.3.2. Concessões Rodoviárias na Inglaterra	53
4.3.3. Concessões Rodoviárias na Espanha	53
4.3.4. Concessões Rodoviárias nos Estados Unidos	54
4.3.5. Concessões Rodoviárias no México	55

4.3.6. Concessões Rodoviárias no Chile	56
4.4. Concessões Rodoviárias no Brasil	58
5. Teoria de Opções Reais	64
5.1. Teoria Tradicional de Análise de Investimentos	64
5.1.1. Teoria Tradicional <i>versus</i> Teoria de Opções Reais	67
5.2. Opções Financeiras	68
5.3. Tipos de Opções Reais	70
5.4. Princípio da Neutralidade ao Risco	73
5.4.1. Preço de Mercado do Risco	74
5.4.1.1. Cálculo do Preço de Mercado do Risco de uma Variável	78
5.4.2. Neutralidade ao Risco no Caso de Variáveis Não-Negociáveis	79
5.5. Simulação de Monte Carlo	80
6. Opções Reais no Contexto de <i>Project Finance</i> e PPP	83
6.1. Opções Reais em <i>Project Finance</i>	83
6.2. Opções Reais em Concessões Rodoviárias	88
6.3. Opções Reais em PPP	90
6.4. Mecanismos de Mitigação de Risco de Demanda	106
6.5. Caso Real: PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo	107
7. Projeto de Concessão Rodoviária na Presença de Opções Reais	115
7.1. Dados do Projeto	115
7.1.1. Receita	115
7.1.2. Modelagem do Tráfego	116
7.1.2.1. Estimativa de Parâmetros	118
7.1.2.2. Tráfego Esperado	119
7.1.3. Investimento e Custos	121
7.1.4. Financiamento	122
7.1.5. Fluxo de Caixa e Taxa de Desconto	122
7.2. Metodologia	123

7.2.1. Modelagem das Opções de Garantia por Tráfego Mínimo e Repasse por Tráfego Máximo	123
7.2.1.1. Modelagem Analítica	127
7.2.1.2. Modelagem por Simulação de Monte Carlo	129
7.2.2. Modelagem da Opção de Abandono	130
7.3. Simulação Neutra ao Risco	133
7.4. Resultados	135
7.4.1. Projeto sem Presença de Opções	136
7.4.2. Projeto com Presença de Opções	139
7.4.2.1. Projeto com Opções de Garantia por Tráfego Mínimo e Repasse por Máximo	139
7.4.2.1.1. Metodologia Analítica	142
7.4.2.1.2. Método por Simulação de Monte Carlo	146
7.4.2.1.3. Cálculos de VPL e TIR	151
7.4.2.1.4. Capacidade Máxima de Tráfego na Rodovia	156
7.4.2.2. Projeto com Opção de Abandono, de Garantia por Tráfego Mínimo e de Repasse por Tráfego Máximo	159
7.4.2.2.1. Curvas de Gatilho de Tráfego	160
7.4.2.2.2. VPL e Valor das Opções	162
7.4.2.2.3. Probabilidade e Tempo Médio de Abandono	164
7.4.2.2.4. Dois Níveis de Opção de Garantia por Tráfego Mínimo e Repasse por Tráfego Máximo	168
7.4.2.3. Análise de Sensibilidade do VPL Esperado	171
8. Conclusões e Recomendações	176
9. Referências Bibliográficas	180
10. Apêndices	185
10.1. Demonstrações do Capítulo 5	185
10.1.1. Preço de Mercado do Risco para Ativo com Dividendos ou Fluxo	185
10.1.2. Preço de Mercado do Risco para Variável Financeira ou Não	186

10.2. Dados de Tráfego de Rodovias Administradas pelas Empresas CCR e OHL Brasil	189
10.3. Modelagem Analítica para Dois Níveis de Pisos e Tetos de Tráfego	191
10.4. Dados do Índice ABCR e do IBovespa	192
10.5. Resultados do Projeto do Capítulo 7	193
10.5.1. Caso de um Nível de Garantia por Tráfego Mínimo	193
10.5.2. Caso de um Nível de Garantia por Tráfego Mínimo e um Nível de Repasse por Tráfego Máximo	194
10.5.3. Presença de Capacidade Máxima de Tráfego na Rodovia	195
10.5.4. Dados de Gatilho de Tráfego	196
10.5.5. VPL e Valor das Opções na Presença da Opção de Abandono	197
10.5.6. Probabilidade e Tempo Médio de Abandono	198
10.5.7. Análise de Sensibilidade	199

## Lista de figuras

Figura 1 – Estrutura básica de um <i>project finance</i>	23
Figura 2 – Elementos de um <i>project finance</i> influenciados por opções reais	85
Figura 3 – Faixas de mitigação de risco de demanda na PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo	110
Figura 4 – Tráfego esperado e Intervalos de confiança	121
Figura 5 – Receita com opções versus Receita sem opções (caso com dois níveis de piso e teto de tráfego)	126
Figura 6 – Distribuição do VPL sem opções	136
Figura 7 – Tráfego esperado com um nível de piso	139
Figura 8 – Receita com opções versus Receita sem opções (caso com um nível de piso de tráfego)	140
Figura 9 – Tráfego esperado com um nível de piso e teto	141
Figura 10 – Receita com opções versus Receita sem opções (caso com um nível de piso e teto de tráfego)	142
Figura 11 – Valor total analítico das garantias de tráfego mínimo	143
Figura 12 – Valor analítico da opção de garantia de cada ano em $t=0$	143
Figura 13 – Valor analítico conjunto das opções de garantia e repasse	145
Figura 14 – Valor analítico conjunto das opções de garantia e repasse de cada ano em $t=0$	145
Figura 15 – Valor total das garantias de tráfego mínimo por simulação	147
Figura 16 – Valor da opção de garantia de cada ano em $t=0$ por simulação	148
Figura 17 – Valor conjunto das opções de garantia e repasse por simulação	149
Figura 18 – Valor conjunto das opções de garantia e repasse ano a ano em $t=0$ por simulação	150

Figura 19 – VPL esperado na presença apenas de garantias	151
Figura 20 – TIR esperada na presença apenas de garantias	152
Figura 21 – VPL esperado na presença de garantias e repasses	152
Figura 22 – TIR esperada na presença de garantias e repasses	153
Figura 23 – VPL sem opções com capacidade máxima de tráfego	157
Figura 24 – Valor total das opções de garantia com capacidade máxima de tráfego	158
Figura 25 – Valor conjunto das garantias e repasses com capacidade máxima de tráfego	159
Figura 26 – Curva de gatilho de tráfego para projeto sem opções	160
Figura 27 – Tráfego de gatilho com opções de garantia e repasse (recomposição / repasse de 100%)	161
Figura 28 – Tráfego de gatilho com opções de garantia e repasse (recomposição / repasse de 50%)	162
Figura 29 – Probabilidade de abandono na presença de opções de garantia e repasse	165
Figura 30 – Tempo médio de abandono na presença de opções de garantia e repasse	166
Figura 31 – VPL esperado <i>versus</i> Probabilidade de abandono	167
Figura 32 – Tráfego esperado com dois níveis de piso e teto	169
Figura 33 – VPL esperado e probabilidade de abandono para dois níveis de opções	170
Figura 34 – Sensibilidade VPL x Pedágio	171
Figura 35 – Sensibilidade VPL x Tráfego Inicial Esperado	172
Figura 36 – Sensibilidade VPL x <i>Drift</i> Esperado do Tráfego	173
Figura 37 – Sensibilidade VPL x Volatilidade do Tráfego	174
Figura 38 – Sensibilidade VPL x Correlação do Tráfego com IBovespa	175

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Modelos clássicos de parceria público-privada	42
Tabela 2 – Concessões rodoviárias federais na 1ª etapa	60
Tabela 3 – Concessões rodoviárias federais na 2ª etapa	60
Tabela 4 – Concessões rodoviárias no Brasil	61
Tabela 5 – Comparação Opção Financeira <i>versus</i> Opção Real	70
Tabela 6 – Parâmetros das concessões da CCR	118
Tabela 7 – Parâmetros das concessões da OHL	119
Tabela 8 – Valores esperados para o tráfego a cada ano	120
Tabela 9 – Fluxo de caixa real esperado sem opções	138
Tabela 10 – Valor total das opções de garantia calculado analiticamente	142
Tabela 11 – Valor conjunto das opções de garantia e repasse calculado analiticamente	144
Tabela 12 – Valor total das opções de garantia calculado por simulação	146
Tabela 13 – Valor conjunto das opções de garantia e repasse calculado por simulação	148
Tabela 14 – Fluxos de caixa reais esperados para piso de 70% e teto de 130%	155
Tabela 15 – VPL e valor das opções sem e com abandono	163
Tabela 16 – Probabilidade de abandono abaixo de 2%	168
Tabela 17 – VPL e probabilidade de abandono com dois níveis de opções de garantia e repasse	169
Tabela 18 – Dados de tráfego de rodovias administradas pela CCR	189
Tabela 19 – Dados de tráfego de rodovias administradas pela OHL Brasil	190
Tabela 20 – Dados do Índice ABCR e do IBovespa	192
Tabela 21 – VPL esperado sem opções por simulação	193
Tabela 22 – VPL esperado com garantia por simulação	193

Tabela 23 – Desvio-padrão do VPL com garantia	193
Tabela 24 – TIR esperada do caso com garantia	194
Tabela 25 – VPL esperado com garantia e repasse por simulação	194
Tabela 26 – Desvio-padrão do VPL com garantia e repasse	194
Tabela 27 – TIR esperada do caso com garantia e repasse	195
Tabela 28 – VPL esperado sem opções com capacidade máxima	195
Tabela 29 – Valor das opções de garantia com capacidade máxima	195
Tabela 30 – Valor conjunto das opções de garantia e repasse com capacidade máxima	195
Tabela 31 – Gatilhos de tráfego para projeto sem opções	196
Tabela 32 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomposição / repasse de 90%)	197
Tabela 33 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomposição / repasse de 80%)	197
Tabela 34 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomposição / repasse de 70%)	197
Tabela 35 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomposição / repasse de 60%)	197
Tabela 36 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomposição / repasse de 50%)	198
Tabela 37 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomposição / repasse de 100%)	198
Tabela 38 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomposição / repasse de 90%)	198
Tabela 39 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomposição / repasse de 80%)	198
Tabela 40 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomposição / repasse de 70%)	199
Tabela 41 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomposição / repasse de 60%)	199
Tabela 42 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomposição / repasse de 50%)	199
Tabela 43 – Sensibilidade VPL x Pedágio	199

Tabela 44 – Sensibilidade VPL x Tráfego Inicial Esperado	200
Tabela 45 – Sensibilidade VPL x <i>Drift</i> Esperado do Tráfego	200
Tabela 46 – Sensibilidade VPL x Volatilidade do Tráfego	200
Tabela 47 – Sensibilidade VPL x Correlação do Tráfego com o IBo- vespa	200

# 1 Introdução

O *project finance* é um importante instrumento para viabilizar projetos de infra-estrutura, que demandam altos investimentos. Tendo em vista sua complexidade e a diversidade de interesses das partes, o *project finance* se apresenta como uma estrutura diretamente relacionada ao gerenciamento de risco. Ao se optar por esta forma de financiamento, os objetivos de alocação de risco se tornam mais claros.

No que se refere à infra-estrutura pública, um instrumento cuja utilização vem apresentando grande crescimento nas últimas décadas é a parceria público-privada (PPP), sendo esta uma tendência mundial. Especialmente em mercados em desenvolvimento, a escassez de recursos públicos aliada à enorme necessidade de investimento em infra-estrutura propicia um ambiente para tais parcerias. A definição de uma PPP difere de país para país, sendo o termo no Brasil utilizado de forma mais restrita a determinados projetos, baseado em legislação específica. Sua aplicação no Brasil é ainda limitada, não tendo sido implementada em projetos federais.

O setor de transportes apresenta vasto campo para aplicação de estruturas envolvendo *project finance* e PPP, destacando-se, neste caso, as concessões rodoviárias. Nas últimas décadas, em vários países, desenvolvidos e emergentes, os governos vêm transferindo à iniciativa privada um número crescente de rodovias, nas quais o pedágio representa o pagamento dos usuários pelos serviços ofertados.

Para avaliação econômica de projetos envolvendo estruturas de *project finance* e PPP, a aplicação da Teoria das Opções Reais tem ganhado cada vez mais relevância. A análise de projetos sob a ótica desta teoria considera o valor das flexibilidades gerenciais inerentes às mais diversas situações e que pode tornar viáveis projetos antes subavaliados pela teoria financeira clássica, além de explicitar as vantagens de uma estrutura de financiamento como o *project finance*.

Sob a ótica da Teoria das Opções Reais, o *project finance* se justifica tendo como fator-chave o gerenciamento e a alocação dos riscos entre as partes envolvidas.

Adicionalmente, em projetos envolvendo PPP – ou mesmo concessões na forma tradicional – podem existir cláusulas com características de opções reais que justificam o uso das ferramentas adequadas para avaliação. Um dos pontos principais das PPPs reside na mitigação de riscos dos mais diversos tipos para que o investimento privado seja realizado. Assim como no *project finance*, as PPPs envolvem compromissos contratuais, de forma que, neste caso, o governo pode oferecer garantias e opções ao investidor privado como forma de minimizar os riscos envolvidos no projeto. No caso de concessões rodoviárias, por exemplo, levando-se em conta a importância do fator de risco referente ao tráfego na fase operacional do projeto, muito se tem discutido sobre a questão de garantias governamentais e sua correta avaliação, tanto do ponto de vista do concessionário quanto do ponto de vista do governo.

A presente dissertação encontra-se dividida em 10 capítulos.

O Capítulo 2 apresenta os principais conceitos sobre *project finance*, as vantagens e desvantagens desta estrutura e os principais riscos envolvidos nas operações. O Capítulo 3 aborda as definições de PPP, suas características, os riscos envolvidos e as aplicações no Brasil. O Capítulo 4 trata das concessões públicas, em particular, das concessões rodoviárias, de interesse prático neste trabalho. Nele estão incluídas algumas definições, as experiências em alguns países – com ênfase em projetos envolvendo garantias governamentais, além do panorama do setor no Brasil.

No Capítulo 5, é realizado um breve resumo sobre a Teoria das Opções Reais, seus principais conceitos e a comparação com a Teoria Financeira Tradicional. Neste estudo é dada especial ênfase ao princípio de neutralidade ao risco, abordando a definição, estimativa e utilização do preço de mercado de risco de determinada variável de interesse.

O Capítulo 6 apresenta, então, uma revisão bibliográfica sobre as aplicações da Teoria das Opções Reais a projetos envolvendo *project finance*, concessões rodoviárias e PPP. No caso das concessões rodoviárias sob estrutura de PPP, são abordadas as garantias de risco de tráfego (ou receita) e as diversas modelagens já apresentadas para o problema. No Brasil, uma aplicação prática

desta garantia é a PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo, cuja metodologia é apresentada e serve como base para a modelagem do projeto no capítulo seguinte.

No Capítulo 7, é apresentado um projeto hipotético de concessão rodoviária, envolvendo conceitos de financiamento sob estrutura de *project finance* e garantias governamentais de tráfego sob o conceito de PPP. Neste projeto, é utilizado o conceito de preço de mercado de risco do tráfego de forma a utilizar o princípio de neutralidade ao risco para a avaliação dos valores das opções envolvidas. A abordagem propõe garantia de tráfego, associada a valores de piso, e repasse de receita, associado a valores de teto de tráfego, de forma que tais garantias e repasses apresentam claras características de opções reais. Além disso, é considerada também a possibilidade de abandono por parte do concessionário e os conceitos de probabilidade e tempo médio de abandono.

O Capítulo 8 apresenta as conclusões do trabalho e recomendações para estudos futuros. Finalmente, os Capítulos 9 e 10 incluem as referências bibliográficas e os apêndices.

## 2 **Project Finance**

### 2.1 **Definição**

*Project finance* significa muito mais do que a tradução literal “financiamento de projeto” a partir da língua inglesa. Segundo Finnerty (2007), *project finance* pode ser definido como “a captação de recursos para financiar um projeto de investimento de capital economicamente separável, no qual os provedores de recursos vêm o fluxo de caixa vindo do projeto como fonte primária de recursos para atender ao serviço de seus empréstimos e fornecer o retorno sobre o capital investido do projeto”.

Segundo Esty (2004), o *project finance* envolve a criação legal de uma empresa independente de projeto, cujos recursos provêm de dívida sem garantias solidárias<sup>1</sup> e por capital próprio de um ou mais patrocinadores com o objetivo de financiar um ativo de propósito específico.

Para Borges e Faria (2002), o *project finance* caracteriza-se como uma modalidade de financiamento cujo processo de avaliação, estruturação e concessão de recursos se baseia, primordialmente, na capacidade financeira do projeto.

Estas definições de *project finance* incluem três decisões importantes para sua utilização (Esty, 2004): decisão de investimento, envolvendo um ativo, decisão organizacional, envolvendo a formação de uma empresa independente, e decisão de financiamento, envolvendo o tipo de dívida e garantias relacionadas.

As estruturas de *project finance* variam muito caso a caso e são negociadas de forma específica para cada situação. Mas há características comuns entre todas as abordagens:

- O projeto deve ser economicamente e legalmente separável através da criação de uma SPE (Sociedade de Propósito Específico, ou, em

---

<sup>1</sup> Esta definição de dívida é chamada em inglês de *non recourse debt* e será definida mais adiante.

inglês, *SPC – Special Purpose Company*). Desta forma, a captação é realizada para um novo projeto e não para um negócio pré-estabelecido.

- Os patrocinadores não oferecem nenhum direito ou, na maioria dos casos, apenas direitos limitados de regresso sobre os seus ativos, de forma que as garantias fornecidas aos credores são limitadas.
- Há uma alta taxa de alavancagem, sendo normalmente 70% a 90% do valor do projeto financiado através de dívida.
- Os credores se baseiam nos fluxos de caixa futuros do projeto como fonte principal para pagamentos dos juros e da dívida.
- O *project finance* requer uma cuidadosa engenharia financeira para alocar os riscos e retornos entre as partes envolvidas, exigindo uma complexa estrutura de acordos e contratos entre todas as partes.
- O projeto tem vida finita e, assim, a dívida deverá ser liquidada até esta data.

De acordo com Pollio (1998), *project finance* é um instrumento que permite o gerenciamento de risco de uma empresa. Através desta estrutura de financiamento, os riscos podem ser compartilhados com bancos e outros participantes de forma mais clara. Assim, o *project finance* não tem relação com restrições de capital ou com a capacidade financeira das empresas patrocinadoras, que muitas vezes estão entre as maiores do mundo. A questão central ao se optar por uma estrutura de *project finance* reside nos objetivos de alocação de riscos.

## 2.2 Histórico

O financiamento baseado em fluxo de caixa é uma técnica antiga, tendo seus primórdios no século VII, no comércio na Europa. Em 1299, a Coroa Britânica negociou um empréstimo junto a Frescobaldi, um dos principais bancos de investimento italianos da época, para desenvolver minas de prata. Contratualmente, o credor controlaria as minas e retiraria o minério na quantidade que quisesse, durante um ano, assumindo o custo da operação (Finnerty, 2007).

Há muito, esta forma de financiamento, hoje conhecida como *project finance*, vem sendo utilizada em projetos de recursos naturais de larga escala nas áreas de petróleo e energia elétrica, tendo surgido concretamente no Reino Unido no início da década de 1970 em projetos e expansão de plataforma de exploração de petróleo e gás (Bonomi e Malvessi, 2002) e ganhado grande impulso nos Estados Unidos no final da mesma década, no setor de energia elétrica, com a aprovação do PURPA<sup>2</sup> (*Public Utility Regulatory Policy Act*, ou Lei da Política de Regulamentação de Serviços Públicos) (Finnerty, 2007).

Portanto, a lógica do financiamento baseado em fluxo de caixa não é nova. Segundo Borges e Faria (2002), os atuais arranjos financeiros e as sofisticadas formas de mitigação de risco oferecidas pelo mercado é que são inovadores.

Historicamente, o setor privado têm utilizado o *project finance* para financiar projetos industriais. Mais recentemente, outra área em que este instrumento tem se mostrado promissor é a de infra-estrutura (Esty, 2004; Finnerty, 2007), na qual identificam-se parcerias público-privadas para o financiamento de instalações de transporte, estações geradoras de energia, sistemas de comunicação e outros projetos. Os investimentos em projetos de infra-estrutura são altos e de longa maturação, demandando financiamentos também de longo prazo, além de um ambiente econômico estável.

No Brasil, segundo Bonomi e Malvessi (2002), o *project finance* surgiu como uma forma de financiamento nos anos 90, em decorrência do processo de privatização. Tendo em vista a necessidade de altos investimentos nos projetos de infra-estrutura após a privatização das empresas estatais, o *project finance* se mostrou uma boa alternativa.

Vale ressaltar que a estruturação do *project finance* se baseia em obrigações contratuais de longo prazo e tornou-se bastante difundida em países como os EUA e a Inglaterra justamente por terem legislações em que os contratos possuem grande importância legal (Borges e Faria, 2002). Em países como o Brasil, instrumentos contratuais se caracterizam por serem mais frágeis e, conseqüentemente, exigem maior cautela por parte de investidores.

---

<sup>2</sup> Sob o PURPA, empresas de distribuição de energia elétrica deveriam comprar toda a produção de produtores qualificados e independentes através de contratos de longo prazo.

## 2.3 Estrutura e Participantes

A vida de um projeto pode ser dividida em três etapas (Yescombe, 2002): a de desenvolvimento da estrutura, a de construção e a de operação<sup>3</sup>.

Quando se decide pela utilização de um *project finance*, na primeira etapa, há negociação de contratos e define-se a estrutura financeira de patrimônio e dívida. Os patrocinadores se destacam nesta fase, gerenciando o processo e tendo assessoria de especialistas externos. Normalmente, é neste período em que a SPE é constituída e passa ela mesma, a partir de então, a gerenciar o projeto. Na etapa seguinte, o *project finance* é fechado e o projeto é construído e, finalmente, na última etapa, o projeto opera comercialmente e produz fluxo de caixa para pagar o serviço e o principal da dívida, bem como dar retorno aos acionistas.

A estrutura básica de um *project finance* pode ser visualizada a seguir.

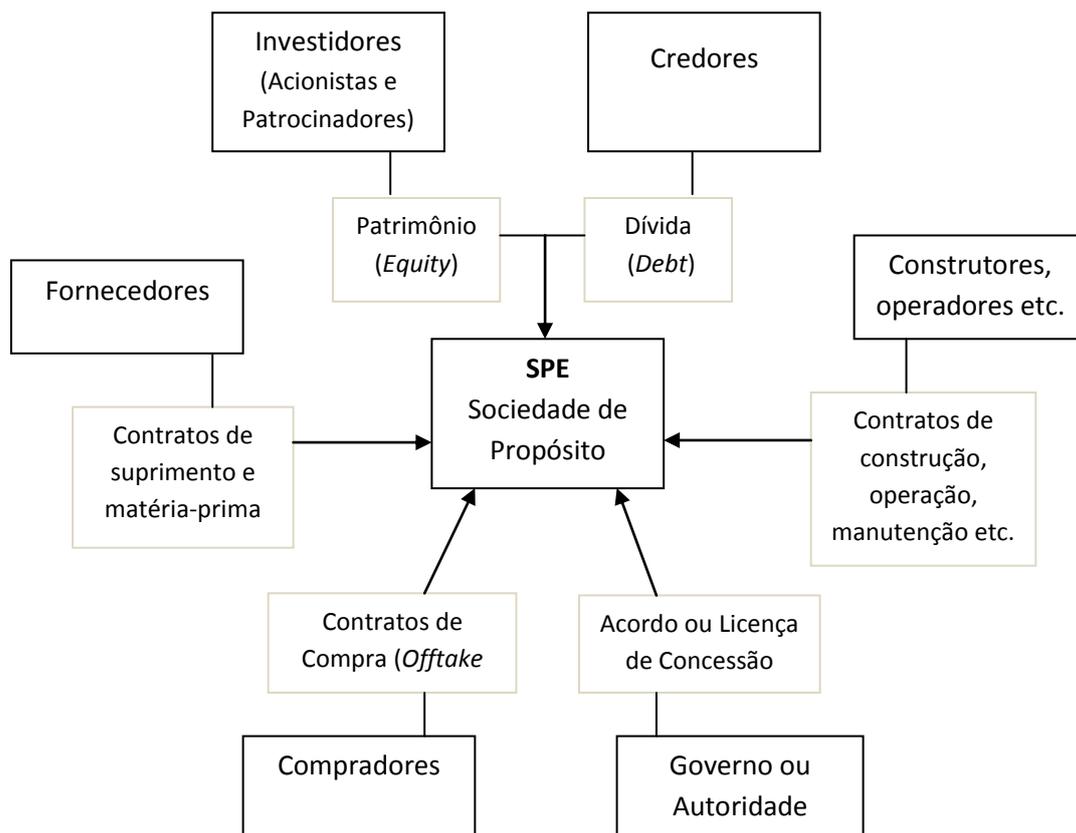


Figura 1 - Estrutura básica de um *project finance*  
Fonte: Yescombe (2002), Finnerty (2007)

<sup>3</sup> Embora normalmente se pense em aplicação de *project finance* a um projeto novo (*green field*), também é comum sua utilização para projetos existentes em ampliação (*brown field*), segundo Borges e Faria (2002).

No centro estão os ativos do projeto com um propósito específico, ou a SPE, cercada pelos seguintes agentes: acionistas, patrocinadores, credores, compradores, autoridade pública (se for o caso), fornecedores e outras figuras participantes da construção, operação e manutenção do projeto.

O *project finance* em si apresenta dois elementos: o patrimônio (*equity*), cujos recursos são fornecidos pelos investidores no projeto, e a dívida, cujos recursos são fornecidos por um ou mais credores.

Os investidores (acionistas e patrocinadores) têm interesse direto no projeto, sendo mais uma oportunidade de negócio. Os patrocinadores são os investidores que desenvolvem e lideram o projeto através de seu investimento na SPE. Os credores fornecem o financiamento, sendo os principais participantes bancos, agências bilaterais e multilaterais, fundos de pensão e fundos de investimento.

Uma estrutura mais detalhada inclui outros agentes, dentre os quais: banco líder<sup>4</sup>; seguradoras; assessor financeiro<sup>5</sup>; engenheiro independente<sup>6</sup>; agente fiduciário<sup>7</sup> e a assessoria jurídica, segundo (Borges e Faria, 2002).

Esta estrutura requer uma cuidadosa engenharia financeira para alocar riscos e retornos entre as partes, de forma que, as relações contratuais são essenciais para o seu funcionamento. O conjunto de contratos é grande, complexo, oneroso e demanda tempo para ser elaborado. Além disso, tendo em vista que a alocação dos riscos com as responsabilidades e garantias correspondentes está baseada neste conjunto de contratos, é necessário que se disponha de uma ambiente legal em que os contratos sejam instrumentos confiáveis.

Segundo Yescombe (2002), a base contratual de um *project finance* consiste de um Acordo de Projeto<sup>8</sup> – que pode ser um contrato de compra, segundo o qual se define a venda de longo prazo do produto produzido pelo projeto, ou um acordo de concessão, segundo o qual uma autoridade pública concede à SPE o direito de construir o projeto e receber as receitas provenientes da prestação de serviço.

---

<sup>4</sup> Banco Líder ou estruturador ou *arranger* é aquele que, além de estar envolvido no financiamento, é responsável pela sua estruturação.

<sup>5</sup> Assessor Financeiro ou *financial advisor* é um consultor independente, responsável por instruir os acionistas sobre os riscos e sobre as possíveis medidas e instrumentos de mitigação.

<sup>6</sup> Engenheiro independente é a figura responsável por assegurar a viabilidade e as condições técnicas do projeto.

<sup>7</sup> Agente fiduciário ou *trustee* é o responsável por administrar o fluxo de caixa do projeto, controlando o recebimento e destino das receitas e realizando os pagamentos devidos.

<sup>8</sup> Ou, em inglês, *Project Agreement*.

As estruturas contratuais variam caso a caso para cada *project finance*. Alguns contratos que compõem a estrutura podem incluir: contratos de construção e engenharia; contratos de fornecimento de suprimentos; contratos de operação e manutenção; acordos de suporte governamental, envolvendo garantias ou benefícios fiscais; contratos relativos a seguros; entre outros.

## 2.4 Classificação de acordo com as Garantias Concedidas

Quando o pagamento do financiamento é baseado exclusivamente no fluxo de caixa gerado pelo projeto, a estrutura de *project finance* é chamada *non-recourse*, não permitindo aos credores terem acesso ao patrimônio dos acionistas e patrocinadores. Neste caso, diz-se que as garantias do financiamento são dadas sem solidariedade de terceiros e tendem a encarecer o custo do financiamento justamente por aumentarem o risco para os credores.

Na estrutura chamada de *limited-recourse*, ou de solidariedade limitada, os credores contam com uma combinação de garantias, considerando recursos gerados pelo projeto e outras garantias tradicionais como caução de ações, hipoteca e outras. Esta forma é a mais encontrada em operações de *project finance* no Brasil, segundo Bonomi e Malvessi (2002).

A terceira estrutura é a *full-recourse*, na qual os credores detêm garantias concedidas pelos acionistas e patrocinadores cobrindo a totalidade das obrigações.

## 2.5 **Project Finance versus Financiamento Corporativo**

O *project finance* é uma forma de financiamento alternativa em relação ao negócio principal de uma empresa. Na forma tradicional de financiamento das empresas, através de financiamento corporativo, a empresa assume a dívida e os riscos são diversificados entre os ativos de sua carteira. Como contrapartida, os credores têm direito de regresso contratual contra os acionistas e, por isso, sua aprovação é normalmente mais simples e mais rápida (Borges e Faria, 2002; Yescombe, 2002).

Uma SPE, ao contrário, não tem histórico sobre o negócio. Cabe aos credores avaliarem e se certificarem de que o projeto estará completo dentro do

cronograma e do orçamento, sendo tecnicamente capaz de operar como esperado e gerar fluxo de caixa suficiente para cobrir o serviço da dívida. O maior controle dos credores sobre as atividades do projeto deixa os investidores com bem menos poder de gerenciamento do que teriam no caso de um financiamento corporativo e, por isso, neste caso, os administradores da SPE têm atuação limitada no que se refere à alocação do fluxo de caixa livre (Yescombe, 2002; Borges e Faria, 2002). Assim, os custos de agência (ou *agency costs*) são minimizados, uma vez que no caso do financiamento corporativo os fluxos de caixa dos projetos e das operações das empresas se confundem e são destinados em conjunto de acordo com a política corporativa.

Por outro lado, o *project finance* exige um minucioso processo de levantamento, avaliação e mitigação dos riscos, demandando uma estrutura contratual elaborada. Torna-se uma forma mais complexa, demorada e, normalmente, de maior custo do que o financiamento corporativo (Yescombe, 2002).

## 2.6 Vantagens e Desvantagens

Dentre as principais vantagens de se financiar um projeto através de um *project finance*, incluem-se:

- Alto grau de alavancagem e capacidade de tomar empréstimo expandida

O *project finance* permite que o projeto seja financiado em grande parte com recursos de terceiros, correspondendo a 70% ou mais do investimento total e proporcionando possibilidade de maior retorno para os acionistas, já que o custo do financiamento é menor do que o custo de capital próprio (Finnerty, 2007; Yescombe, 2002). Além disso, possibilita um menor comprometimento de recursos dos acionistas, que podem diversificar sua carteira de projetos (Borges e Faria, 2002).

- **Obtenção de economia de escala na produção**  
Segundo Finnerty (2007), quando mais de um produtor pode se beneficiar de um projeto único para alcançar economias de escala na produção, a constituição de uma SPE se apresenta como uma alternativa para que se utilize uma estrutura de *project finance*.
- **Benefícios fiscais**  
Segundo Yescombe (2002), o alto grau de alavancagem proporciona um benefício fiscal ao projeto do ponto de vista dos patrocinadores, pois os juros são dedutíveis de imposto de renda, enquanto os dividendos aos acionistas não.
- **Liberação do fluxo de caixa livre**  
Como a SPE tem vida finita limitada pelo projeto em si, normalmente o fluxo de caixa livre, após pagamento de despesas, serviço da dívida e melhorias, é distribuído aos investidores, que podem decidir por conta própria como gerenciar seus rendimentos.
- **Compartilhamento de riscos**  
A estrutura de *project finance* permite que os riscos do projeto sejam compartilhados, principalmente quando se trata de constituir uma *joint venture*<sup>9</sup> de investidores (Yescombe, 2002; Finnerty, 2007). Esta segregação de riscos se torna especialmente vantajosa nos projetos inseridos em setores intensivos em capital, como os de infra-estrutura.
- **Substituição de Garantias Tradicionais por Garantias de Desempenho**  
A principal garantia no *project finance* reside no fluxo de caixa, nos resultados e nos ativos do projeto, o que traz flexibilidade tanto para acionistas quanto para credores. A utilização de *covenants*<sup>10</sup> também

---

<sup>9</sup> *Joint Venture* é um contrato entre empresas visando a cooperação entre elas para a realização de um projeto comum.

<sup>10</sup> *Covenants* são obrigações contratuais de “fazer” e de “não fazer” assumidas pelos gestores da SPE e outros intervenientes. Obrigações de manutenção de indicadores financeiros são exemplos de *covenants*. (Borges e Faria, 2002)

pode ser vista como forma de garantir desempenho financeiro e administrativo (Borges e Faria, 2002).

- Financiamento fora do balanço

A dívida assumida no *project finance* é considerada da SPE e, portanto, mantida fora do balanço patrimonial das empresas patrocinadoras (a informação é normalmente considerada nas notas da demonstração financeira)<sup>11</sup>. Este tratamento evita uma contaminação entre os balanços das partes envolvidas, proporcionando maior transparência para a SPE.

Este ponto pode ser visto como um benefício para os acionistas, mas é uma vantagem questionável (Yescombe, 2002; Finnerty, 2007), pois as atividades fora do balanço devem ser devidamente avaliadas segundo o seu risco relacionado ao patrocinador.

Além das vantagens para os investidores, o *project finance* pode ser benéfico também para terceiros envolvidos no processo. Por exemplo, um comprador final do produto produzido pelo projeto pode se beneficiar de preços mais baixos em contratos de longo prazo. Ou ainda, pode ser vista como uma forma alternativa para o setor público levantar recursos destinados a projetos de infra-estrutura. Outras vantagens estão na transparência que esta estrutura de financiamento exige, incluindo práticas de governança corporativa (Borges e Faria, 2002), e na oportunidade transferência de tecnologia, principalmente do setor privado para o público em projetos de infra-estrutura.

Entretanto, apesar destas vantagens, a utilização de *project finance* pode apresentar também desvantagens. A estrutura contratual é complexa, onerosa e demanda tempo para se concretizar. Isso faz com que os custos de transação sejam mais elevados, de forma que pode levar a um maior custo de captação de recursos de terceiros do que um financiamento tradicional.

---

<sup>11</sup> Segundo Yescombe (2002), isso é normalmente possível apenas para as empresas com menor participação no projeto.

## 2.7 Riscos

Os riscos de um *project finance* podem ser divididos em três categorias principais (Yescombe, 2002):

- Riscos Comerciais: também conhecidos como riscos do projeto, são aqueles inerentes ao próprio projeto ou ao mercado em que ele se insere.

Os principais pontos a serem considerados na análise de riscos comerciais incluem: risco de conclusão no prazo e de acordo com o orçamento, riscos operacionais, riscos de receita, riscos no fornecimento de matéria-prima, riscos ambientais, riscos contratuais, entre outros.

- Riscos Macroeconômicos: também conhecidos como riscos financeiros, são aqueles relacionados à economia. Dentre eles, podem ser destacados: risco de inflação, risco de taxa de juros e risco de câmbio.
- Riscos Políticos: também conhecidos como “risco-país”, são aqueles relacionados com as ações do governo ou efeitos políticos de força-maior.

Borges e Faria (2002) citam ainda o risco de caso fortuito ou força maior, sendo aquele que não pode ser controlado pelas partes envolvidas; o risco setorial, relacionado a variáveis relativas ao setor em que se insere o projeto; o risco legal, relacionado ao cumprimento dos contratos, principalmente no que se refere a questões de mitigação dos riscos, de legislação específica relativa ao projeto, de casos de inadimplência e de cumprimento das obrigações de cada parte.

O *project finance* não é apenas uma evolução da forma de financiamento, mas sim um instrumento através do qual o risco é segmentado e compartilhado de forma clara, de modo que o capital pode escolher a parcela de risco e o retorno correspondente que deseja no projeto. Segundo Bonomi e Malvessi (2002), “para

cada tipo de risco existe sempre alguém disposto a assumi-lo, desde que o conheça, possa avaliá-lo com precisão e seja remunerado adequadamente”.

A maior segurança para os credores está nos contratos da SPE, já que os ativos físicos valerão provavelmente muito menos do que a dívida no caso de terem de ser vendidos após uma possível inadimplência do financiamento.

Dentre os riscos comerciais, alguns são de especial interesse no estudo deste trabalho:

- Riscos de conclusão de projeto  
É importante a avaliação adequada das condições que o projeto apresenta de ser concluído no prazo e de acordo o orçamento previsto. Este ponto recai sobre os riscos envolvidos no processo de construção. Yescombe (2002) ressalta que estes riscos podem incluir riscos de receita também se, no caso do projeto, parte dos custos de construção for financiada por receitas da fase operacional. Por exemplo, a receita vinda de tarifas de uma concessão rodoviária pode ser utilizada para novas expansões da própria rodovia, sendo o projeto construído em fases.
- Riscos operacionais  
Uma vez terminada a fase de construção do projeto de acordo com sua especificação, aparecem os riscos relacionados à operação no longo prazo. Esta classe inclui riscos de tecnologia, de custos de operação, de custos de manutenção etc. Entre outros riscos, está também o de operação geral do projeto, relacionado a um mau gerenciamento, o que acarreta em perda de receita ou altos custos operacionais.
- Riscos de receita  
Este é o risco de que o projeto não seja capaz de gerar receita suficiente para cobrir seus custos operacionais e o serviço da dívida e/ou para proporcionar um retorno adequado para os investidores.  
No caso em que o projeto envolva produção de um produto, os riscos de receita podem ser de volume ou de preço. Estes riscos podem ser

cobertos por alguns tipos de contrato, como o contrato de *offtake*<sup>12</sup>, no caso em que o projeto produz algum produto, como será abordado adiante.

No caso de o projeto ser um serviço sob contrato de concessão, o risco passa a ser do volume de uso projetado à taxa ou pedágio cobrado – conhecido como risco de uso (Yescombe, 2002). Este risco pode ser coberto pelo poder concedente através de um Acordo de Concessão ou pela SPE diretamente.

Se o poder concedente controlar a utilização do serviço, é ele quem deve assumir o risco de uso, como no caso de presídios cuja construção seja financiada por capital privado. Em outros casos, em que SPE possa prever de alguma forma a utilização do serviço ou influenciar o custo ou a qualidade do serviço, o poder concedente pode transferir total ou parcialmente o risco de uso para a SPE. Estes projetos se dividem em duas categorias principais, dependendo de quem efetua o pagamento pela prestação do serviço (Yescombe, 2002; Grimsey e Lewis, 2004): baseados em pedágios reais, em que pedágios e taxas são pagos diretamente pelo público usuário; e baseados em pedágios sombra, em que os pagamentos são realizados pelo governo dada a utilização realizada pelo público.

Como será abordado adiante, as concessões rodoviárias no Brasil são projetos em que o pedágio é cobrado diretamente do usuário quando do uso do serviço, tendo sua receita baseada em pedágio real. Já o caso da PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo é um projeto baseado em pedágio sombra. A empresa que operará os sistemas para prestação do serviço receberá uma taxa por usuário a ser paga pelo governo. No caso das concessões rodoviárias, o ponto crucial do risco de utilização reside na previsão do fluxo de tráfego envolvido. Segundo Yescombe (2002), quando se trata de uma rodovia estabelecida ou que vá ser construída para aumentar a capacidade de alguma já existente, a projeção se torna mais fácil. Entretanto, no caso da construção de uma nova rodovia ou melhorias de uma precária, em locais em que não há

---

<sup>12</sup> Contrato de *offtake* é um contrato de venda do produto produzido por um determinado projeto, garantindo a venda em bases pré-acordadas (Yescombe, 2002).

outras rodovias pedagiadas, o gerenciamento do risco se torna bem mais complicado. Este será um ponto importante na definição do projeto a ser analisado nesta Dissertação.

Alonso-Conde *et al.* (2007) destacam que, no caso de rodovias pedagiadas, os riscos durante a fase de construção são bem diferentes daqueles que se apresentam quando a fase operacional é inicializada, sendo que nesta última é o volume de tráfego a principal fonte de incerteza do projeto.

Segundo Vassallo (2006), este risco depende de alguns fatores, incluindo o desempenho da economia, a reação dos usuários e a competição com outros meios de transporte. Diferentemente de projetos em outros setores envolvendo *commodities*, como os de recursos naturais, rodovias pedagiadas apresentam um risco difícil de ser controlado.

Dailami *et al* (1999) destacam dois importantes aspectos de financiamento de projetos de infra-estrutura em relação aos *project finance* tradicionais. O primeiro é a alta concentração de risco de implementação do projeto na fase pré-operação. O segundo é o perfil de risco na fase de operação referente aos riscos de mercado e riscos regulatórios. Desta forma, a abordagem referente a avaliação, gerenciamento e alocação de risco entre as partes envolvidas torna-se ainda mais crítica.

A questão principal relativa ao risco é a sua alocação entre as partes, de modo que o seu compartilhamento deve ter como premissa a maximização do valor total do projeto (Irwin, 2007). É necessário considerar a habilidade que cada parte tem para influenciar o fator de risco correspondente; atuar sobre a sensibilidade do valor total do projeto a variações deste fator de risco, se antecipando ou respondendo a ele; ou absorver este risco. Estes princípios determinam a forma através da qual este risco deve ser gerenciado.

## 2.8 Tipos de Contratos

Os contratos envolvidos em um *project finance* são de extrema importância, pois são a base para construção e operação do projeto. A definição dos contratos pode ser dividida em acordos de projeto (ou *project agreements*)– sendo estes os principais, pois estruturam o recebimento de receitas do projeto – e outros contratos auxiliares.

Destacam-se os seguintes contratos (Yescombe, 2002; Bonomi e Malvessi, 2002; Borges e Faria, 2002; Finnerty, 2007):

- Contratos *Offtake*

São contratos de venda do produto produzido por um determinado projeto, garantindo a venda em bases pré-acordadas. Estes contratos podem assumir diversas formas, sendo elas contrato de *take-or-pay*<sup>13</sup>, contrato de *take-and-pay* (ou *take-if-offered*)<sup>14</sup>, contrato de vendas de longo-prazo<sup>15</sup>, contrato de *hedging*<sup>16</sup>, estrutura de PPA (*Power Purchase Agreement*)<sup>17</sup> entre outros.

- Contratos de Concessão

Trata-se de um contrato entre a SPE e uma autoridade pública, autorizando a construção de um projeto para prestação de serviço diretamente ao público ou para a própria entidade pública, incluindo a construção de rodovias, sistemas de transporte, sistemas de água e esgoto, portos, aeroportos etc. Estes contratos podem assumir formas de contratos de serviço, pelo qual a autoridade pública paga, e contratos de pedágio, para serviços pelos quais os usuários privados

---

<sup>13</sup> O comprador da produção ou dos serviços se compromete a pagar periodicamente por uma quantidade pré-determinada, mesmo que não a receba. Claramente neste caso, há a presença de uma opção real, em que a venda garantida é determinada por um mínimo.

<sup>14</sup> Neste caso, o comprador só paga pelo produto recebido, a um preço pré-acordado.

<sup>15</sup> O acordo se baseia na compra de quantidades pré-determinadas do produto, mas a preço de mercado.

<sup>16</sup> Utilizados em mercados de *commodities*, estes contratos são realizados com operadores de mercado.

<sup>17</sup> Presente em estruturas de *project finance* na área de energia elétrica, é a garantia da venda da energia gerada.

pagam. Há também os contratos híbridos, os quais serão abordados no Capítulo 3.

- Contrato de construção e engenharia  
Este contrato define o desenho do projeto, a aquisição e construção de instalações e equipamentos necessários e a construção do projeto propriamente dita. É chamado de contrato EPC (*engineering, procurement, construction* – ou engenharia, aquisição e construção).
- Contratos de fornecimento de suprimentos  
Estes contratos são como os contratos de venda de produção, mas do ponto de vista do fornecedor de matérias-primas e outros suprimentos. Podem, deste modo, assumir diversas formas como contrato de *supply-or-pay*<sup>18</sup>, *supply-and-pay*<sup>19</sup>, contrato de pedágio (ou *tolling agreement*)<sup>20</sup> entre outras.
- Contrato de custo de serviço  
O custo do projeto é pago proporcionalmente por cada devedor na medida em que forem sendo incorridos, em troca do recebimento da parcela da produção correspondente.
- Contrato de empréstimo  
Este contrato estipula todos os dados do financiamento, incluindo valores a serem recebidos, condições de pagamento, as obrigações de cada parte, os eventos de inadimplência etc.
- Contrato de caução e contrato de retenção de ações  
O contrato de caução regula que as ações da empresa responsável pelo projeto fiquem caucionadas em favor dos credores, enquanto que o de

---

<sup>18</sup> Obrigação do fornecedor de matéria-prima de entregar as quantidades necessárias especificadas contratualmente, bem como da SPE de comprar a quantidade previamente acordada.

<sup>19</sup> A SPE compra apenas a quantidade de suprimento necessária.

<sup>20</sup> Define o pagamento de pedágio à SPE pelo processamento de matérias-primas ou por prestação de serviço.

retenção de ações obriga que as ações desta empresa sejam mantidas em propriedade dos acionistas.

- Contrato de suporte financeiro dos patrocinadores  
Determina as condições para que os acionistas forneçam os recursos necessários para cumprimento dos empréstimos realizados junto a SPE.
- Contrato de penhor das contas bancárias  
Estabelece o penhor dos recursos disponíveis nas contas bancárias da SPE.
- Contrato entre credores  
Estabelece as condições de divisão de garantias entre credores, caso isto ocorra.

## 2.9

### **Project Finance em Projetos Públicos**

O *project finance* pode ser aplicado em situações de necessidade de financiamento para construção de infra-estrutura segundo algum contrato ou licença do tipo (Yescombe, 2002):

- Contrato *Off-take*, caracterizando um projeto cujo objetivo será a venda de produção para o setor público, como a construção de uma estação geradora de energia elétrica cuja venda será destinada para uma empresa estatal de energia.
- Acordo de Concessão para implementação de um projeto de prestação de serviço para o setor público, como a construção de um hospital.
- Acordo de Concessão para implementação de um projeto de prestação de serviço que seria normalmente prestado pelo setor público, como uma concessão rodoviária pedagiada.

- Acordo de Concessão ou licença para implementação para um projeto de prestação de um novo serviço ao público, como uma rede de telefonia celular.

A presença do setor privado está aumentando em várias áreas de infraestrutura pública, sendo de grande proeminência na de transportes. A prestação de serviços que envolva receita de taxas dos usuários e de outras receitas adjacentes, como rodovias pedagiadas, aeroportos e projetos nos sistemas metroviário e ferroviário, tem sido alvo de financiamento por parte do setor privado.

Os acordos entre os setores público e privado podem assumir diversas formas, diferindo entre si na forma pela qual responsabilidades, riscos e retornos são compartilhados (Finnerty, 2007). No setor de transporte, por exemplo, há pelo menos dez modelos de formatos de atuação do setor privado na área de infraestrutura.

O modelo que tem se tornado mais comum nas áreas de transporte, energia e meio ambiente é o BOT (*Build-Operate-Transfer*, ou Construir-Operar-Transferir). A autoridade pública oferece uma concessão do serviço para que a entidade privada financie, construa e opere o projeto por um prazo determinado, a partir do qual a propriedade deve retornar ao setor público. Dado este retorno de propriedade, o governo do país pode vir a fornecer algum suporte de crédito para os financiamentos referentes à concretização do projeto.

No caso de infra-estrutura, segundo Garvin *et al* (2002), o *project finance* é considerado viável quando uma instalação pode funcionar como uma unidade econômica independente. As rodovias, por exemplo, são ativos de infra-estrutura que podem funcionar de forma independente e gerar recursos a partir da cobrança de pedágios. São, portanto, foco de utilização de estrutura de *project finance*, comumente em projetos BOT e suas variações.

## 2.10

### **Project Finance no Brasil**

No Brasil, segundo Bonomi e Malvessi (2002), em decorrência do processo de privatização na década de 1990, o *project finance* se apresentou como uma alternativa de financiamento adequada por possibilitar o compartilhamento de

risco entre os acionistas que precisavam de capital para investir nos negócios privatizados e os credores.

Apesar das vantagens inerentes a esta estrutura financeira, o ambiente brasileiro apresenta algumas desvantagens relevantes, dentre as quais a falta de legislação específica, a variação cambial, o risco Brasil, o processo de desenvolvimento do país, a possibilidade de alterações na legislação e ocorrência de eventos inesperados.

Além disso, a base do sistema legal brasileiro em casos de litígio prioriza os códigos legais, tornando os contratos instrumentos mais frágeis (Bonomi e Malvessi, 2002; Borges e Faria, 2002). Os investidores se sentem mais receosos, uma vez que as condições negociadas contratualmente podem vir a ser questionadas judicialmente.

Operações estruturadas segundo *project finance* no Brasil já foram utilizadas em diversos setores, principalmente de exploração de recursos naturais, como o caso do Campo Petrolífero de Marlim, e de setores de infra-estrutura, como o elétrico e o de concessões rodoviárias, de especial interesse neste trabalho.

Apesar de não haver legislação específica, algumas leis federais são de grande importância neste tipo de operação, já que regulamentam os setores que utilizam o *project finance*. Dentre as leis destacadas por Bonomi e Malvessi (2002), incluem-se as que regulamentam os processos de licitação e concessão, além das que criam as agências regulamentadoras, como descritas abaixo:

- Lei nº 8.666 de 1993: regulamenta os processos de licitação e contratos com a administração pública;
- Lei nº 8.987 de 1995: regulamente o regime de concessão e permissão de prestação de serviços públicos;
- Lei nº 9.074 de 1995: normatiza a outorga e as prorrogações das concessões e prestações de serviços públicos <sup>21</sup>;
- Lei nº 9.427 de 1996: institui a Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica);
- Lei nº 9.478 de 1997: conhecida como Lei do Petróleo, institui a ANP (Agência Nacional do Petróleo);

---

<sup>21</sup> Além disso, a Lei nº 9.074 regula os serviços de energia elétrica também.

- Lei nº 9.472 de 1997: conhecida como Lei Geral das Telecomunicações, institui a Anatel (Agência Nacional das Telecomunicações);
- Lei nº 10.233 de 2001: institui a ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres) e a Antaq (Agência Nacional de Transportes Aquáticos).

De grande importância também é a Lei 11.079, aprovada em 2004, que institui as normas para licitação e contratação de parceria público-privada, a conhecida PPP, como será abordado no próximo capítulo deste trabalho.

Dentre as concessões rodoviárias que se utilizaram da estrutura de *project finance* destacam-se a Ponte S/A (Ponte Rio- Niterói) e a Nova Dutra (Rodovia Presidente Dutra), tendo sido estas as duas primeiras concessões segundo o Programa de Concessões Rodoviárias Federais, a Via Lagos, no Rio de Janeiro, a Rodonorte, no Paraná, e a AutoBAN, em São Paulo. As informações sobre concessões rodoviárias serão abordadas no Capítulo 4.

A preservação dos direitos do concessionário de acordo com os contratos de concessão é de extrema importância e preocupação, tendo em vista o ambiente legal brasileiro. Tanto assim que, dentre os casos citados, dois deles apresentaram problemas no cumprimento das obrigações previstas por parte da autoridade pública (Bonomi e Malvessi, 2002). No caso da Rodonorte, as tarifas de pedágio sofreram redução por decreto público, o que gerou processo na justiça para suspender investimentos até que se retomasse o equilíbrio econômico-financeiro. No caso da Via Lagos, ocorreu o mesmo com as tarifas, o que também gerou problemas na justiça até o restabelecimento dos valores originais contratualmente definidos.

## **3 Parcerias Público-Privadas**

### **3.1 Definições e Origens**

Internacionalmente, as PPPs (Parcerias Público-Privadas) podem ser definidas como arranjos nos quais um ou mais parceiros privados participam ou dão suporte a projetos de infra-estrutura, de forma que, como resultado, o setor privado fornece o serviço correspondente ao setor público (Grimsey e Lewis, 2004).

Segundo Esty (2004), PPP (Parceria Público-Privada) é um exemplo de estrutura híbrida que tem se tornado cada vez mais comum, na qual o capital privado é utilizado para construir e operar projetos de infra-estrutura que historicamente sempre foram não lucrativos financiados com recursos públicos. Através deste mecanismo, o governo pode transferir os riscos de construção e de operação para o setor privado de forma a obter maior eficiência na operação. Por outro lado, o governo pode se responsabilizar por alguns riscos que o setor privado não esteja disposto a assumir, como o risco de mercado – o qual, no caso de uma concessão rodoviária, estaria relacionado com o risco de tráfego.

Na literatura internacional, a PPP pode então estar se referenciando a situações diversas, tratando de aplicações mais genéricas ou mais particulares, nas quais há participação do setor privado em projetos de infra-estrutura de serviços públicos. Como o conceito de PPP difere de país para país, as comparações internacionais devem ser realizadas com cuidado, de acordo com as características específicas de cada local (Bonomi e Malvessi, 2002). No Brasil, a definição é mais restrita, como abordado adiante neste Capítulo.

A idéia da parceria entre setor público e privado não é nova. Segundo Grimsey e Lewis (2004), arranjos deste tipo foram utilizados na França para financiar infra-estrutura pública desde o século XVII, tendo sido este país pioneiro no modelo de concessão em diversos setores.

O que está ocorrendo agora nas últimas décadas é um novo crescimento das parcerias público-privadas, que têm sido aplicadas às mais diversas categorias de

infra-estrutura em vários países. Esty (2004) cita como exemplos aplicações em rodovias, prisões e escolas. Além destes, podem ser destacados projetos de energia, serviços de água e esgoto, serviços de telecomunicações, entre outros.

As parcerias público-privadas para disponibilização de recursos voltados para infra-estrutura são uma tendência mundial. Especialmente em mercados em desenvolvimento, a escassez de recursos públicos aliada à enorme necessidade de investimento em infra-estrutura propicia um ambiente ávido por tais parcerias.

Segundo a Organização das Nações Unidas, as PPPs para os países emergentes são uma “necessidade estratégica mais do que uma opção política”, representando “uma solução única e flexível para implementar projetos de infra-estrutura” (Grimsey e Lewis, 2004).

### 3.2 Tipos de PPP

As parcerias entre setor público e privado podem tomar diferentes formas, incluindo aquelas em um sentido mais estrito ou mais amplo.

Uma parceria público-privada, no sentido mais amplo da palavra “parceria”, pode envolver diversas formas de relacionamentos entre setor público e privado. Segundo Soares e Campos Neto (2002), outros autores incluíam diversas modalidades de parceria, como privatização, concessão de serviço e de obras públicas, permissão, autorização, franquia, terceirização, convênio, fomento, entre outras.<sup>22</sup>

Dada a diversidade de abordagens em todo o mundo, é possível destacar alguns elementos básicos de parcerias entre setor público e privado e algumas características mais específicas. De forma geral, nas parcerias há pelos menos dois participantes, sendo um deles uma autoridade pública.

Segundo Grimsey e Lewis (2004), as parcerias devem ser resistentes, bem fundamentadas e baseadas em continuidade. Cada parte envolvida no processo deve trazer algo de valor, envolvendo as melhores habilidades, conhecimento e

---

<sup>22</sup> Segundo Soares e Campos (2002), esta visão já era criticada como definição de PPP. Este trabalho dos autores foi apresentado antes da estruturação da legislação brasileira sobre o assunto. Em sua análise, eles restringiram o conceito para os casos de fornecimento de serviços públicos envolvendo benefícios ao Estado e incluindo outras características tais como participação dos parceiros com fatores de produção e remuneração financeira de ambas as partes.

recursos provenientes do setor privado e do setor público. Neste caso, para ser uma PPP, não basta que haja um simples relacionamento duradouro, como a compra de um determinado produto ou serviço pelo governo sempre com um mesmo fornecedor.

Como a definição de PPP é muito ampla e diverge de autor para autor, Yescombe (2002) considera que uma PPP pode envolver até mesmo caso em que o governo subcontrate a prestação de um serviço para o setor privado, como, por exemplo, um serviço de limpeza das ruas.

A PPP pode diferir de país para país, mas guarda a semelhança de apresentar flexibilidade na sua estruturação. Ela pode estar presente em uma variedade de interações entre o setor público e o privado, incluindo as concessões. Pode ainda ser aplicada a projetos que recebam pagamentos diretamente do consumidor ou usuário do serviço ou ainda em que o governo seja o próprio usuário.

Machado (2005) apresenta uma classificação detalhada das parcerias, conforme quadro abaixo, de forma que as empresas normalmente assumem os custos e são remuneradas a partir da cobrança de tarifas dos usuários ou do pagamento por parte do próprio governo.

MODELOS CLÁSSICOS DE PARCERIA PÚBLICO-PRIVADA	
Tipos de Parceria	Características Principais
<i>Régie Intéressée</i>	O ente privado atua em nome do poder público, recebendo pagamentos diretamente dele; Não há recebimento de tarifas e o ente privado não assume riscos.
<i>Affermage</i>	O ente privado conserva, opera e cobra tarifas, retendo parte da receita e repassando o restante ao setor público; A propriedade dos bens permanece sendo do governo.
<b>Concessão</b>	O ente privado constrói, conserva, opera e cobra tarifas; Pode haver formas variadas de garantias; Ao final, os bens retornam para administração pública.
<b>BOT (Build, Operate, Transfer)</b>	O ente privado, também sob concessão, constrói, conserva, opera e cobra tarifas, detendo a princípio a propriedade; Garantias geralmente limitadas ao projeto; Ao final, os bens reverterem para o governo.
<b>DBFOT (Design, Build, Finance, Operate, Transfer)</b>	Esta modalidade está baseada na premissa de que o setor privado opera recursos de forma mais eficiente.
<b>BTO (Build, Transfer, Operate)</b>	Ente privado constrói o projeto, entrega ao governo e opera.
<b>BOO (Build, Own, Operate)</b>	Equivale ao BOT, sem a transferência de propriedade.
<b>BBO (Buy, Build, Operate)</b>	Pode ser utilizada quando o governo deseja vender ao setor privado algum ativo em operação.
<b>LDO (Lease, Develop, Operate)</b>	Ente privado recebe concessão de algum ativo existente, para o qual deve promover melhorias.

Tabela 1 - Modelos clássicos de parceria público-privada

Fonte: Machado (2005)

Neste trabalho, o foco será dado na definição formal brasileira de PPP, como abordado mais adiante. Apesar de vários projetos serem cunhados como “parcerias público-privadas”, uma PPP de sucesso envolve um grau de parceria mais forte, que prevê compromisso, objetivos comuns e resolução de conflitos de forma transparente. Além disso, inclui questões financeiras relacionadas ao retorno do projeto.

Neste sentido, o setor público viabiliza uma forma de oferecer um projeto integrado à população, desde o seu planejamento, passando por sua construção, manutenção e financiamento até sua operação. Há uma oportunidade de se integrar os custos de desenvolvimento e construção, os operacionais e os de manutenção sob um único agente. O foco do setor público é o resultado do projeto ou da prestação do serviço, que deve ser devidamente especificado.

Neste processo, é fundamental que haja uma divisão de responsabilidades e riscos, sendo de suma importância sua devida alocação. Ao adotar a PPP, o governo transfere parte do risco ao setor privado que consegue normalmente gerenciá-lo a menor custo, diminuindo o custo total. Mas os riscos devem ser

devidamente compartilhados e assumidos por cada parte da forma mais efetiva possível.

### 3.3 Riscos

Os riscos presentes em uma PPP são os mesmo presentes em um projeto de infra-estrutura. Grimsey e Lewis (2004), a partir de trabalhos de outros autores, definem nove categorias, a saber:

- Risco técnico, devido a possíveis problemas de planejamento e engenharia
- Risco de construção, devido a possíveis falhas técnicas, aumentos de custo e atrasos
- Risco de operação, devido a aumento de custos operacionais e de manutenção
- Risco de receita, que pode ser devido a quedas na demanda ou utilização do serviço ou volatilidade nos preços
- Riscos financeiros ou macroeconômicos
- Riscos políticos e legais, devido a mudanças políticas ou em questões legais de cada país
- Riscos de força maior
- Riscos ambientais
- Riscos de *default* (inadimplência) do projeto como consequência de combinações dos riscos anteriormente citados

### 3.4 PPP versus Project Finance

Há grande semelhança entre a estruturação de um projeto segundo uma PPP e um *project finance*, tendo em vista objetivos e elementos presentes comuns. Em ambos os casos, há um comprometimento efetivo das partes envolvidas para agir conjuntamente de modo a atingir metas estabelecidas. Além disso, elementos como a constituição das SPE, a aplicação de contratos e regras de concessão, a própria estruturação financeira de financiamento e as técnicas de mitigação de risco são pontos em comum entre os dois instrumentos (Bonomi e Malvessi, 2002; Borges e Neves, 2005).

Segundo Bonomi e Malvessi (2002), a maior semelhança está na busca por uma melhor gestão dos ativos públicos, não havendo transferência de ativos do setor público para o privado como ocorre nos processos de privatização.

Entretanto as diferenças existem e se destacam pelo envolvimento do setor público e pelos riscos mais importantes. No caso do *project finance*, a base da estruturação financeira do projeto reside no seu fluxo de caixa e na mitigação dos riscos existentes, sendo a ênfase dada ao risco comercial pela performance do projeto. No caso das PPPs, o interesse público é primordial frente ao fluxo de caixa operacional, que pode vir a ter de ser complementado para tornar o projeto viável, de forma que os riscos político e regulatório se tornam mais importantes (Bonomi e Malvessi, 2002).

Borges e Neves (2005) ressaltam ainda que, comparando as PPPs com os casos de *project finance* implementados no setor de infra-estrutura, tais projetos são vistos como de alto risco, pois demandam grandes investimentos e envolvem riscos políticos e regulatórios importantes.

### **3.5 PPP no Brasil**

No Brasil, a definição legal de PPP (Parceria Público-Privada) é mais específica.

Desde a criação do Programa Nacional de Desestatização em 1990, o Brasil iniciou um processo de descentralização das atividades do Estado em diversas áreas, transferindo a prestação de determinados serviços à iniciativa privada (Schmitz, 2001). Como exemplo, destacam-se o setor de telefonia, o setor elétrico e o setor de transportes, sendo o sistema rodoviário de especial interesse neste trabalho.

A relevância do conceito de parceria veio a partir de um processo de deterioração da infra-estrutura, como solução para a falta de recursos públicos (Soares e Campos Neto, 2002). Desta forma, as concessões de serviço público se mostraram uma alternativa para financiar projetos nesta área. Através de um contrato de concessão, o poder concedente delega à iniciativa privada a execução remunerada de serviço ou obra pública, ou cede o uso de um bem público para que o explore pelo prazo e nas condições regulamentares e contratuais.

Normalmente, as concessões incluem a remuneração do setor privado envolvido no processo (Schmitz, 2001).

A Lei nº 8.987, de 1995, trata da concessão pública dita comum, na qual serviços ou obras públicas são concedidos sem contraprestação pecuniária do parceiro público ao parceiro privado.

De forma mais ampla, sem uma caracterização bem definida, as parcerias público-privadas ganharam uma participação importante nos projetos do Plano Plurianual (PPA)<sup>23</sup> do governo de 2000 a 2003, tendo este termo sido utilizado tão simplesmente em casos em que houvesse aporte de recursos financeiros privados (Soares e Campos Neto, 2002). O conceito até então estava restrito à questão financeira de participação do setor privado, sem considerar outras características inerentes a uma parceria.

Segundo Bonomi e Malvessi (2002), a PPP começou a ser discutida no Brasil desde 2001 como uma modalidade de engenharia financeira, caracterizada por uma contratação de obra ou prestação de serviço pelo setor público ao setor privado, mas com a necessidade de alocação de recursos públicos para garantir o retorno do projeto aos investidores, de forma a aumentar a atratividade dos projetos – ou os torna viáveis efetivamente.

No Plano Plurianual de 2004 a 2007, a PPP foi apresentada como um instrumento de grande importância e relevância. Em 2003, o governo encaminhara um projeto de lei para o Congresso de forma a normatizar o conceito. O objetivo era criar condições para que o setor privado pudesse participar da construção e da operação de projetos públicos de baixa ou nenhuma viabilidade econômica, de forma que o setor público pudesse complementar a receita e oferecer garantias (Soares e Campos Neto, 2004).

Atualmente, a PPP, assim entendida no Brasil, está submetida à Lei 11.079, aprovada em 2004, conhecida como Lei da PPP. No texto desta lei, foram considerados conceitos bem sucedidos na experiência internacional, de forma a tornar a PPP uma ferramenta efetiva para viabilizar projetos destinados ao crescimento do país. Legalmente, trata-se de um contrato administrativo de concessão, na modalidade patrocinada ou administrativa.

---

<sup>23</sup> O PPA (Plano Plurianual) é um plano de médio prazo elaborado no primeiro ano de mandato do presidente eleito, para execução nos quatro anos seguintes. O PPA é instituído por lei, estabelecendo as diretrizes, objetivos, gastos e metas do Governo Federal ([http://www.tesouro.fazenda.gov.br/siafi/atribuicoes\\_01\\_01.asp](http://www.tesouro.fazenda.gov.br/siafi/atribuicoes_01_01.asp)).

Segundo definições desta lei, a concessão patrocinada é aquela da qual trata a Lei nº 8.987, mas em que há, adicionalmente à tarifa cobrada dos usuários, uma contraprestação pecuniária do parceiro público ao parceiro privado. Por outro lado, a concessão administrativa envolve somente a contraprestação pública, pois é aquela em que a administração pública é usuária direta ou indireta, ainda que envolva execução de obra ou fornecimento e instalação de bens, não sendo possível a cobrança de tarifa dos usuários.

Em linhas gerais, parceria público-privada é um contrato de prestação de serviços<sup>24</sup> de médio e longo prazo (de 5 a 35 anos) firmado pela Administração Pública, com valor não inferior a R\$ 20 milhões, no qual a implantação da infraestrutura necessária para a prestação do serviço contratado pela Administração dependerá de iniciativas de financiamento do setor privado. A remuneração do ente privado será fixada com base em padrões de desempenho e será devida somente quando o serviço estiver à disposição do Estado ou dos usuários (<http://www.planejamento.gov.br/ppp>).

Segundo Borges e Neves (2005), os projetos classificados como PPP podem incluir apenas aqueles que não sejam auto-sustentáveis e que exijam o aporte total ou parcial de recursos públicos, cujos pagamentos estarão condicionados ao atendimento de indicadores contratados entre as partes.

No Brasil, o processo de aprovação para abertura de licitação de uma PPP no âmbito federal está centralizado no Comitê Gestor das PPPs (CGP)<sup>25</sup>, responsável por estabelecer diretrizes e critérios para escolha de projetos a serem implementados sob esta modalidade (<http://www.planejamento.gov.br/ppp>). Além disso, a Lei da PPP estabelece a constituição de fundos ou instituição de seguros para garantir o pagamento devido pelo poder público ao parceiro privado.

Nenhum projeto foi por enquanto concretizado como PPP no âmbito federal, mas há alguns em licitação e análise. A lista inclui projetos nas áreas de transporte (rodoviário e ferroviário), de tecnologia e de irrigação<sup>26</sup>.

Além dos projetos federais, há ainda as legislações estaduais, estabelecendo os programas de PPP locais e instituindo os conselhos gestores em alguns estados

---

<sup>24</sup> Na Lei 11.079/04, as PPPs não incluem contratos que tenham como objetivo único o fornecimento de mão-de-obra, equipamentos ou execução de obra pública.

<sup>25</sup> O Comitê Gestor é integrado pelos ministros do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, do Ministério da Fazenda e da Casa Civil

<sup>26</sup> Para detalhamento de projetos, acessar <http://www.planejamento.gov.br/ppp>

brasileiros, como Bahia, Distrito Federal, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo.

Nas unidades da Bahia, de Minas Gerais, de Pernambuco, de Santa Catarina e de São Paulo, há também projetos em estudo e inclusive um já em implementação. Os principais setores são de saneamento, transporte e presidiário.

No estado de São Paulo, o processo está bem adiantado, tendo inclusive um contrato já assinado, referente à PPP da Linha 4 do Metrô, e outros dois projetos cuja modelagem já foi aprovada, nas áreas de saneamento e de segurança. Há ainda projetos cuja proposta preliminar já foi aprovada também, dentre os quais o Trem Expresso Aeroporto, em Guarulhos ([http://www.planejamento.sp.gov.br/PPP/proj/Carteira\\_Proj\\_Port.pdf](http://www.planejamento.sp.gov.br/PPP/proj/Carteira_Proj_Port.pdf)).

A PPP referente à Linha 4 do Metrô de São Paulo foi a primeira a ser concretizada no Brasil. O governo paulista assinou o contrato de parceria público-privada em novembro de 2006 com um consórcio liderado pela CCR (Companhia de Concessões Rodoviárias), envolvendo uma concessão patrocinada pelo prazo de 30 anos para investimentos do parceiro privado na operacionalização da Linha 4 do Metrô, em uma extensão de 12,8km. Os investimentos são da ordem de US\$ 340 milhões com a compra estimada de 29 trens e sistemas operacionais ([http://www.planejamento.sp.gov.br/ppp/Down/PRESS\\_RELEASE.pdf](http://www.planejamento.sp.gov.br/ppp/Down/PRESS_RELEASE.pdf)).

No contrato, é possível explorar a presença de opções reais, referentes a garantias fornecidas pelo governo. Seu detalhamento será apresentado no Capítulo 6, como a aplicação de opções reais em projetos envolvendo *project finance* e PPP.

## 4 Concessões Rodoviárias

### 4.1 Concessão de Infra-estrutura

Segundo Yescombe (2002), um acordo de concessão é um contrato entre uma autoridade do setor público e uma empresa privada (normalmente uma SPE), através do qual um projeto é construído para prestar um serviço diretamente ao público ou àquela autoridade pública em questão.

O processo conhecido como privatização, que envolve a transferência de propriedade e atividades do setor público para o privado, teve início na Inglaterra na década de 80 e se tornou uma tendência mundial. A concessão é uma forma mais recente de atuação em que o setor privado presta serviços públicos, mas, nesse caso, o Estado detém algum tipo de controle sobre o setor e, muitas vezes, o projeto retorna após certo prazo para propriedade do poder concedente. A França é pioneira no processo de concessões de serviços de infra-estrutura (Schmitz, 2001; Grimsey e Lewis, 2004).

“A concessão de serviço público é um contrato plurilateral de natureza organizacional e associativa, por meio do qual a prestação de um serviço público é temporariamente delegada pelo Estado a um sujeito privado que assume seu desempenho diretamente em face dos usuários, mas sob controle estatal e da sociedade civil, mediante remuneração extraída do empreendimento, ainda que custeada parcialmente por recursos públicos”, assim definido por Filho (2006).

Concessões incluem serviços em diversos setores, como rodovias pedagiadas; sistemas de transporte como o ferroviário ou o metrô; sistemas de água e esgoto; portos e aeroportos; ou ainda construções públicas como escolas, hospitais, prisões, entre outros.

No setor de transportes, os governos têm transferido à iniciativa privada a concessão de um número crescente de rodovias, nas quais o pedágio representa o pagamento dos usuários pelos serviços ofertados. Nas últimas décadas, as concessões rodoviárias com cobrança de pedágio vêm sendo adotadas tanto em

países desenvolvidos quanto em países emergentes (ABCR, 2006), como alternativa para alternativa para viabilizar o financiamento de rodovias.

Em um contrato de concessão rodoviário é estabelecido o cronograma de investimentos, incluindo ampliações, modernizações e manutenção, que deverá ser devidamente cumprido durante o período de concessão. Ao fim da gestão, a rodovia reverte ao poder público e à sociedade com todas as melhorias realizadas a custo zero para o Estado (<http://www.ponte.com.br>).

Segundo Vassalo (2006), os projetos de concessão rodoviária exigem uma alocação de riscos bem feita entre os participantes. Alguns riscos podem ser mais bem controlados por determinados participantes – como os riscos de construção, operacional e legal. Entretanto, o risco de tráfego não pode ser controlado por nenhum deles, sendo muitas vezes necessários mecanismos de mitigação.

Dentre os acordos de concessão, Yescombe (2002) destaca os contratos de serviço, em que o serviço é utilizado diretamente pelo setor público, que assume o risco de utilização; e os contratos de pedágio, em que o serviço é utilizado pelo público, mas seu pagamento pode ser realizado por pedágio real ou por pedágio sombra. Nos contratos puramente de pedágio, a receita provém da utilização do serviço, como no caso das concessões rodoviárias e de outros sistemas de transporte.

Para este trabalho, são de interesse os contratos híbridos, também mencionados pelo autor. Pode haver, por exemplo, variações nos contratos básicos de concessões, considerando tanto casos em que a demanda se apresente muito acima do nível projetado, como casos em que a demanda não seja suficiente para viabilizar o projeto, o que ocorre com tráfego em rodovias.

Se, por exemplo, o crescimento da demanda superar muito as projeções por alguma questão de crescimento da região onde o projeto se localiza, a concessão pode ser terminada antecipadamente, uma vez tendo a dívida sido saldada e os investidores obtido um retorno razoável. Já se a receita proveniente dos pedágios não for suficiente para viabilizar o projeto, o governo pode vir a fornecer um subsídio, uma garantia de receita mínima, ou até uma garantia de dívida do projeto. Há extensa bibliografia para análise destas garantias em concessões rodoviárias que, para correta análise e avaliação, demandam conceitos de opções reais, como descrito no Capítulo 6.

Há casos ainda em que, se o fluxo de demanda for muito baixo para fornecer um nível adequado de retorno aos acionistas ou se o serviço for prestado como parte de um serviço maior (como sistemas de transporte em que vários agentes estejam envolvidos), pode-se adotar o pagamento por pedágio sombra.

Yescombe (2002) e Grimsey e Lewis (2004) citam o pagamento definido a partir de bandas com base no volume de tráfego de usuários. O cálculo do valor a ser recebido pressupõe que a taxa por usuário adicional a ser paga ao concessionário vá diminuindo conforme o tráfego vai aumentando relativamente ao projetado, podendo chegar a zero a partir de determinado nível de utilização.

O modelo de pagamento ou repasse de receita adicional da PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo inclui tanto uma garantia de tráfego mínimo quando o tráfego real estiver abaixo do projetado, quanto limites de pagamento por níveis de tráfego acima do projetado, através da construção de bandas.

## 4.2

### **Aspectos Econômico-financeiros em Concessões Rodoviárias**

A viabilidade financeira de um projeto de concessão rodoviária depende basicamente do confronto entre receitas esperadas, investimentos necessários e custos operacionais e de manutenção. Dentre os projetos de concessão rodoviária, existem os mais atraentes e os menos (ou nada) atraentes, dependendo da sua viabilidade financeira (Machado, 2005).

Os primeiros são aqueles com elevados níveis de rentabilidade financeira, seja por um menor volume de recursos a ser investido, seja pelo grande número de usuários beneficiados pelo projeto.

Quando o volume de recursos a ser investido demandado pelo negócio vai se tornando muito alto ou o número de usuários beneficiados é relativamente pequeno, o projeto pode se tornar pouco atraente ou até inviável financeiramente. Neste caso, incluem-se projetos de interesse estratégico ou social por parte do governo, de forma que a viabilidade pode provir de benefícios indiretos.

Com relação à rentabilidade do projeto e sua viabilização a partir de concessão ao setor privado, as concessões rodoviárias podem ser classificadas em três tipos (Machado, 2005; Miorando, 2005):

- **Concessões onerosas**  
São aquelas cuja rentabilidade financeira é suficientemente alta para que a autoridade concedente possa exigir um pagamento do concessionário privado ou receber parcelas das receitas. Geralmente, envolvem rodovias com alta capacidade de tráfego e que já tenham recebido do governo a maior parte dos investimentos.
- **Concessões gratuitas**  
São aquelas nas quais o governo não participa com recursos nem exige pagamentos, de forma que os recursos são apenas privados e a receita de exploração faz com que o empreendimento seja financeiramente viável. Geralmente, envolvem rodovias também de tráfego elevado e cujos investimentos necessários não sejam tão altos.
- **Concessões subsidiadas**  
São aquelas inviáveis financeiramente, nas quais o poder concedente oferece benefícios financeiros adicionais sob a forma de subsídios diretos ou indiretos para tornar as concessões interessantes do ponto de vista da iniciativa privada.

Os principais custos envolvidos nos projetos de concessão rodoviária incluem itens de construção e manutenção, custos relativos a financiamentos, administração da concessão, operação e exploração, serviços de apoio e assistência aos usuários e tributos.

Levando-se em conta os custos pertinentes a cada projeto e a projeção de receitas, que podem provir de tráfego ou de receitas alternativas de exploração de outras atividades na rodovia, a análise econômico-financeira das rodovias é realizada normalmente através de métodos tradicionais, como o VPL (Valor Presente Líquido), a TIR (Taxa Interna de Retorno) e a análise do prazo de retorno do investimento conhecido como *payback* (Machado, 2005). Para as concessões brasileiras, as empresas normalmente utilizam uma TIR em torno de 15% a.a., considerando como prazo de retorno do investimento de 8 a 10 anos. Dentre os casos apresentados como exemplo pelo autor, para o prazo de concessão variando entre 20 e 25 anos, a TIR varia de 12,08% a 19,82% e o VPL de cada projeto é

calculado considerando como taxa de desconto 12% a.a. Já no último leilão de concessões rodoviárias realizado pelo governo federal, em outubro de 2007, a TIR das empresas vencedoras ficou em 8,95% a.a. (Tavares, 2007). Um dos problemas é que para cálculo do VPL, faz-se necessária a escolha de uma taxa de desconto que pode não refletir o correto custo de oportunidade dos investidores. Este ponto será abordado nas análises utilizando a Teoria das Opções Reais.

### **4.3 Concessões Rodoviárias no Mundo**

Ao redor do mundo, países desenvolvidos e em desenvolvimento adotam o sistema de concessões rodoviárias de formas diferentes, considerando inclusive questões de garantias e subsídios para atrair o capital privado. O estudo e análise das experiências são interessantes para modelagem de avaliação dos projetos.

#### **4.3.1 Concessões Rodoviárias na França**

O processo de concessões rodoviárias teve início em 1955, de forma que auto-estradas pudessem ser concedidas ao setor privado e que seu financiamento se desse a partir de pedágios e taxas (Schmitz, 2001; Machado, 2005). A fase inicial contemplava apenas concessionárias de capital misto com controle público, mas a lei foi alterada em 1970 para contemplar a participação de empresas puramente privadas também neste processo. Por problemas financeiros na década de 1980, algumas empresas privadas recorreram à ajuda do governo e, na década de 1990, das nove concessionárias, apenas uma permanecia privada.

Segundo Machado (2005), as receitas provenientes de pedágio representam metade do financiamento necessário para construção, manutenção e operação das rodovias federais francesas. Nos financiamentos contraídos pelas concessionárias para os projetos, o governo pode oferecer garantia, sendo esta obrigatória no caso dos empréstimos tomados no exterior.

### 4.3.2 Concessões Rodoviárias na Inglaterra

A primeira implantação de uma rodovia concedida na Inglaterra ocorreu apenas nos anos 90 (Machado, 2005).

O modelo mais utilizado neste país para concessão rodoviária é o DBFO<sup>27</sup> (*Design-Build-Finance-Operate*, ou Projetar-Construir-Financiar-Operar). Nele, os resultados e as metas de desempenho são claramente especificados, sendo exigida alta qualidade com compensações diretas por desempenho, de forma que a concessionária assume um risco substancial (Grimsey e Lewis, 2004).

Até ser revisado, o valor do pagamento a ser realizado baseava-se primordialmente no nível do tráfego, envolvendo a determinação *a priori* de duas a quatro bandas. A partir do nível superior banda de cima, o governo nada pagaria ao concessionário pelos veículos excedentes, garantindo o máximo pagamento que o governo desembolsaria sob este contrato e fixando assim o seu risco. Assim, o setor público transferia o risco de utilização para o setor privado, através da composição de pedágios-sombra baseados em pagamentos por volume.

Este modelo foi criticado na revisão do programa de concessões DBFO, principalmente tendo em vista a transferência do risco de utilização para o setor privado mesmo considerando que este não poderia influenciar a demanda. Além disso, a manutenção a partir do nível superior da banda de tráfego pode ficar comprometida, pois o concessionário não tem incentivo de incorrer em mais custos já que o pagamento por veículo cai a zero (Grimsey e Lewis, 2004).

Atualmente, os pagamentos das concessões deste tipo têm foco maior na disponibilidade da rodovia e no desempenho, incentivando rapidez e eficiência na operação e na manutenção. É uma estrutura mais adequada, pois o setor público consegue transferir o risco operacional ao concessionário de maneira mais efetiva.

### 4.3.3 Concessões Rodoviárias na Espanha

Em 1953, foi promulgada lei regulamentando a construção de estradas com a cobrança de pedágios, mas as concessionárias só vieram a se estabelecer no

---

<sup>27</sup> Termo criado pela Agência de Auto-estradas da Inglaterra para caracterizar o modelo de concessão de rodovias sob financiamento privado.

início dos anos 70. A primeira etapa envolveu a construção de autopistas sob regime de concessão com pedágio em torno os principais centros econômicos. Em 1980, teve início a construção de autopistas isentas de pedágios na rede nacional. (Machado, 2005; Schmitz, 2001)

Alguns benefícios foram contemplados no plano nacional do setor, incluindo isenção de impostos, garantias para empréstimos obtidos no exterior, seguro para variação cambial e subsídios nos primeiros anos de operação. Há atualmente oito concessionárias, sendo seis empresas privadas. O sistema sofre grande regulamentação do setor público, que controla duas concessões, acompanha as outras, define as tarifas e fixa limites para a origem do capital aportado. (Machado, 2005)

#### **4.3.4 Concessões Rodoviárias nos Estados Unidos**

No século XIX, o sistema rodoviário norte-americano utilizava-se de rodovias pedagiadas conhecidas como *turnpike* (Schmitz, 2001; Grimsey e Lewis, 2004).

Na década de 1950, o governo federal criou um programa de ajuda às rodovias. Desde então, no financiamento voltado para o setor rodoviário, o sistema norte-americano utiliza-se principalmente de impostos sobre o consumo de combustíveis e sobre a propriedade de veículos. Segundo Machado (2005), o volume proveniente desta fonte representa 88% dos recursos federais para ampliação e conservação das rodovias. Nos estados e municípios, outras fontes de receita são adicionadas, incluindo cobrança de pedágios, emissão de títulos de dívida (*bonds*), além de tributos sobre propriedade.

A necessidade de abrir o mercado a empresas privadas no setor se deu na década de 1980, quando, com o crescimento do número de veículos ao longo do tempo e o desgaste das rodovias estaduais, o governo precisou buscar fontes alternativas de financiamento.

A participação da iniciativa privada em investimentos no setor rodoviário ainda é pequena, estando a infra-estrutura americana historicamente nas mãos do poder público. As estradas pedagiadas representam 6,5% do sistema rodoviário interestadual (Machado, 2005).

O caso mais conhecido de participação da iniciativa privada em rodovias é a construção e a operação da *Dulles Greenway*, no Estado da Virgínia. Os dados deste projeto foram utilizados em alguns artigos para se avaliar o valor da concessão e de benefícios providos pelo governo, como será abordado mais adiante neste trabalho (Garvin *et al*, 2002; Garvin e Cheah, 2004).

#### **4.3.5 Concessões Rodoviárias no México**

A partir de 1988, o governo mexicano começou a incentivar fortemente a participação do investimento privado no setor rodoviário. No início da década de 1990, o país adotou um programa ambicioso de concessão de novas rodovias e, em 1993, o programa de construção de rodovias foi considerado o maior do mundo (Irwin e Ehrhardt, 2004; Machado, 2005).

Segundo Irwin e Ehrhardt (2004), os projetos eram bastante alavancados, com aproximadamente 30% de capital próprio (*equity*), porém com contribuição praticamente nula em dinheiro por parte dos patrocinadores. O restante do investimento provinha de capital do governo e dívida – dos governos e dos bancos.

Alguns mecanismos eram desenhados para diminuir a exposição ao risco dos concessionários, mas ainda assim mantinham considerável nível de risco. Um exemplo era que, contratualmente, se o tráfego estivesse abaixo do projetado ou se os custos de construção fossem 15% acima do orçado, o concessionário poderia solicitar que o prazo da concessão fosse estendido (Irwin e Ehrhardt, 2004).

Entretanto, o programa começou a apresentar problemas devido a projeções de retorno otimistas que não se concretizaram, demanda muito abaixo do esperado, projeção de custos subestimada e erros nas projeções de tarifas, além da crise no país no final de 1994 (Schmitz, 2001; Irwin e Ehrhardt, 2004; Machado, 2005). As concessionárias ficaram sem capacidade financeira, os bancos sofreram alta inadimplência e os usuários foram prejudicados com altas taxas de pedágio.

O governo interveio a partir 1990, analisando caso a caso. Para as rodovias concedidas em que os custos haviam extrapolado o orçamento ou em que a demanda estava bem abaixo da prevista, o governo passou a ajudar diretamente no pagamento do financiamento, já que o aumento do prazo não seria suficiente para

reverter a situação. No final dos anos 1990, o governo retomou algumas concessões e assumiu as dívidas com terceiros, através de um programa de reestruturação do setor.

Atualmente, após nova rodada de concessões no início dos anos 2000, o prazo de concessão aumentou para 30 anos. O critério para ganhar a concessão tem sido o de menor prazo para que o projeto retorne para o Estado. Visando diminuir o risco, o governo pode oferecer um subsídio para cobrir parte dos custos do projeto, de modo que a solicitação do menor valor total de subsídios também pode ser um critério de escolha do vencedor do leilão (Irwin e Ehrhardt, 2004; Machado, 2005). Além disso, o contrato pode prever garantias de dívida por parte do governo, como a de cobertura de faltas de caixa para pagamento do serviço da dívida, tornando-se credor deste valor.

Podem ser oferecidas também garantias sobre o volume de tráfego projetado para as rodovias. Se o volume ficar abaixo da previsão, o prazo de concessão é alargado. Em contrapartida, caso o volume fique abaixo do previsto, a receita adicional é dividida com o poder concedente.

#### **4.3.6 Concessões Rodoviárias no Chile**

A abertura a concessões rodoviárias no Chile teve início dos anos 1990. Segundo Vassallo (2006), elas apresentam duas características peculiares, pois a maior parte dos projetos se destina a melhorias e extensão de rodovias já existentes e, além disso, não existem rodovias gratuitas para competir diretamente com a maioria das rodovias pedagiadas.

Logo depois do início das aberturas às concessões, o governo passou a contemplar mecanismos de incentivo bastante elaborados para a participação da iniciativa privada, sendo o Chile um país pioneiro na sua implementação. Nos casos de concessões que não sejam atrativas financeiramente, o governo faz uso de concessões subsidiadas, podendo oferecer garantia de tráfego mínimo, com estabelecimento de limites mínimo e máximo de tráfego para complementação de receita ou divisão de excedente, respectivamente (Machado, 2005).

Este mecanismo é chamado MIG (*Minimum Income Guarantee* – ou Garantia de Receita Mínima). É uma forma de mitigação de risco de tráfego

bastante efetiva do ponto de vista dos credores, diminuindo o risco percebido por eles e, conseqüentemente, o custo de financiamento do projeto. A receita garantida em valor presente corresponde a 70% do investimento total mais os custos de operação e de manutenção estimados pelo governo – e é a mesma para todos os participantes do leilão de concessão, determinando uma “banda” para a receita, abaixo da qual o governo recompõe a diferença (Vassallo, 2006; Irwin, 2007). Este benefício é combinado com um repasse de parte das receitas obtidas caso o tráfego seja maior do que o esperado, cujo valor é determinado por um limite superior para a TIR do projeto ou por uma banda pré-determinada a cada período. A aplicação deste mecanismo no Chile é extensa.

Os outros dois mecanismos destacados por Vassallo (2006) são o LPRV<sup>28</sup> (*Least Present Value of Revenues* – ou Menor Valor Presente das Receitas) e o RDM (*Revenue Distributions Mechanisms* – ou Mecanismos de Distribuições de Receita).

O LPRV tem implicação também sobre cláusulas contratuais da concessão – de forma que o leilão é promovido com base em seu valor. Vence o leilão o concorrente que solicitar o menor valor presente para as receitas de forma a cobrir seus custos, garantindo o equilíbrio econômico da concessão, o qual é definido pelo autor como:

$$I_0 = \sum_{i=1}^n \frac{p_i \theta_i - c_i - t_i}{(1+k)^i} \quad \therefore \quad I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{c_i + t_i}{(1+k)^i} = \sum_{i=1}^n \frac{p_i \theta_i}{(1+k)^i} = LPRV$$

onde  $I_0$ : investimento inicial

$k$ : taxa de desconto ajustada ao risco do projeto (WACC – *weighted average cost of capital* – ou custo médio ponderado de capital)

$\theta_i$ : tráfego no ano  $i$

$p_i$ : pedágio no ano  $i$

$c_i$ : custos operacionais e de manutenção no ano  $i$

$t_i$ : impostos e taxas no ano  $i$

$n$ : prazo da concessão

<sup>28</sup> Para maiores detalhes sobre a metodologia do LPRV, consultar Engel, Fischer e Galetovic (2001).

Neste caso, o prazo da concessão é variável de modo a garantir o LPRV aos investidores. Se o tráfego estiver abaixo do esperado, o prazo da concessão é aumentado e, caso contrário, se o tráfego estiver acima do esperado, o prazo da concessão é diminuído. Entretanto, a aceitação e a aplicação do LPRV em concessões no Chile têm sido limitadas – seja porque o mecanismo não é suficientemente atrativo em projetos muito arriscados, seja porque o prazo máximo de concessão por lei é de 50 anos, o que pode limitar o LPRV a um valor menor do que o solicitado em leilão.

O RDM se apresenta como um mecanismo para mitigar o risco de tráfego *a posteriori*, através de uma modificação em cláusulas contratuais. Há a garantia de uma quantia pré-fixada de receitas, em valor presente, de modo que o prazo do contrato se torna uma variável renegociável. São dadas ao concessionário três alternativas de escolha de crescimento de tráfego médio anual, de modo que, se a decisão for pelos percentuais maiores, é exigido um investimento inicial maior.<sup>29</sup>

Vassallo (2006) destaca que estes mecanismos não são excludentes, ou seja, podem ser aplicados em conjunto a um determinado projeto, como no caso da rodovia Santiago-Valparaíso, que envolveu LPRV e MIG.

#### **4.4 Concessões Rodoviárias no Brasil**

No Brasil, o pedágio foi instituído pela Constituição de 1946, mas como em outras áreas de infra-estrutura, o Estado assumiu a execução de obras no setor de transportes desde o final da década de 1940, financiando-as através de fundos nacionais com recursos destinados para esta finalidade (Machado, 2005).

Devido a problemas financeiros e modificações no sistema nacional de financiamento, no final da década de 1960, o Estado passou a avaliar a alternativa de cobrança de pedágio dos usuários para aumentar o volume de investimentos.

O setor de infra-estrutura rodoviária, assim como os demais serviços públicos, vinha sofrendo uma deterioração desde a década de 1970. Em meados dos anos 1980, os investimentos já eram insuficientes para atender às demandas

---

<sup>29</sup> Para maior detalhamento sobre os mecanismos, consultar Vassallo (2006) e as referências bibliográficas correspondentes

do setor e, ao final da década, a capacidade de investimentos no setor encontrava-se esgotada<sup>30</sup>.

A partir dos anos 1990, um novo modelo de atuação do Estado passou a priorizar os gastos do governo em áreas como educação e saúde e a dar maior ênfase à abertura e à desregulamentação da economia. Neste novo modelo, iniciou-se o processo de privatização e surgiram novas formas de atuação do setor privado, como a concessão dos serviços públicos e, posteriormente, as PPPs.

A prática de concessão de rodovias ao setor privado tornou-se mais comum ao redor do mundo a partir dos anos 1990, mas, no Brasil, até 1994, a experiência compreendia apenas concessões de rodovias a empresas estatais.

A pressão por melhorias fez com que o governo buscasse no setor privado investimentos através do Programa de Concessões de Rodovias Federais. Os primeiros contratos com a iniciativa privada no Brasil começaram a ser negociados em 1993, mas a concretização de investimentos se deu apenas em 1995. O processo de implantação do programa de concessões rodoviárias teve início com a concessão de 856,4 km de rodovias federais, incluindo cinco trechos que haviam sido pedagiados pelo próprio Ministério dos Transportes, enquanto realizavam-se estudos para identificar outros segmentos considerados técnica e economicamente viáveis para inclusão no programa (<http://www.antt.gov.br>). Os primeiros trechos a serem concedidos foram a Ponte Rio-Niterói (BR-101) e a Rio-São Paulo, conhecida como Rodovia Presidente Dutra (BR-116).

A parceria entre o governo federal e os governos estaduais, através da qual alguns trechos de rodovias federais foram transferidos a rodovias estaduais integradas, deu continuidade ao processo de descentralização das atividades do Estado na área de transporte, transferindo à iniciativa privada a prestação de determinados serviços que, apesar de serem essenciais à sociedade, não precisariam necessariamente serem oferecidos pelo poder público (<http://www.antt.gov.br>).

Em 2001, foi criada a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), vinculada ao Ministério dos Transportes. A ANTT é o órgão regulador das atividades de prestação de serviços e de exploração da infra-estrutura de transporte, regulando e fiscalizando os aspectos técnicos. Até o ano de 2007, as

---

<sup>30</sup> Levantamentos feitos por entidades de transporte de carga mostravam que em 2004, 74,7% da malha rodoviária era classificada como deficiente, ruim ou péssima (Machado, 2005).

concessões administradas diretamente pela ANTT eram seis e incluíam 1.482 km, tendo sido contratados entre 1994 e 1998.

Em 2007, foi realizada uma segunda etapa de licitação de concessões em novo leilão de rodovias federais, abrangendo 2.601 km e composta por sete lotes, conforme quadros abaixo:

<b>Concessões Rodoviárias Federais na 1ª Etapa</b>			
<b>Concessionária</b>	<b>Rodovia</b>	<b>Trecho</b>	<b>Extensão (km)</b>
<b>NOVADUTRA</b>	BR-116/RJ/SP	Rio de Janeiro - São Paulo	402
<b>PONTE S/A</b>	BR-101/RJ	Ponte Rio / Niterói	13
<b>CONCER</b>	BR-040/MG/RJ	Rio de Janeiro - Juiz de Fora	190
<b>CRT</b>	BR-116/RJ	Rio de Janeiro – Teresópolis – Além Paraíba	142
<b>CONCEPA</b>	BR-290/RS	Osório - Porto Alegre	121
<b>ECOSUL</b>	BR-116/293/392/RS	Pólo de Pelotas	624
<b>TOTAL</b>			1.483

Tabela 2 - Concessões rodoviárias federais na 1ª etapa

Fonte: <http://www.antt.gov.br>

<b>Concessões Rodoviárias Federais na 2ª Etapa</b>			
<b>Grupo Vencedor</b>	<b>Rodovia</b>	<b>Trecho</b>	<b>Extensão (km)</b>
<b>Grupo OHL</b>	BR-116/PR/SC	Curitiba – Div. SC/RS	413
<b>Grupo OHL</b>	BR-376/PR - BR-101/SC	Curitiba – Florianópolis	382
<b>Grupo OHL</b>	BR-116/SP/PR	São Paulo – Curitiba (Régis Bitencourt)	402
<b>Grupo OHL</b>	BR-381/MG/SP	Belo Horizonte – São Paulo (Fernão Dias)	562
<b>Acciona</b>	BR-393/RJ	Div.MG/RJ – Entroncamento com a Via Dutra	201
<b>Grupo OHL</b>	BR-101/RJ	Ponte Rio-Niterói – Div.RJ/ES	320
<b>BR Vias</b>	BR-153/SP	Div.MG/SP – Div. SP/PR	322
<b>TOTAL</b>			2.601

Tabela 3 - Concessões rodoviárias federais na 2ª etapa

Fonte: <http://www.antt.gov.br> e Jornal O Globo (09/10/2007)

Até 2007, estava prevista a licitação de um trecho segundo modelagem de Parceria Público-Privada, que seria o primeiro caso em âmbito federal. O projeto envolvia a concessão para recuperação, manutenção, operação e aumento de capacidade das rodovias federais BR-116 e BR-324, no Estado da Bahia. O prazo da concessão seria a princípio entre 13 e 17 anos, dependendo do volume de tráfego observado (<http://www.pppbr116.org/projeto.html>).

Entretanto, o governo reviu as projeções e decidiu por implementá-lo segundo uma concessão normal, e não mais de acordo com a definição das PPPs (<http://www.planejamento.gov.br/ppp/conteudo/Projetos/index.htm>).

Além das concessões federais, há também as concessões estaduais e municipais. Segundo a Associação Brasileira de Concessões Rodoviárias (ABCR), entidade criada em 1996 para atuar no desenvolvimento do setor, considerando todas as 36 empresas associadas, as concessionárias e o total de trechos concedidos são apresentados na tabela a seguir:

Concessionárias	Localização	Total (km)
Autoban	São Paulo	317
Autovias	São Paulo	317
Brita	Rio Grande do Sul	142
Caminhos do Paraná	Paraná	406
Rodovia das Cataratas	Paraná	509
Centrovias	São Paulo	218
Colinas	São Paulo	299
Concepa	Rio Grande do Sul	121
Concer	Rio de Janeiro	190
Convias	Rio Grande do Sul	173
Coviplan	Rio Grande do Sul	250
Econorte	Paraná	339
Ecosul	Rio Grande do Sul	624
Ecovia	Paraná	175
Ecovias dos Imigrantes	São Paulo	176
Intervias	São Paulo	376
Via Lagos	Rio de Janeiro	60
Lamsa – Linha Amarela	Rio de Janeiro	25
CLN – Concessionária Litoral Norte	Bahia	217
Univias –Metrovias	Rio Grande do Sul	501
NovaDutra	São Paulo – Rio de Janeiro	402
Ponte S.A.	Rio de Janeiro	23
Renovias	São Paulo	346
CRT – Concessionária Rio-Teresópolis	Rio de Janeiro	143
Rodonorte	Paraná	568
Rodosul	Rio Grande do Sul	133
Rodosol	Espírito Santo	68
Rota 116	Rio de Janeiro	140
Santa Cruz	Rio Grande do Sul	209
SPVias	São Paulo	516
Sulvias	Rio Grande do Sul	318
Tebe	São Paulo	156
Triângulo do Sol	São Paulo	442
Vianorte	São Paulo	237
Viaoeste	São Paulo	162
Viapar	Paraná	547
<b>Total</b>		<b>9.834</b>

Tabela 4 - Concessões rodoviárias no Brasil

Fonte: <http://www.abcr.org.br>

Dentre as concessionárias, algumas são empresas controladas por grupos cujas ações estão listadas na Bovespa, sendo os dois maiores a Companhia de Concessões Rodoviárias (CCR) e a OHL Brasil.

A CCR é um dos maiores grupos privados de concessões de rodovias da América Latina e um dos sete mais representativos do mundo. Ela é responsável pela administração de 1.452 km de rodovias da malha concedida nacional, incluindo a gestão das concessionárias AutoBAn e ViaOeste, em São Paulo, NovaDutra, Ponte Rio-Niterói e ViaLagos, no Rio de Janeiro, e RodoNorte, no Paraná (<http://www.ccrnet.com.br>).

Além da atuação no setor de concessão de transportes, faz parte da estratégia de crescimento da companhia a diversificação de seu portfólio, em âmbitos nacional e internacional, com foco no México, EUA, Canadá e Chile.

Em novembro de 2006, a CCR assinou com o governo do Estado de São Paulo, o contrato da primeira PPP do País: a Linha 4 do Metrô de São Paulo, a ser operada e mantida por uma empresa com quatro sócios internacionais e liderada pela companhia.

A OHL Brasil é a subsidiária brasileira da OHL Concesiones, sociedade espanhola que atua na área de investimentos em infra-estrutura, principalmente na área de transportes. Em todo o mundo, a OHL Concesiones é responsável por doze sociedades concessionárias de estradas, em países como Espanha, México, Chile, Argentina e Brasil. A empresa já era responsável até outubro de 2007 pela gestão de 1.147 km em operação, através de suas quatro concessionárias, quando obteve os direitos de concessão de cinco dos sete trechos de rodovias federais ofertados pelo Governo durante leilão da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), tornando-se a primeira empresa em quilômetros administrados entre os operadores privados de concessões rodoviárias no Brasil e a segunda em receita bruta de serviços e volume de tráfego (<http://www.ohlbrasil.com.br>).

As quatro concessionárias sob administração da OHL Brasil já operando são a Autovias, Centrovias, Intervias e Vianorte, todas no Estado de São Paulo.

Entre os trechos arrematados no último leilão estão os das rodovias Régis Bittencourt (BR-116), entre São Paulo e Curitiba; Fernão Dias (BR-381), entre Belo Horizonte e São Paulo; 382,3 km que ligam Curitiba a Florianópolis e envolvem as rodovias BR-116, BR-376 e BR-101; 320,1 km da BR-101 no Estado do Rio de Janeiro; e 412,7 km da BR-116 entre Curitiba e divisa de Santa Catarina

com Rio Grande do Sul. Em todos os leilões ganhos, a OHL foi a empresa que apresentou os menores valores de pedágio.

Segundo o relatório anual desta associação (ABCR, 2006), o programa brasileiro de concessões rodoviárias tem se mostrado um caminho seguro para o crescimento da economia nacional, promovendo recuperação, modernização e ampliação de trechos relevantes da malha rodoviária, além da criação de empregos, do desenvolvimento tecnológico e da desoneração dos governos.

As concessões realizadas incluem as rodovias com demandas elevadas capazes de se auto-sustentar economicamente e de atrair investimentos da iniciativa privada, para recuperar, adequar e manter a rede existente (Schmitz, 2001). No âmbito federal, por exemplo, o último leilão de concessões de rodovias considerou o critério de menor tarifa de pedágio.

Entretanto, comparando com outros países que investem cada vez mais em seus sistemas de transporte, buscando mecanismos alternativos para atrair o capital privado, o Brasil tem dado passos lentos (ABCR, 2006). Segundo Machado (2005), o governo brasileiro falhou em demorar a implantar um programa de concessões. Em países como Estados Unidos, China, Canadá, África do Sul, Índia, entre outros da Europa e da América do Sul, os governos têm expandido as soluções utilizando novas modalidades, como as concessões patrocinadas, em que o governo aporta recursos para viabilizar determinados projetos.

Os esforços pela concretização das Parcerias Público-Privadas (PPPs) visam estimular a iniciativa privada a assumir empreendimentos de estradas secundárias ou de menor tráfego que não sejam financeiramente atrativos inicialmente. Para o Brasil, esta iniciativa pode suprir problemas de investimento em infra-estrutura e é uma alternativa para o crescimento econômico.

Entretanto, apesar dos avanços nos últimos anos inclusive com a aprovação da Lei 11.079/04, que institui normas para as PPPs, o ambiente político-econômico ainda necessita de decisões que venham ao encontro dos interesses e da capacidade das empresas privadas.

## 5 Teoria de Opções Reais

Para avaliação de projetos, inclusive os que envolvem estruturas de *project finance*, como as concessões rodoviárias, os métodos de avaliação mais utilizados são os tradicionais, com destaque para o VPL (Valor Presente Líquido) e para a TIR (Taxa Interna de Retorno).

Entretanto, em vários casos, podem ser identificadas situações de opcionalidade, seja de abandono de um projeto, seja de garantias e benefícios que o governo possa oferecer ao investidor privado em uma PPP, seja de término antecipado do contrato de concessão, entre outras.

Os projetos que envolvem estas características, se avaliados na forma tradicional, podem ter seus valores subestimados, ocasionando distorções nas decisões de investimento. Neste caso, deve-se adotar a análise a partir de ferramentas adequadas, como as de opções reais.

Neste capítulo, serão abordados princípios importantes da Teoria de Opções Reais que virão a fundamentar as análises dos valores dos projetos envolvendo estruturas de *project finance* e PPP. As aplicações existentes serão apresentadas no Capítulo 6 e um projeto hipotético será avaliado no Capítulo 7.

### 5.1 Teoria Tradicional de Análise de Investimentos

Na Economia, investimento é definido como “o ato de se incorrer em um custo imediato na expectativa de retornos futuros” (Dixit e Pindyck, 1994).

As empresas fazem projeções de fluxos de caixa relevantes para tomar decisões sobre investimentos, que podem ser expressas sob forma de aceitação ou rejeição de um projeto. A Teoria Financeira Tradicional apresenta várias técnicas para realização de tais análises e tomadas de decisão.

Dentre todas as disponíveis, há duas que são as mais utilizadas e aceitas: o VPL (Valor Presente Líquido, ou *Net Present Value*) e a TIR (Taxa Interna de Retorno ou *Internal Rate of Return*)<sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup> A TIR é a taxa de desconto que iguala o VPL de um determinado projeto a zero.

O VPL é a ferramenta mais utilizada pelas empresas de forma geral. Seu cálculo envolve a subtração do valor investimento inicial ( $I$ ) de um projeto do valor presente de seus fluxos de caixa em cada período ( $FC_t$ ), descontados a taxa de custo de capital da empresa ( $k$ ). Em tempo discreto, tem-se:

$$VPL = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+k)^t} - I \quad (5.1)$$

O VPL considera explicitamente o valor do dinheiro no tempo, descontando os fluxos de caixa a uma taxa chamada de custo de capital, referente ao retorno mínimo que se deseja de um projeto.

O critério para tomada de decisão de acordo com o VPL calculado se baseia em seu sinal. Se o VPL for maior do que zero, aceita-se o projeto. Isto porque, no caso de VPL positivo, a empresa, ao realizar o investimento, espera obter um resultado maior do que seu custo de capital. Se o VPL for menor do que zero, rejeita-se o projeto. Finalmente, entre dois projetos mutuamente excludentes, escolhe-se o de maior VPL.

Outra abordagem para o VPL é a de certeza equivalente<sup>32</sup>. Para estimar o valor de um projeto, podem-se descontar os fluxos de caixa futuros esperados a taxa do custo de capital ajustada ao risco ou ajustar ao risco os fluxos de caixa e descontá-los a taxa livre de risco (Copeland e Antikarov, 2003).

A abordagem tradicional do VPL utiliza a taxa de desconto ajustada ao risco como custo médio ponderado de capital<sup>33</sup>. O retorno esperado de um ativo pode ser estimado a partir do CAPM (*Capital Asset Pricing Model* – ou Modelo de

<sup>32</sup> Esta abordagem é importante para a compreensão do conceito de neutralidade ao risco nos métodos de avaliação de opções.

<sup>33</sup> Custo médio ponderado de capital (CMPC, ou WACC – *weighted average cost of capital*) pode ser estimado pela equação:  $CMPC = k_d(1 - \tau) \frac{D}{D+E} + k_E \frac{E}{D+E}$ , sendo uma média ponderada entre o custo de capital de terceiros ( $k_d$ ) e o custo de capital próprio ( $k_E$ ). O fator  $(1 - \tau)$ , calculado com base na alíquota de imposto  $\tau$ , corrige o custo de capital de terceiros considerando o benefício fiscal por conta do pagamento de juros, quando este ainda não estiver corrigido. A proporção para ponderação é feita a partir da estrutura de capital do projeto, onde  $D$  é a dívida e  $E$  o capital próprio (Gitman, 2001).

Precificação de Ativos de Capital), que descreve sua relação com o risco não-diversificável<sup>34</sup> do ativo (Gitman, 2001). A equação básica do CAPM é dada por:

$$k = r + \beta(E[\tilde{R}_m] - r) \quad (5.2)$$

onde  $r$  é a taxa livre de risco

$\beta$  é o coeficiente dado pela covariância entre o retorno de mercado e o retorno do ativo dividido pela variância do retorno do mercado

$E[\tilde{R}_m]$  é o valor esperado do retorno de mercado (sobre uma carteira de ativos do mercado)

A taxa  $k$  é dita taxa ajustada ao risco, pois considera que o retorno exigido é composto por duas parcelas: a taxa livre de risco  $r$  mais um prêmio de risco dado por  $\beta(E[\tilde{R}_m] - r)$ , recompensando o risco não diversificável associado ao um ativo. Considerando um período na forma discreta, o valor presente de um projeto será dado por:

$$VP = \frac{E[\tilde{FC}]}{1 + k} = \frac{E[\tilde{FC}]}{1 + r + \beta(E[\tilde{R}_m] - r)} \quad (5.3)$$

Ou seja, na abordagem tradicional do VPL, ajusta-se ao risco a taxa de desconto no denominador.

Na abordagem de certeza equivalente, ajusta-se o fluxo de caixa no numerador, subtraindo uma parcela referente ao risco, de forma que o valor obtido possa ser descontado à taxa livre de risco  $r$ . Como demonstrado em Copeland e Antikarov (2003)<sup>35</sup>, pela abordagem da certeza equivalente, obtém-se:

$$VP = \frac{E[\tilde{FC}] - \lambda_m COV[\tilde{FC}, \tilde{R}_m]}{1 + r} \quad (5.4)$$

<sup>34</sup> Risco não-diversificável ou sistemático é a porção relevante do risco de um ativo atribuível a fatores de mercado que afetam todas as empresas, não podendo ser eliminado através da diversificação (Gitman, 2001).

<sup>35</sup> Copeland e Antikarov (2003), Capítulo 3, p. 72

onde  $\lambda_m$  é o preço de mercado do risco dado por:

$$\lambda_m = \frac{E[\tilde{R}_m] - r}{VAR[\tilde{R}_m]} \quad (5.5)$$

A compreensão do VPL é fundamental para análise de opções reais pois em ambos os casos são considerados fluxos de caixa descontados a valor presente (Copeland e Antikarov, 2003). Entretanto, a abordagem através simplesmente do VPL sem avaliar a presença de possíveis opções desconsidera o valor das flexibilidades existentes em uma oportunidade de investimento. O valor das flexibilidades é ponto de partida da Teoria de Opções Reais.

### 5.1.1

#### Teoria Tradicional *versus* Teoria de Opções Reais

Segundo Dixit e Pindyck (1994), há três características básicas na maioria das decisões de investimento: irreversibilidade, incerteza e momento de realização.

Qualquer investimento é parcialmente ou totalmente irreversível, uma vez que parte do seu custo inicial pode ser considerada como custo afundado. A incerteza também está presente nos fluxos futuros de um determinado investimento e, conseqüentemente, no retorno que pode proporcionar. Finalmente, o momento de realização do investimento pode ser muitas vezes postergado de forma a se obter um pouco mais de informação sobre suas características.

Uma oportunidade de investimento em determinado projeto deve ser vista como uma opção – ou seja, tem-se o direito (e não a obrigação) de realizar tal investimento em algum momento futuro, de forma análoga a uma opção financeira. Além disso, o projeto normalmente contém outras flexibilidades que se caracterizam como opções e que devem ser avaliadas como tais.

A falha dos métodos tradicionais que se utilizam apenas do fluxo de caixa descontado reside principalmente na falta do reconhecimento da flexibilidade de gerenciamento e de adaptação que existe em condições diferentes de mercado (Trigeorgis, 1996). Desta forma, o valor destas flexibilidades não é capturado e o valor do projeto fica sendo subestimado.

Além disso, quando se consideram as opções presentes em um projeto, não há uma forma fácil de calcular a taxa de desconto ajustada ao risco apropriada (Hull, 2006). Outro problema reside na própria estimativa do coeficiente  $\beta$  para cálculo da taxa de desconto ajustada ao risco. A estimativa de  $\beta$  a partir de dados de mercado das empresas para ser utilizado como parâmetro de um projeto específico pode fornecer informações incorretas, pois não reflete o impacto da existência das opções do projeto em questão e carrega em si o impacto das opções das próprias empresas.

Estas são motivações para o estudo do princípio de avaliação neutra ao risco para situações envolvendo opções reais.

## 5.2 Opções Financeiras

A base para a Teoria de Opções Reais reside nas opções financeiras. Myers (1977) foi o primeiro a utilizar o termo “opções reais” pela analogia entre as oportunidades de investimento das firmas em ativos reais com opções de compra (Dias, 2005).

Conceitualmente, os termos e expressões utilizados são praticamente os mesmos, já que a Teoria das Opções nasceu no mercado financeiro e foi posteriormente adaptada para considerar oportunidades de investimento em projetos.

Uma opção de compra é um direito (e não uma obrigação) de comprar um determinado ativo por um certo preço em uma data futura ou até uma data futura, sendo conhecida no mercado como *call*. Analogamente, uma opção de venda é um direito de vender o ativo, sendo conhecida como *put*. Este ativo sobre o qual a opção é escrita é dito ativo subjacente.

A teoria moderna das opções financeiras tem seus fundamentos nos trabalhos de Black e Scholes (1973) e de Merton (1973), nos quais foi desenvolvido um modelo de equilíbrio para precificação de opções baseado na construção de uma carteira livre de risco, de forma que são utilizados conceitos de não-arbitragem no mercado para se encontrar o preço justo de uma opção escrita sobre uma ação. O resultado obtido independe de suposições acerca das preferências de risco de cada investidor, levando ao conceito de neutralidade ao risco, abordado mais adiante.

Os pressupostos do modelo de Black e Scholes (1973) para cálculo do valor de uma opção europeia escrita sobre uma ação são<sup>36</sup>:

- Ação não paga dividendos ao longo da vida da opção
- Os mercados são eficientes
- Não há custos de transação
- Taxa de juros livre de risco conhecida e constante
- Os ativos são perfeitamente divisíveis
- Retornos instantâneos dos ativos apresentam distribuição normal (preços apresentam distribuição lognormal)

De forma geral, nos mercados de ações, o valor de uma opção  $F_t$  escrita sobre a ação  $S_t$  será função de:

$$F_t = u(S_t, r, X, T, \sigma, \delta)$$

onde:  $S_t$ : valor do ativo no tempo  $t$   
 $r$ : taxa livre de risco  
 $X$ : preço de exercício da opção  
 $T$ : vencimento da opção  
 $\sigma$ : volatilidade dos retornos do ativo  
 $\delta$ : taxa de dividendos do ativo  $S$

Por analogia, uma oportunidade de investimento em um projeto pode ser considerada uma opção real e ser comparada à opção financeira, dada a seguinte correspondência entre as variáveis:

---

<sup>36</sup> Na análise de Merton (1973), foi considerado o pagamento de dividendos

<b>Opção Financeira</b>	<b>Opção Real</b>
Preço da ação	Valor do projeto
Preço de exercício da opção	Valor do investimento no projeto
Taxa de dividendos da ação	Fluxo de caixa gerado pelo projeto
Taxa livre de risco	Taxa livre de risco
Volatilidade dos retornos da ação	Volatilidade do valor do projeto
Tempo de expiração da opção	Tempo de expiração da oportunidade de investimento

Tabela 5 - Comparação Opção Financeira *versus* Opção Real

Entretanto, na prática, as opções reais e as financeiras apresentam diferenças importantes, como destacadas por Mun (2006). As opções reais têm prazos de vencimento normalmente mais longos do que as opções financeiras, podendo ser até mesmo infinito, como no caso das opções perpétuas. O ativo subjacente no caso das opções financeiras é o preço da ação, enquanto que nas opções reais podem ser diversos tipos de variáveis – como fluxos de caixa, demanda por algum produto, preços de *commodities*, entre outros. As opções reais não são negociáveis por natureza e tem seus valores direcionados por decisões gerenciais, em contraponto com as opções financeiras.

De forma geral, as opções reais são mais complexas, pois podem apresentar fatores como preço de exercício incerto, interação entre elas, incertezas técnicas e interações estratégicas com outras empresas (<http://www.puc-rio.br/marco.ind/ind2072.html>). A parte mais difícil frequentemente está na identificação da existência da opção.

### 5.3 Tipos de Opções Reais

Trigeorgis (1996) destaca diversos exemplos de opções reais, através das quais os gerentes de um projeto podem dispor de flexibilidades operacionais e estratégicas. Segundo o autor, muitas destas opções podem existir naturalmente e outras podem ser planejadas e incorporadas com um custo adicional. Dentre elas, podem ser destacadas as seguintes, com especial ênfase nas de maior interesse nos casos de *project finance* e PPP envolvendo concessões rodoviárias:

- Opção de adiar um investimento:  
Segundo Dixit e Pindyck (1994), nem sempre as empresas têm a oportunidade de postergar investimentos, como, por exemplo, em indústrias de grande competição. Entretanto, o adiamento em muitos casos é viável e pode ser benéfico, já que a opção de se investir tem valor.  
Uma empresa com uma oportunidade de investimento detém uma opção e, ao realizar o investimento precocemente, está exercendo esta opção, “abrindo mão” do seu valor.  
Pode até haver um custo de se postergar uma decisão de investimento, mas os benefícios obtidos pela espera por uma nova informação podem superar muito este custo.  
Esta opção é análoga a uma *call* americana, sendo especialmente valiosa em casos de alta incerteza e de projetos de longo prazo (Trigeorgis, 1996).
- Opção de *default* durante as etapas de um investimento:  
Na maior parte dos projetos, o investimento não é realizado em apenas um momento. O que ocorre é uma seqüência de investimentos de capital, criando opções de abandono do projeto antes de iniciar sua fase operacional.  
De forma mais geral, ao se considerarem diversos estágios de investimentos, cada etapa pode ser vista como uma opção escrita sobre o valor das etapas subseqüentes. Segundo a abordagem de Finnerty (2007), em situações envolvendo *project finance*, e, conseqüentemente, projetos intensivos em capital, estas opções são de extrema importância para avaliação correta do valor do projeto.  
Trigeorgis (1996) destaca que este tipo de opção é especialmente valiosa em indústrias de alta incerteza, desenvolvimento longo e intensivas em capital - como aquelas envolvendo projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e financiamentos de capital de risco.

- **Opção de expansão:**

Dependendo de condições de mercado e contratuais, um projeto pode ser expandido através da realização de um novo investimento.

Nas concessões rodoviárias, por exemplo, dependendo do fluxo de tráfego, a concessionária pode ter a opção de aumentar as pistas em determinados trechos conforme acordado em contrato.

Brandão (2002) e Galera (2006), em suas teses de Doutorado, analisam uma opção de expansão na área de concessões rodoviárias. Brandão (2002) considera que esta opção pode estar presente caso o volume de tráfego justifique um aumento da capacidade, seja ampliando o número de faixas de tráfego, seja estendendo o projeto para outras localidades, ou ainda através de investimentos em outras concessões. No modelo utilizado, ele considera a presença destas opções em datas previamente especificadas. Galera (2006) considera também os casos de opção em datas não definidas, podendo ser inclusive ser uma obrigação contratual caso o tráfego supere determinado nível.
- **Opção de abandono por valor de liquidação:**

Se as condições de mercado forem desfavoráveis, os gerentes de um projeto podem decidir abandoná-lo em troca de seu valor de liquidação. Em projetos de investimento de fábricas, por exemplo, isso pode envolver a venda dos equipamentos e outros ativos no mercado secundário.

No caso de uma operação envolvendo *project finance*, por exemplo, este ponto é abordado por Pollio (1998) justamente como uma forma de precificar o valor do patrimônio (ou *equity*) e da dívida (ou *debt*).

Há também casos de projetos BOT em que esta opção é considerada na fase de construção (Huang e Chou, 2005). Brandão (2002) e Galera (2006), em suas teses de Doutorado, avaliam a opção de abandonar a concessão em determinados períodos, pagando um certo valor indenizatório.

Outras opções que podem ser citadas são: opções de contração, opções de parada temporária, opções de troca de tecnologia, opções de troca de entrada de insumos ou saída de produtos finais etc.

No caso específico de projetos estruturados segundo *project finance* ou ainda parcerias público-privadas com incentivos e garantias que influenciam o cálculo do valor do projeto, há presença de opções reais específicas, de forma que o simples cálculo de VPL não fornece o real valor do projeto. A utilização das ferramentas de opções reais faz-se necessária e já é abordada na literatura a respeito do assunto, cujos modelos serão apresentados no Capítulo 6.

Quando estão presentes mais de uma opção, é necessário avaliar também a interação entre elas. A flexibilidade gerencial envolve na maior parte dos casos uma coleção de opções reais e a interação entre elas faz com que o valor final da oportunidade de investimento não seja a soma dos valores das opções. O valor incremental de uma opção adicional é normalmente menor do que seu valor isolado.

#### 5.4 Princípio da Neutralidade ao Risco

O princípio da neutralidade ao risco é de extrema importância na teoria de opções. No processo de precificação, pode-se supor um mundo neutro ao risco, de forma que o cálculo do preço da opção não envolva nenhuma variável que seja afetada pelas preferências de risco dos investidores (Hull, 2006). A avaliação neutra ao risco é um artifício para obtenção do valor de um derivativo; portanto, os preços calculados são corretos sempre, e não apenas no mundo neutro ao risco.

Matematicamente, observa-se que no modelo de Black, Scholes (1973) e Merton (1973), por exemplo, a equação diferencial independe das preferências de risco dos investidores. O desenvolvimento da equação diferencial pressupõe a criação de uma carteira  $\pi$  livre de risco formada pela ação  $S$  (ativo) que não paga dividendos e por um derivativo  $F(\tilde{S}, t)$ . Pelo método dos ativos contingentes, obtém-se a equação:

$$\frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 F}{\partial S^2} + rS \frac{\partial F}{\partial S} + \frac{\partial F}{\partial t} - rF = 0 \quad (5.6)$$

De forma análoga, no caso da ação  $S$  pagar dividendos a uma taxa  $\delta$ , tem-se:

$$\frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 F}{\partial S^2} + (r - \delta)S \frac{\partial F}{\partial S} + \frac{\partial F}{\partial t} - rF = 0 \quad (5.7)$$

As equações independem das preferências de risco dos indivíduos e pode-se supor qualquer conjunto de preferências para precificar a opção. Em particular, é válida a suposição de que os investidores são neutros ao risco para efeito prático de cálculo. Assim, o valor esperado do *payoff* do derivativo considerando neutralidade ao risco é calculado e descontado no tempo à taxa livre de risco, sendo este o retorno esperado para todos os ativos.

O modelo binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979) e a simulação de Monte Carlo de processos neutros ao risco são aplicações deste princípio que facilitam na prática a precificação de opções.

#### 5.4.1 Preço de Mercado do Risco

O preço de mercado do risco de uma variável mede o excesso de retorno que esta variável proporciona em relação à taxa livre de risco por unidade de risco desta variável, ou seja, pela volatilidade dada pelo seu desvio padrão. Este conceito será importante para a aplicação prática apresentada no Capítulo 7, referente à avaliação de uma concessão rodoviária, em que a variável de risco é o tráfego de veículos na rodovia.

Seja um derivativo dependente de uma única variável  $\theta$ , que pode ser uma variável qualquer, financeira ou não<sup>37</sup>, cujo processo seguido:

$$\frac{d\theta}{\theta} = mdt + sdz \quad (5.8)$$

onde  $m$  é a taxa de crescimento esperada de  $\theta$ , função de  $\theta$  e  $t$

$s$  é a volatilidade de  $\theta$ , função de  $\theta$  e  $t$

$dz$  é um processo de Wiener

<sup>37</sup> Hull (2006) destaca que esta variável não precisa ser o preço de um ativo de investimento. Pode ser algo como a temperatura de uma cidade.

Sejam  $f_1$  e  $f_2$  os preços de dois derivativos dependentes apenas da variável  $\theta$  e do tempo  $t$  e que não forneçam nenhum fluxo ou dividendo, cujos processos seguidos sejam:

$$\frac{df_1}{f_1} = \mu_1 dt + \sigma_1 dz \quad (5.9)$$

$$\frac{df_2}{f_2} = \mu_2 dt + \sigma_2 dz \quad (5.10)$$

onde  $\mu_1, \mu_2, \sigma_1$  e  $\sigma_2$  são funções de  $\theta$  e  $t$

$dz$  é um processo de Wiener

De forma similar ao desenvolvimento da equação de Black, Scholes (1973) e Merton (1973), pelo método dos ativos contingentes, é possível formar um portfólio livre de risco composto pelos derivativos  $f_1$  e  $f_2$ .

Hull (2006) demonstra que<sup>38</sup>:

$$\frac{\mu_1 - r}{\sigma_1} = \frac{\mu_2 - r}{\sigma_2} \quad (5.11)$$

Genericamente, para um derivativo dependente apenas de  $\theta$  e  $t$ , cujo processo seja:

$$\frac{df}{f} = \mu dt + \sigma dz \quad (5.12)$$

o preço de mercado do risco será dado por:

$$\frac{\mu - r}{\sigma} = \lambda \quad (5.13)$$

O parâmetro  $\lambda$  é conhecido com preço de mercado do risco de  $\theta$ , sendo o mesmo para todos os derivativos dependentes apenas de  $\theta$  e  $t$  (Trigeorgis, 1996; Hull, 2006). Este parâmetro mede o *trade-off* entre risco e retorno de ativos dependentes de  $\theta$  e, em analogia com o CAPM (*Capital Asset Pricing Model*), pode-se escrever:

<sup>38</sup> Para demonstração, ver Hull (2006), Capítulo 25, p. 590 e 591

$$\mu - r = \lambda\sigma \quad (5.14)$$

de modo que o prêmio de risco do derivativo é dado por:

$$\pi = \lambda\sigma \quad (5.15)$$

A análise acima pode ser estendida para derivativos que apresentem um uma taxa de fluxo ou dividendos. Suponha o mesmo derivativo  $f$  anterior, mas que gera um fluxo à taxa  $\delta$ , de forma análoga a uma taxa de conveniência ou de dividendos. Demonstra-se<sup>39</sup> que, nesse caso, a equação (5.14) será:

$$\mu + \delta - r = \lambda\sigma \quad (5.16)$$

Na realidade, vale a relação:

$$\mu^* = \mu + \delta \quad (5.17)$$

que expressa o retorno de  $f$  quando este possui uma taxa de conveniência ou dividendos, sendo dado pela sua taxa de crescimento, análoga ao ganho de capital de uma ação, mais o fluxo que ele produz, análogo ao dividendo de uma ação, conforme também abordado por Trigeorgis (1996).

Neste caso, aplicando o conceito de preço de mercado do risco, teremos:

$$\mu^* - r = \mu + \delta - r = \lambda\sigma \quad (5.18)$$

A questão também pode ser vista sob análise dos parâmetros da variável  $\theta$ . Partindo novamente do seu movimento dado pela equação (5.8), tem-se:

$$\frac{d\theta}{\theta} = mdt + sdz \quad (5.19)$$

Tome-se um ativo cujo preço  $f$  dependa de uma variável  $\theta$  e do tempo  $t$ , que siga um processo na forma:

$$\frac{df}{f} = \mu dt + \sigma dz \quad (5.20)$$

<sup>39</sup> Para maiores detalhes, ver *Student Solution Manual* (Hull, 2006), solução do exercício 25.7, p. 189. A demonstração está apresentada no Apêndice 10.1.1.

Aplicando o Lema de Itô, usando o conceito de prêmio de risco a partir do parâmetro  $\lambda$  e comparando as expressões obtidas com a equação de Black, Scholes e Merton, pode-se demonstrar<sup>40</sup> que, se  $\theta$  apresentar um fluxo à taxa  $q$  análogo à taxa de conveniência, valerá a relação:

$$m - \lambda s = r - q \quad (5.21)$$

Assim, para o caso geral em que a variável base  $\theta$  apresente um fluxo à taxa  $q$  análogo ao dividendo de uma ação ou à taxa de conveniência de um *commodity*, o preço de mercado do risco será:

$$\lambda = \frac{m + q - r}{s} \quad (5.22)$$

A expressão (5.21) representa duas maneiras de escrever a tendência neutra ao risco da variável  $\theta$ . Na prática, o entendimento de  $m - \lambda s$  é mais intuitivo, pois expressa um prêmio de risco sendo subtraído da tendência real de crescimento.

De forma geral, qualquer ativo dependente de  $\theta$  pode ser avaliado subtraindo-se  $\lambda s$  da taxa de crescimento esperada de  $\theta$ , alterando-se  $m$  para  $m - \lambda s$ . Isto é análogo a subtrair o prêmio de risco da taxa de crescimento (*drift*), de forma a se obter um *drift* neutro ao risco. Neste caso, é possível se trabalhar como no mundo neutro ao risco, assumindo que a taxa de crescimento esperada de  $\theta$  é dada por  $m - \lambda s$  e descontando-se os fluxos de caixa à taxa livre de risco  $r$ .

Segundo Hull (2006), quando se considera que  $\theta$  não é o preço de um ativo de investimento, o argumento do princípio de neutralidade ao risco pode não fornecer nenhuma sensibilidade prática do que ocorre no mundo neutro ao risco. Ele apenas indica que alterando a taxa esperada de crescimento de  $\theta$  de  $m$  para  $m - \lambda s$  e trabalhando segundo o princípio de neutralidade ao risco, será possível obter o valor correto para precificar derivativos dependentes de  $\theta$ .

É interessante notar que, se a tendência neutra ao risco  $m - \lambda s$  for diferente da taxa de juros livre de risco  $r$ , indica a existência de um fator análogo à taxa de

<sup>40</sup> Para maiores detalhes, ver Nota Técnica 20 de Hull (2006), disponível em <http://www.rotman.utoronto.ca/~hull>. A demonstração está apresentada no Apêndice 10.1.2.

conveniência utilizada para *commodities* ou a taxa de dividendos de uma ação. Desta forma  $m - \lambda s$  será igual a  $r - q$ . Isto pode explicar, apesar de não intuitivamente, a presença de uma taxa de fluxo  $q$ , análoga a de dividendos ou de conveniência, em variáveis não financeiras, como demanda, tráfego e temperatura.

Para avaliação de concessões rodoviárias que apresentem opções reais, a variável de risco principal é o tráfego, de modo que a tendência neutra ao risco dada por  $m - \lambda s$  pode ser mais facilmente obtida do que  $r - q$ .

#### 5.4.1.1 Cálculo do Preço de Mercado do Risco de uma Variável

Quando se possui dados históricos, é possível estimar o preço de mercado do risco de uma determinada variável através do CAPM (Hull, 2006). Considerando um ativo de investimento  $a$  dependente apenas de uma variável  $\theta$ , o prêmio de risco deste ativo dado será:

$$\mu - r = \beta(E[R_m] - r) \quad (5.23)$$

O parâmetro  $\beta$  é dado por

$$\beta = \frac{COV[R_a, R_m]}{\sigma_m^2} = \frac{\rho_a \sigma_a}{\sigma_m} \quad (5.24)$$

onde  $\rho_a$  é a correlação entre os retornos do ativo e os retornos da carteira de mercado

$\sigma_a$  é o desvio padrão dos retornos do ativo

$\sigma_m$  é o desvio padrão dos retornos da carteira de mercado

Desta forma:

$$\mu - r = \frac{\rho_a \sigma_a}{\sigma_m} (E[R_m] - r) \quad (5.25)$$

Sendo este ativo dependente apenas de  $\theta$ , a correlação entre seus retornos com os retornos da carteira de mercado é a mesma entre os retornos da variável base com os retornos da carteira de mercado, dada por  $\rho_\theta$ . Logo:

$$\rho_a = \rho_\theta = \rho \quad (5.26)$$

Definindo o preço de mercado do risco de  $\theta$  como:

$$\lambda = \frac{\rho}{\sigma_m} (E[R_m] - r) \quad (5.27)$$

obtém-se novamente a equação (5.14), de forma que:

$$\mu - r = \lambda \sigma_a \quad (5.28)$$

#### 5.4.2

#### Neutralidade ao Risco no Caso de Variáveis Não-Negociáveis

As fórmulas de precificação de opções foram derivadas a partir da possibilidade de construir um portfólio dinâmico capaz de replicar o *payoff* da opção considerada em qualquer estado. Segundo Trigeorgis (1996), na avaliação de opções reais, mesmo não sendo o ativo base negociável, ainda assim é possível precificar um derivativo a partir dos conceitos de neutralidade ao risco ao subtrair o prêmio de risco apropriado sob equilíbrio de mercado, conforme abordado nas seções anteriores.

Segundo Hull (2006), é necessário estimar o preço de mercado do risco de todas as variáveis estocásticas envolvidas. Quando se dispõe de dados históricos da variável, este parâmetro pode ser estimado segundo a fórmula (5.27).

Schwartz e Moon (2001) utilizam estes conceitos para avaliação de empresas de Internet, considerando processos estocásticos para a receita e para a taxa de crescimento da receita. Para a simulação dos movimentos neutros ao risco destas variáveis, são estimados seus preços de mercado do risco: o da receita é calculado a partir de dados históricos e o da taxa de crescimento da receita é considerado nulo<sup>41</sup>.

Na área de interesse deste trabalho, envolvendo *project finance* e PPP, serão abordadas no próximo capítulo aplicações em infra-estrutura do setor de transporte. Alguns autores consideram questões relacionadas à utilização do conceito de neutralidade ao risco em projetos cujas variáveis de risco não são

<sup>41</sup> O preço de mercado do risco de uma variável é considerado nulo quando se acredita que ela é descorrelacionada com um índice de mercado.

ativos negociáveis (Rose, 1998; Brandão, 2002; Irwin, 2003; Cheah e Liu, 2006; Brandão e Cury, 2006; Galera, 2006; Brandão e Saraiva, 2007).

Irwin (2003) modela uma garantia de receita mínima em um projeto (por exemplo, uma concessão rodoviária). Este tipo de garantia apresenta características de opção, sendo necessário considerar o processo neutro ao risco para a receita, que não é nem mesmo um ativo, ainda menos um ativo negociado. Se a variável fosse um ativo, como, por exemplo, um projeto de investimento, poder-se-ia aplicar o método proposto por Copeland e Antikarov (2001). Segundo os autores, ao avaliar um projeto, não sendo este um ativo negociável, uma alternativa é usar o seu próprio valor sem flexibilidades como estimativa não viesada do seu valor de mercado<sup>42</sup>.

Irwin (2003) utiliza a metodologia proposta por Hull (2006), estimando o preço de mercado do risco da receita a partir da sua correlação com um índice de mercado, calculando a tendência neutra ao risco da receita (a partir da subtração do seu prêmio de risco da taxa de crescimento) e trabalhando no ambiente de certeza equivalente.

Brandão e Saraiva (2007) avaliam garantias governamentais em uma concessão rodoviária, cuja única variável de risco é a receita. O prêmio de risco da receita é calculado a partir do processo estocástico do valor do projeto, considerando que a correlação da variação das receitas com os retornos de mercado é igual à dos retornos do projeto com o mesmo índice de mercado.

Galera (2006) avalia diversos tipos de opções reais presentes em uma concessão rodoviária, cuja variável estocástica é o tráfego. Ele calcula o prêmio de risco desta variável considerando também conceitos de preço de mercado do risco e do parâmetro  $\beta$  correspondente em analogia com o CAPM.

## 5.5 Simulação de Monte Carlo

Desde que foi criado, durante a Segunda Guerra Mundial, o método de Monte Carlo tem sido aplicado nas mais diversas áreas. A popularização e o desenvolvimento tecnológico dos computadores propiciaram a disseminação deste método (<http://www.puc-rio.br/marco.ind>).

---

<sup>42</sup> Este é o método MAD (*Marketed Asset Disclaimer*), desenvolvido por Copeland e Antikarov (2003). Para maiores detalhes, consultar Capítulo 4, p. 94/95

Na área de interesse de opções reais, sua aplicação é interessante, pois descarta a necessidade de escrever equações diferenciais e permite a simulação direta dos processos estocásticos de várias fontes de incerteza simultaneamente – o que se torna ainda mais útil em problemas de maior complexidade. Ao utilizar o método em conjunto com o conceito de neutralidade ao risco, é possível obter o valor da opção a partir de uma regra de exercício determinada.

Considerando apenas uma fonte de incerteza, para cálculo do valor da opção, primeiramente ajusta-se o processo considerando neutralidade ao risco. Simulam-se então diversos caminhos que possam representar trajetórias neutras ao risco desta variável. Para opções européias, seguindo a regra de exercício no vencimento, para cada caminho calcula-se o valor da opção na data de expiração. O valor na data inicial será exatamente este *payoff* calculado no vencimento descontado pela taxa livre de risco, já que a simulação considerada é a neutra ao risco (Hull, 2006; <http://www.puc-rio.br/marco.ind>).

Dado um processo estocástico contínuo para uma variável, é necessário discretizá-lo para que se possa proceder com a simulação propriamente dita. A discretização deve ser feita sob alguns cuidados de forma a se minimizar ao máximo os erros que podem decorrer deste procedimento.

Tome-se, por exemplo, uma variável  $\theta$  seguindo um Movimento Geométrico Browniano – MGB, de forma que:

$$\frac{d\theta}{\theta} = mdt + sdz \quad (5.29)$$

onde  $m$  é o retorno esperado do ativo

$s$  é a volatilidade

$dz$  é um processo de Wiener

Na forma neutra ao risco, o MGB da variável é dado por:

$$\frac{d\theta}{\theta} = (m - \pi)dt + sdz = m^*dt + sdz \quad (5.30)$$

onde  $\pi$  é o prêmio de risco do ativo

$m^*$  é o retorno esperado do ativo sob neutralidade ao risco

Neste caso, a melhor simulação se dá para  $\ln\theta$ , ao invés de  $\theta$  diretamente. Aplicando o lema de Itô à função  $\ln\theta$  e tomando um intervalo de tempo entre  $t$  e  $t + \Delta t$ <sup>43</sup>, obtém-se:

$$\theta(t + \Delta t) = \theta(t)e^{\left[\left(m - \pi - \frac{s^2}{2}\right)\Delta t + s\varepsilon\sqrt{\Delta t}\right]} \quad (5.31)$$

onde  $\varepsilon$  é uma amostra aleatória a partir de uma distribuição normal padronizada:  $N(0,1)$ .

Sendo o *payoff* de uma opção europeia escrita sobre  $\theta$  na data de expiração  $T$  dado por  $F(\theta_T, T)$ , o preço da opção no instante  $t = 0$  dado pela simulação de Monte Carlo será (McDonald, 2006):

$$F(\theta_0, 0) = \frac{1}{n} e^{-rT} \sum_{i=1}^n F(\theta_T^i, T) \quad (5.32)$$

onde  $\theta_T^1, \theta_T^2, \dots, \theta_T^n$  são  $n$  possíveis valores de  $\theta$  no instante  $T$ , a partir de  $n$  simulações

Esta discretização será usada na modelagem do projeto proposto no Capítulo 7.

---

<sup>43</sup> Para maiores detalhes, ver Hull (2006), Capítulo 17, pg. 412

## 6

# Opções Reais no Contexto de *Project Finance* e PPP

### 6.1

#### Opções Reais em *Project Finance*

O *project finance* é um instrumento presente em projetos de larga escala e, por isso, a aplicação dos conceitos de opções reais é de extrema importância para sua correta avaliação econômica.

Segundo Finnerty (2007), qualquer projeto que envolva etapas sequenciais de coleta de informações e tomada de decisões, como ocorre naqueles de larga escala onde a estrutura de *project finance* pode estar presente, deve ter sua avaliação sujeita à aplicação das técnicas de opções reais.

Tomem-se, por exemplo, projetos de desenvolvimento de recursos naturais. Finnerty (2007) utiliza como exemplo o desenvolvimento de um campo de petróleo, o qual consiste de quatro estágios: estudo geológico, etapa de exploração, fase de avaliação e a etapa de produção propriamente dita. Neste caso, a cada estágio do projeto, os patrocinadores obtêm informações adicionais valiosas, permitindo que avaliem se devem continuar ou abandonar o projeto na etapa seguinte.

Este conceito nada mais é do que a possibilidade de se exercer uma opção a cada ponto de decisão no tempo. O projeto apresenta duas fontes principais de incerteza: a quantidade de reservas – relacionada a uma incerteza técnica – e o preço futuro do petróleo – relacionado a uma incerteza econômica. O autor avalia o problema utilizando a modelagem binomial de árvore de decisão, considerando opções tais como a de abandono do projeto a cada estágio e a do momento do início do projeto.

Esta decisão de investir em um projeto de desenvolvimento de campo de petróleo, bem como o momento em que este investimento deve ser realizado, também são tratadas como opções por Esty (1999). Ele menciona a necessidade de se utilizar a abordagem da de opções reais e ferramentas como simulação de Monte Carlo para avaliar o valor do patrimônio dos acionistas em projetos de

grande escala envolvendo *project finance* em que as altas taxas de alavancagem podem variar ao longo do tempo e em que há presença de flexibilidades.

A análise estática do projeto utilizando o fluxo de caixa descontado e calculando o VPL (Valor Presente Líquido) desconsidera o valor das opções e subestima o valor do projeto, que poderia ser erroneamente considerado inviável.

Segundo Esty (2004), alguns pontos podem fazer com que a avaliação de projetos desta natureza se torne difícil, entre eles: a presença de riscos não-tradicionais; a existência de opcionalidades intrínsecas; a presença de fluxos de caixa subsidiados e garantidos; e a utilização de altas taxas de alavancagem que variam ao longo do tempo.

Em dois outros casos de utilização de *project finance*, Esty (2004) ilustra como a presença de opcionalidades pode influenciar as decisões de investimento e as decisões estratégicas. O primeiro caso envolve a negociação contratual no mercado de energia na Inglaterra entre a *Enron Europe* e o *The Eastern Group* no *Sutton Bridge Project*, incluindo opções de operação de plantas de energia e de conversão de gás natural em eletricidade e instrumentos de *hedge*<sup>44</sup>. O segundo caso é o famoso leilão de Antamina, uma mina de cobre no Peru oferecida em leilão como parte da privatização da empresa estatal de mineração peruana, Centromin. Além da incerteza de mercado acerca dos preços do cobre e zinco, havia grande incerteza técnica sobre o tamanho e a qualidade e produtividade dessa mina, de forma que o leilão envolvia valores referentes a opções de *timing* de investimento em exploração.<sup>45</sup>

Alcântara (2002), em sua Dissertação de Mestrado, destaca três elementos do *project finance* que podem ser influenciados pela existência de opções reais.

---

<sup>44</sup> Instrumentos de *hedge* são mecanismos de proteção contra oscilações inesperadas nos preços de mercado dos ativos.

<sup>45</sup> Para maiores detalhes sobre os estudos de caso abordados, consultar Esty (2004), Capítulos 13 e 14.

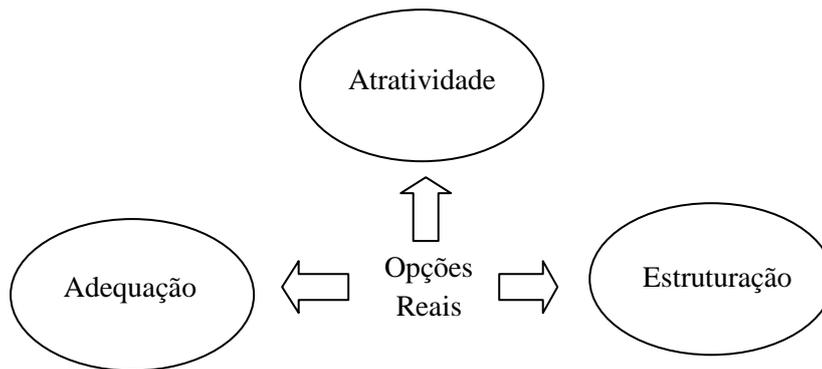


Figura 2: Elementos do *project finance* influenciados por opções reais

Fonte: Alcântara (2002)

O primeiro se refere à atratividade do projeto, relacionada ao seu valor, de forma que a existência de opções reais pode fazer com o que projeto passe a ser economicamente viável, como destacado por Finnerty (2007) e Esty (2004).

O segundo elemento está relacionado com a adequação do uso do *project finance* a um determinado projeto. Podem existir, por exemplo, claras opções de abandono que façam com que o *project finance* seja inviável do ponto de vista dos credores ou claras opções de expansão que façam com que o crédito através do *project finance* se torne mais barato.

O terceiro elemento se refere à própria estruturação operacional e financeira do *project finance*, considerando o conjunto de contratos envolvido no processo. A existência de direitos e obrigações contratuais pode configurar oportunidades de criação ou destruição de opções. Garantias que normalmente criam direitos para alguma parte podem ser modeladas sob a ótica de opções reais.

Ao analisar o *project finance* sob a ótica da Teoria das Opções Reais, ficam mais claros os motivos pelos quais os participantes optam por utilizar este instrumento de financiamento (Pollio, 1998). As análises tradicionais são incapazes de isolar os motivos que realmente expliquem a decisão pelo uso do *project finance*, mas quando se introduzem conceitos de opções reais, é possível entender que o gerenciamento de risco é o principal fator para explicar a escolha.

Segundo Pollio (1998), entendendo o *project finance* de forma estratégica, os riscos de término do projeto podem ser transferidos dos patrocinadores para os credores. Os patrocinadores podem continuar a pagar o empréstimo ou simplesmente entrar em inadimplência e abandonar o projeto. Em um projeto

tradicional, utilizando conceitos de opções reais, a flexibilidade adicional estaria na possibilidade implícita de abandono, a partir da qual o *payoff* da opção seria:

$$\max(\text{valor de liquidação} - \text{valor do projeto}, 0)$$

No caso de um *project finance*, em que o projeto fosse financiado com dívida sujeita a garantia limitada (ou *limited recourse*), o *payoff* de abandono seria:

$$\max(\text{valor do projeto} - \text{valor da dívida remanescente}, 0)$$

de forma que os patrocinadores teriam, a cada momento de pagamento do serviço da dívida, a opção (e não a obrigação) de recomprar os ativos do projeto. Desta forma, o *project finance* pode ser visto como uma estrutura de dívida atrelada a uma série de opções de compra.

Pollio (1998) avalia esta opção segundo o modelo de precificação de Black e Scholes (1973). Sejam  $D$  o valor da dívida,  $S$  o valor do patrimônio,  $V$  o valor do projeto,  $X$  o valor de face da dívida,  $T$  o prazo da dívida,  $\sigma^2$  a variância dos retornos dos ativos do projeto e  $r$  a taxa livre de risco. O patrimônio poderia ser calculado como:

$$S = VN(d_1) - e^{-rT} XN(d_2) \quad (6.1)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \text{ e } d_2 = \frac{\ln\left(\frac{V}{X}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

Sendo  $V = D + S$ , tem-se para o valor da dívida:

$$\begin{aligned} D &= V[1 - N(d_1)] + e^{-rT} XN(d_2) \\ \therefore D &= VN(-d_1) + e^{-rT} XN(d_2)^{46} \end{aligned} \quad (6.2)$$

de forma que:

---

<sup>46</sup> Fórmula alterada a partir de Pollio (1998)

$$S = S(V, X, T, \sigma^2, r) \quad e \quad D = D(V, X, T, \sigma^2, r)$$

No Brasil, há uma aplicação conhecida de opções reais a um projeto envolvendo *project finance*, feita pela Petrobras, em 1998, no projeto do Campo de Marlim. Esta foi a primeira demanda gerencial da empresa por aplicação de opções reais (Dias, 2005).

Segundo Dias (2005), o desafio era elaborar a estratégia mais justa de remuneração do risco do negócio, refletido na parcela do patrimônio (*equity*). As propostas iniciais vinculando a remuneração ao desempenho de produção ou de receita limitavam a flexibilidade da Petrobras na alocação ótima dos recursos. Isto seria ruim tanto do ponto de vista da empresa, que deveria assumir obrigações, quanto do ponto de vista dos investidores, que estariam gerando custos de monitoramento mais elevados para a empresa sem evitar problemas de assimetria de informação<sup>47</sup>. A abordagem de questões relacionadas a opções reais, de custos de transação e de agência mostraram que a flexibilidade de gerenciamento da Petrobras deveria ser mantida. Considerou-se que a remuneração da Petrobras ficaria vinculada apenas ao preço do petróleo<sup>48</sup>, e não à receita ou à produção, de forma que a estruturação financeira não reduziria a flexibilidade operacional da Petrobras, mantendo total liberdade de alocação de recursos críticos<sup>49</sup>. Esta estruturação evitaria custos de agência, tais como de monitoramento e auditoria do desempenho do projeto, além de anular a assimetria de informação entre as partes, já que preços de petróleo são totalmente transparentes, ao contrário de indicadores relacionados ao desempenho do projeto tais como a receita.

Além da opção real proveniente da flexibilidade gerencial da Petrobras, outras opções podem ser destacadas do conjunto de contratos presentes na estrutura de *project finance* do Campo de Marlim, sendo elas: opções de compra e venda de ações e opções de vencimento antecipado de obrigações por parte da Petrobras e da SPE (Alcântara, 2002).

---

<sup>47</sup> A Petrobras permaneceria tendo mais informações sobre o projeto e sobre os recursos, não diminuindo a possibilidade de desconfiança por parte dos investidores.

<sup>48</sup> O processo estocástico utilizado para o preço do petróleo foi de reversão à média com saltos, denominado pelo autor como Modelo de Marlim.

<sup>49</sup> A empresa não seria obrigada a priorizar um poço de Marlim se ele parasse e precisasse de manutenção de sonda, por exemplo. Preserva-se, assim, a avaliação da melhor oportunidade de seu portfólio de projetos.

## 6.2 Opções Reais em Concessões Rodoviárias

A abordagem de opções reais para análise de projetos de concessões rodoviárias tem sido bem extensa nos últimos anos.

Um dos métodos mais utilizados para viabilizar a participação do setor privado em projetos de infra-estrutura é o conhecido BOT (*Build-Operate-Transfer* ou Construir-Operar-Transferir). Entretanto, a entrada do ente privado nestes projetos está condicionada à mitigação de riscos que possam inviabilizar economicamente o projeto. O fluxo de caixa proporcionado pelo projeto precisa ser suficiente para fornecer um retorno adequado aos investidores (Yescombe, 2002).

O setor público também tem interesse na rentabilidade do investidor privado, uma vez que seu objetivo é fazer com que este seja um mecanismo de viabilização de projetos de infra-estrutura no longo prazo e acaba provendo alguns benefícios e incentivos. Tendo em vista a importância da adequada alocação e do gerenciamento dos riscos e a influência que o risco de mercado, no caso da demanda, exerce na fase operacional, a correta avaliação econômico-financeira do projeto deve passar por critérios de opções reais (Garvin *et al*, 2002).

Além das abordagens referentes aos casos em que o governo se compromete com benefícios para viabilizar os projetos, as concessões que apresentam boa atratividade em termos de retorno podem e devem ser avaliadas segundo a ótica das opções reais, tendo em vista as incertezas e flexibilidades presentes.

É possível identificar algumas opções presentes neste tipo de projeto, dentre elas:

- Opção de abandono
- Opção de expansão
- Opção de contração
- Opção de exploração de receitas adicionais (como desenvolvimento da área no entorno da rodovia)

Brandão (2002) avalia uma concessão rodoviária no Brasil com flexibilidade gerencial, utilizando uma metodologia em tempo discreto com algoritmo próprio aplicado a modelo de árvore de decisão. São consideradas

opções de abandono e de expansão, considerando risco de demanda, risco político e riscos macroeconômicos.

Garvin *et al* (2002) propõem o uso de opções reais para analisar concessões de auto-estradas, dada a combinação de incertezas e flexibilidades presentes nestes projetos. Eles avaliam o projeto da *Dulles Greenway*, uma extensão da rodovia existente de saída do Aeroporto Internacional de Dulles na Virginia, nos Estados Unidos, comparando a tanto o modelo tradicional de VPL quanto o modelo binomial considerando a presença de incerteza na demanda e flexibilidade de decisão, como a opção de esperar para construir a rodovia durante os primeiros cinco anos de concessão.

Este projeto é novamente objeto de exemplo de técnicas de avaliação de investimentos em infra-estrutura no artigo de Garvin e Cheah (2004). Eles abordam as limitações dos modelos tradicionais e consideram as modelagens em tempo contínuo e discreto para avaliação das opções. No modelo contínuo, é proposta a estocasticidade no valor do projeto, seguindo um Movimento Geométrico Browniano (MGB) ou um processo genérico de Itô<sup>50</sup>. No caso de opções reais, mais especificamente no volume de tráfego de uma rodovia, os autores ressaltam que supor o comportamento seguindo MGB não seria correto, pois o volume não tem distribuição lognormal em determinados momentos do tempo. Eles mencionam que o melhor seria considerar um processo que incorporasse múltiplos estágios de crescimento, mas, dadas as complexidades, um analista preferiria representar a evolução do tráfego através de uma árvore binomial.

Bowe e Lee (2004) também abordam a avaliação de um projeto real, a *Taiwan High-Speed Rail Project*, na presença de opções reais. O projeto envolvia a construção e operação do sistema ferroviário de Taiwan, incorporando tecnologia avançada, gerenciamento de zonas de desenvolvimento de negócio e de áreas de estação. A avaliação utilizando conceitos de opções reais não apenas fez sentido devido à presença de flexibilidades, mas foi necessária para justificar a viabilidade econômica do projeto. As opções presentes eram a de adiar, abandonar, expandir e contrair o projeto, considerando o valor individual de cada uma, bem como a interação entre elas.

---

<sup>50</sup> Um processo de Itô, também conhecido como processo Browniano Generalizado, é definido por  $dx = a(x, t)dt + b(x, t)dz$

Zhao, Sundararajan e Tseng (2004) desenvolvem a abordagem das opções reais para o processo de decisão ótima no desenho, na operação, na reabilitação e na expansão de auto-estradas. Eles abordam opções como de expansão e de reabilitação, modelando três incertezas: o tráfego, o preço do terreno no entorno da rodovia e a qualidade do serviço da auto-estrada.

O processo estocástico do tráfego é modelado da seguinte forma, apresentado o termo de tendência (*drift*) variável:

$$\frac{d\theta}{\theta} = \mu(\theta, t)dt + \sigma dz \quad (6.3)$$

O processo estocástico do preço do terreno segue o mesmo conceito. A qualidade de serviço, por sua vez, apresenta uma distribuição discreta. É modelada ainda a correlação entre o tráfego e o preço do terreno, dado que um aumento do tráfego pode influenciar o uso do terreno e, por conseguinte, o seu preço.

Já Wei-hua e Da-shuang (2006) consideram como incerteza, além do tráfego e do preço do terreno, a inflação e o risco de completar a construção, representado pela incerteza no investimento. Tanto o tráfego quanto o preço do terreno e a taxa de inflação seguem um MGB. O risco no valor do investimento total de construção é representado por uma distribuição triangular. As opções presentes no projeto são de ajuste do preço da concessão, de forma a compensar a inflação em determinadas situações, a opção de desenvolver o terreno ao redor da região onde o projeto se localiza e a opção de expandir a capacidade do projeto. São avaliadas também as opções individualmente e a interação entre elas.

### 6.3

#### Opções Reais em PPP

A PPP se apresenta como um mecanismo em que benefícios oferecidos pelo governo a empreendimentos de infra-estrutura aumentam a atratividade desses projetos para investidores privados. Cheah e Liu (2006) ressaltam que estes benefícios podem ser oferecidos sob forma de subsídios, garantias ou outros mecanismos de suporte de modo a incentivar a participação do setor privado.

No caso brasileiro, a impossibilidade de realização de investimentos em infra-estrutura por parte do Estado, dada a escassez de recursos, traz a PPP como uma alternativa para viabilização de projetos a serem assumidos pelo setor privado. Casos práticos de PPP no Brasil têm sido analisados na área de transportes, especificamente em concessões rodoviárias, tanto na esfera federal quanto na estadual ([www.planejamento.gov.br/ppp](http://www.planejamento.gov.br/ppp)). A mitigação de riscos em casos de concessões rodoviárias também é bastante presente internacionalmente.

Irwin (2003) aborda alguns instrumentos possíveis de suporte do governo a projetos de infra-estrutura, incluindo garantias de riscos sob o controle do governo e fora do controle dele, além de outros instrumentos como subsídios em dinheiro e benefícios fiscais. Segundo o autor, a medição do custo fiscal destas garantias do ponto de vista do governo é normalmente difícil, levantando a necessidade de se estabelecer uma forma quantitativa correta para avaliar cada caso. Em meados dos anos 1990, por exemplo, o governo colombiano aplicou técnicas de precificação de opções para medir o custo estimado dos riscos assumidos em três projetos de infra-estrutura junto ao setor privado, incluindo o caso da rodovia pedagiada de *El Cortijo – Vino*.

Chiara, Garvin e Vecer (2007) ressaltam que uma opção real sob forma de garantia nestes projetos pode ter um valor significativo. Caso não seja corretamente avaliada, pode tanto levar o governo a fornecer um subsídio enorme desproporcional ao risco como levar o acionista a subestimar o valor do projeto. Segundo Cheah e Liu (2006), elementos relativos a flexibilidades devem ser avaliados de forma correta de modo que haja equilíbrio entre risco e retorno nos acordos e contratos.

Na bibliografia consultada referente à área da concessões rodoviárias com benefícios governamentais, destacam-se alguns tipos de opções reais presentes, dentre as quais:

- Postergação de pagamentos de taxa de concessão
- Término antecipado da concessão
- Garantia de tráfego mínimo ou de receita mínima
- Pagamento de excedente sobre tráfego máximo ou de receita máxima
- Permissão contratual de abandono na fase de construção
- Garantia de ajuste de tarifas

- Garantia de valor máximo de juros a ser pago em financiamento

Rose (1998) e Alonso-Conde *et al.* (2007) analisam um famoso projeto de um complexo de rodovias pedagiadas na Austrália, conhecido como *Transurban City Link*, envolvendo financiamento, construção, operação e manutenção. A concessão foi estruturada para 37 anos com benefícios dados pelo governo para o concessionário de forma a limitar o risco dos retornos e tornar o investimento mais atrativo para investidores acionistas. Na estrutura contratual do projeto, há claramente duas flexibilidades presentes.

A primeira é o direito dado ao concessionário de postergar os pagamentos contratuais ao governo. Contratualmente, o concessionário deve efetuar pagamentos anuais relativos à taxa de concessão (*concession fee*). Entretanto, o governo oferece em conjunto o benefício de que o pagamento seja adiado até o final do período de concessão, caso, até aquele ano, a TIR (taxa interna de retorno) do projeto seja inferior a um determinado valor suficientemente baixo. Este benefício corresponde a uma opção de venda.

A segunda flexibilidade é a que o governo tem de cancelar antecipadamente a concessão, retomando o controle do projeto, caso a TIR supere um valor suficientemente alto. Este benefício tem valor para o governo e seu desenho corresponde à situação em que a empresa vende uma opção de compra.

Desta forma, na terminologia financeira, diz-se que o concessionário está *comprado em* uma opção de venda e *vendido em* uma opção de compra. Os autores analisam ainda a interação entre as opções.

No projeto analisado, a principal fonte de incerteza na fase de operação é o tráfego e na estrutura contratual há claramente duas flexibilidades presentes. Rose (1998) considera ainda a incerteza sobre a taxa de juros da economia. O problema é modelado utilizando simulação de Monte Carlo sob o princípio de neutralidade ao risco. O processo estocástico do tráfego é o MGB e a taxa de juros segue um Movimento de Reversão à Média (MRM), de forma que:

$$\frac{d\theta}{\theta} = mdt + sdz^1 \quad (6.4)$$

$$dr = a(b - r)dt + \sigma\sqrt{r}dz^2 \quad (6.5)$$

onde  $\theta$  representa o tráfego

$r$  representa a taxa de juros da economia

$m$  é a taxa de crescimento esperada do tráfego

$s$  é a volatilidade do tráfego

$a$  é a taxa de reversão da taxa de juros

$b$  é a taxa de juros de longo prazo

$\sigma$  é a volatilidade da taxa de juros

$dz^1$  e  $dz^2$  são processos de Wiener

Para simulação do tráfego, o autor utiliza como estimativa para o volume inicial e para a taxa de crescimento os valores constantes do prospecto do projeto, sendo a volatilidade estimada de 5% a.a. As simulações de tráfego e taxa de juros são realizadas para se obter a simulação do fluxo de caixa.

As opções consideradas por Alonso-Conde *et al.* (2007) são as mesmas, tendo em vista que constam do contrato de concessão. Neste caso, é utilizada a modelagem binomial, considerando, entretanto, que as opções são dependentes do caminho.<sup>51</sup>

Outra opção abordada em vários artigos e trabalhos (Irwin, 2003 e 2007; Wibowo, 2004; Huang e Chou, 2005; Cheah e Liu, 2006; Brandão e Cury, 2006; Galera, 2006; Chiara, Garvin e Vecer, 2007; Brandão e Saraiva, 2007) é a de demanda mínima garantida ou, no caso de concessões rodoviárias, tráfego ou receita mínimos garantidos. Esta opção é modelada das mais diversas formas.

Irwin (2003) aborda, dentre outros mecanismos de subsídio governamental, este instrumento de mitigação de risco de demanda. O autor menciona que no caso da rodovia colombiana de *El Cortijo – Vino* o governo ofereceu uma garantia de receita caso o tráfego caísse abaixo de um determinado valor.

---

<sup>51</sup> Os autores destacam que as opções com as quais estão trabalhando são dependentes do caminho, ou “*path dependent*”, de forma que argumentam que o modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979) não é aplicável. Destacam outros modelos que podem ser utilizados neste caso. Para mais detalhes, consultar Alonso-Conde *et al.* (2007).

Para avaliação<sup>52</sup>, a garantia é modelada como um pagamento feito à empresa privada caso a receita caia abaixo de um determinado valor, de forma que seu *payoff* na expiração  $t=T$  é:

$$G_T = \max(0, K - R_T) \quad (6.6)$$

onde  $K$  é a receita garantida

$R_T$  é a receita real auferida no instante  $T$

Trata-se de uma opção europeia de venda, cujo *payoff* só é positivo se a receita do concessionário for menor do que  $K$ . Simplificadamente, assume-se que a garantia cobre apenas um período, mas em caso de mais períodos poder-se-ia considerar uma seqüência de opções de venda europeias.

A variável de risco, no caso a receita, é modelada seguindo um MGB<sup>53</sup>, de forma que:

$$\frac{dR}{R} = \alpha dt + \sigma dz \quad (6.7)$$

onde  $\alpha$  é a taxa de crescimento esperada para a receita

$\sigma$  é a volatilidade da receita

$dz$  é um processo de Wiener

Para tanto, são necessárias algumas premissas sobre taxa esperada de crescimento e volatilidade. Segundo o autor, se o negócio já existe, pode-se utilizar dados passados para estimar tais parâmetros. Se for um novo projeto, é indicado utilizar dados de projeção de receita para estimativa da taxa de crescimento e avaliação de negócios similares para determinar uma faixa adequada para a volatilidade.

O valor da garantia envolve o cálculo do valor de uma opção e, portanto, deve estar sujeito ao conceito de neutralidade ao risco. Neste caso, a metodologia utilizada é a abordada por Hull (2006) no cálculo do prêmio de risco a partir do preço de mercado do risco da receita.

<sup>52</sup> A modelagem é novamente abordada em trabalho mais recente do autor. Para maiores informações, consultar Irwin (2007).

<sup>53</sup> Irwin (2003) ressalta que, com este movimento, a análise se torna relativamente simples e plausível, mas que esta não é a única alternativa de modelagem.

Desta forma, o MGB neutro ao risco é dado por:

$$\frac{dR}{R} = (\alpha - \lambda\sigma)dt + \sigma dz \quad (6.8)$$

onde  $\alpha$  é a taxa de crescimento esperada para a receita

$\sigma$  é a volatilidade da receita

$dz$  é um processo de Wiener

O parâmetro  $\lambda$  é o preço de mercado do risco da receita dado por:

$$\lambda = \rho \left( \frac{E[R_m] - r}{\sigma_m} \right) \quad (6.9)$$

onde  $\rho$  é a correlação entre a variação da receita e os retornos da carteira de mercado

$E[R_m]$  é o retorno esperado da carteira de mercado

$\sigma_m$  é o desvio padrão dos retornos da carteira de mercado

$r$  é a taxa de juros livre de risco

Chiara, Garvin e Vecer (2007) propuseram um novo formato de garantia de receita “dinâmica”. Eles identificam que a garantia de receita pode ser determinada por dois elementos: o número de direitos de exercício e o número de datas de possíveis exercícios. Segundo os autores, os trabalhos realizados por terceiros (no caso, Irwin, 2003; Dailami *et al*, 1999) pressupõem o número de direitos de exercício como sendo igual ao número de datas de possíveis exercícios. Assim, o governo estaria proporcionando uma garantia de cobertura total de risco e retirando um grau adicional de flexibilidade de decisão por parte do concessionário.

A proposta de modelagem considera que o concessionário detém um número de opções de garantia anuais menor do que o número de anos de duração da concessão. Desta forma, apenas uma política ótima de exercício pode gerar lucro máximo para o concessionário, que deverá decidir durante a fase

operacional em que momentos exercer as garantias de receita. Eles utilizam um método numérico para modelar esta opção real chamada de opção simples de múltiplos exercícios (ou opção australiana<sup>54</sup>, como denominam no artigo), baseado no método LSM<sup>55</sup> (*Least Square Method*), e aplicam a metodologia em um caso hipotético.<sup>56</sup>

Huang e Chou (2005) avaliam também uma garantia de receita mínima, mas em conjunto com a opção de abandonar um projeto de infra-estrutura do tipo BOT durante a fase de construção. As suposições realizadas são tais que os autores propõem uma solução analítica para o valor das opções.

Ao incorporar o conceito de neutralidade ao risco para o movimento estocástico da receita (no caso MGB) nesta modelagem, é considerada uma “taxa de escassez”, análoga à taxa de conveniência de *commodities*, entre a taxa de desconto ajustada ao risco do projeto e a taxa de crescimento esperada da receita.<sup>57</sup> A receita é a variável estocástica e segue um MGB, de forma que:

$$\frac{dR}{R} = \alpha dt + \sigma dz = (\mu - \delta_R)dt + \sigma dz \quad (6.10)$$

onde  $\alpha$  é a taxa de crescimento esperada para a receita

$\sigma$  é a volatilidade da receita

$dz$  é o incremento de Wiener

$\mu$  é a taxa de desconto ajustada ao risco do projeto

$\delta_R$  é a taxa de conveniência esperada da receita

A opção de garantia de receita é modelada como uma série de opções europeias. Para um determinado período  $t_i$ , o nível de receita mínima garantida definido é dado por:

<sup>54</sup> Opção Australiana, ou opção simples de múltiplos exercícios, definida como aquela que pode ser exercida M vezes em N datas especificadas durante sua vida (onde  $N \geq M$ ). Caso mais geral da opção Bermuda, que pode ser exercida uma vez dentre N datas especificadas.

<sup>55</sup> Trata-se do *Least Square Method* de Longstaff e Schwartz. Para maiores informações, consultar Longstaff e Schwartz (2001) e Chiara, Garvin e Vecer (2007).

<sup>56</sup> Chiara, Garvin e Vecer (2007) ressaltam que a representação mais realista da evolução da receita ao longo do tempo requer um modelo estocástico mais complexo do que o MGB, como um modelo de multifatores.

<sup>57</sup> Huang e Chou (2005) mencionam que esta taxa representa um custo de oportunidade por manter uma opção viva.

$$\frac{dM_{t_i}}{M_{t_i}} = \varepsilon dt = (\mu - \delta_M)dt \quad (6.11)$$

onde  $\delta_M$  é a taxa de conveniência do nível de garantia<sup>58</sup>

Definindo  $Q_{t_i}$  como o valor da  $i$ -ésima garantia de receita mínima, eles obtêm a EDP para cada opção de garantia e é apresentada a solução analítica a partir de um método de transformação de variáveis<sup>59</sup>. A fórmula da solução é bastante parecida com a solução de Black & Scholes, tendo em vista as características do problema.

A modelagem utilizada para a opção de abandono é a mesma, considerando o investimento necessário para a construção do projeto, e é avaliada a interação entre elas.

Cheah e Liu (2006) também avaliam a opção de garantia de receita mínima (no caso de fluxo de caixa mínimo) de forma a minimizar o impacto negativo do risco de demanda por parte do concessionário. O caso utilizado como exemplo é a Malasia-Singapura *Second Crossing*, uma ponte funcionando como segunda conexão entre os dois países. Contrariando as expectativas, o volume de tráfego ficou muito abaixo do projetado inicialmente, tanto pelas altas tarifas quanto pela própria localização da ponte.

<sup>58</sup> Assim como no caso da receita, Huang e Chou (2005) consideram esta como uma taxa de “escassez” referente à garantia, representando um custo de oportunidade. Ou seja, se o nível de garantia for determinístico, então  $\varepsilon = 0$ , de forma que  $\delta_M = \mu$

<sup>59</sup> Para maiores detalhes sobre a EDP, consultar Huang e Chou (2004). Para maiores detalhes sobre o método de transformação de variáveis que leva a solução analítica, consultar McDonald e Siegel (1986). A EDP e a solução do problema são:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2 Q_{t_i}}{\partial R^2} \sigma^2 R^2 + (r - \delta_R) R \frac{\partial Q_{t_i}}{\partial R} + (r - \delta_M) M \frac{\partial Q_{t_i}}{\partial M} + \frac{\partial Q_{t_i}}{\partial t} - r Q_{t_i} = 0$$

com condição de contorno  $Q_{t_i} = \max(M_{t_i} - R_{t_i}, 0)$

$$Q_{t_i}(t = 0) = M_{t_i}^0 N(-d_2) - R_{t_i}^0 N(-d_1)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{R_{t_i}^0}{M_{t_i}^0}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right) t_n}{\sigma\sqrt{t_n}} \text{ e } d_2 = \frac{\ln\left(\frac{R_{t_i}^0}{M_{t_i}^0}\right) - \left(\frac{\sigma^2}{2}\right) t_n}{\sigma\sqrt{t_n}}$$

Para avaliação é considerado o fluxo de caixa aos acionistas. Como em vários projetos de rodovias pedagiadas, o tráfego cresce ao longo dos anos e as incertezas consideradas estão no seu volume, tanto no valor inicial e quanto na taxa de crescimento. Foi considerado um tráfego inicial com distribuição lognormal e uma taxa de crescimento inicial com distribuição normal. A estocasticidade é considerada para os valores iniciais destas variáveis e a taxa de crescimento se mantém a mesma inicial até o décimo ano de operação, caindo para a metade a partir de então, até que se atinja a capacidade máxima de tráfego permitida. Além disso, foi considerada também uma capacidade máxima para a rodovia, o que faz sentido em termos práticos.

As opções avaliadas são a garantia de fluxo de caixa mínimo, caso o tráfego seja abaixo de projetado, e a compensação para o governo caso o tráfego fique acima do projetado.

A garantia foi modelada como uma opção de venda sobre o fluxo de caixa de cada período, a partir do quarto ano da concessão até o final. Ou seja, o *payoff* da garantia em cada período é dado por:

$$G_i = \max(FC_{ip} - FC_{ir}, 0) \quad (6.12)$$

onde  $G_i$  é subsídio pago pelo governo no período  $i$

$FC_{ip}$  é o fluxo de caixa projetado para o período  $i$

$FC_{ir}$  é o fluxo de caixa real no período  $i$

Neste caso, o risco é totalmente coberto, pois o governo garante 100% do fluxo de caixa projetado. A garantia total é estimada por:

$$G_T = \sum_{i=4}^{30} \frac{G_i}{(1+r)^i} \quad (6.13)$$

onde  $G_T$  é subsídio total estimado

$r$  é a taxa livre de risco

A compensação para o governo foi modelada como uma opção de compra sobre o fluxo de caixa, sendo o fluxo de caixa máximo determinado de tal forma que o concessionário tenha um teto no retorno. A suposição do retorno máximo é

refletida em uma suposição para a taxa de crescimento máxima inicial do tráfego de 20%. Deste modo, a modelagem é similar à da garantia, mas, nesse caso, o governo tem direito a um excesso de fluxo de caixa que pode se converter em redução de tarifas.

Brandão e Cury (2006) propõem uma modelagem híbrida para concessões rodoviárias utilizando ferramentas de opções reais, com aplicação prática na rodovia BR-163. Em linha com o conceito das PPPs, eles propõem que a concessão tenha uma receita mínima garantia pelo governo, associada a um percentual do tráfego esperado em cada ano, bem como uma transferência de parte da receita, proveniente de um tráfego excedente máximo, em que o governo limita a receita anual do concessionário.

Os autores modelam o valor do patrimônio (*equity*) da concessão como um MGB, de forma que:

$$\frac{dV}{V} = \mu dt + \sigma dz \quad (6.14)$$

onde  $\mu$  é a taxa de desconto ajustada ao risco do projeto

$\sigma$  é a volatilidade da receita

$dz$  é o incremento de Wiener

A taxa  $\mu$  é suposta igual a 15% a.a., sendo este o retorno esperado pelos acionistas. Para determinação da volatilidade do valor da concessão, o fluxo de caixa é simulado por Simulação de Monte Carlo, supondo como variável de risco o tráfego, cujo processo estocástico é dado por:

$$\frac{d\theta}{\theta} = \alpha_t dt + s dz \quad (6.15)$$

onde  $\alpha_t$  é a taxa de crescimento variável esperada a cada ano do período de concessão

$s$  é a volatilidade do tráfego

$dz$  é o incremento de Wiener

A volatilidade do tráfego é suposta como 6%, a mesma volatilidade do PIB (Produto Interno Bruto) da região e as taxas de crescimento em cada período, que

determinam o termo de tendência variável do processo, são estimadas a partir das projeções para o tráfego esperado a cada ano.

As taxas de crescimento são bem altas no início do período de concessão, refletindo a absorção de volume por parte da rodovia a partir das grandes melhorias realizadas. Ao longo da concessão, as taxas de crescimento vão decaindo, se mantendo estável nos últimos anos.

O valor do projeto é modelado segundo a árvore binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979), com parâmetros adequados para representar o MGB no limite de uma distribuição contínua. Em seguida, é modelada uma árvore binomial para os fluxos de caixa a cada ano, supondo o fluxo de caixa a cada período como um percentual do valor do projeto no período correspondente.

A garantia de receita mínima a cada ano é construída como uma garantia de fluxo de caixa mínimo. A partir do modelo binomial, avalia-se o exercício da opção a cada período de forma que o valor do projeto em cada ano  $t$  no estado  $i$  da árvore binomial é dado por:

$$V_{t,i} = \max \left( FC_{t,j} + \frac{pV_{t+1,j} + (1-p)V_{t+1,j+1}}{1+r}, P_{t,j} + \frac{pV_{t+1,j} + (1-p)V_{t+1,j+1}}{1+r} \right) \quad (6.16)$$

onde  $FC_{t,j}$  é o fluxo de caixa no tempo  $t$ , no estado  $j$

$P_{t,j}$  é o fluxo de caixa correspondente ao piso de tráfego pré-determinado no tempo  $t$

$p$  é a chamada probabilidade neutra ao risco obtida a partir do modelo binomial

$V_{t+1,j}$  é o valor do projeto no tempo  $t+1$ , no estado  $j$

$V_{t+1,j+1}$  é o valor do projeto no tempo  $t+1$ , no estado  $j+1$

$r$  é a taxa de juros livre de risco

O valor total das garantias é calculado subtraindo-se o valor do projeto sem garantia do valor do projeto com garantia. De forma análoga, a análise é estendida

para o estabelecimento de um limite de tráfego máximo, acima do qual as receitas são transferidas, total ou parcialmente, para o governo.

Brandão e Saraiva (2007) modificam a modelagem, novamente utilizando como exemplo o caso da Rodovia BR-163. As opções são avaliadas diretamente sobre a receita, utilizando Simulação de Monte Carlo. Sendo a tarifa constante, a receita segue o mesmo processo do tráfego (com *drift* variável), de modo que:

$$\frac{dR}{R} = \alpha_t dt + s dz \quad (6.17)$$

onde  $\alpha_t$  é a taxa de crescimento esperada a cada ano do período de concessão

$s$  é a volatilidade do tráfego

$dz$  é um processo de Wiener

Para realizar a simulação de Monte Carlo no conceito de neutralidade ao risco, é calculado o preço mercado do risco da receita com base no retorno exigido pelos acionistas e na volatilidade do fluxo de caixa do projeto.

Com base na metodologia de Hull (2006), o preço de mercado do risco da receita e do projeto (no caso do valor da concessão para os acionistas, ou seja, do *equity*) é considerado o mesmo, já que a única fonte de incerteza é dada pelo tráfego. Desta forma:

$$\lambda = \frac{\mu - r}{\sigma} = \frac{\alpha_t - r}{s} \quad (6.18)$$

É então calculado o valor de  $\lambda$  a partir de dados do projeto, ou seja, supondo que o retorno  $\mu$  exigido pelos acionistas é de 16% a.a. e estimando a volatilidade do valor do *equity* através de uma simulação de Monte Carlo aplicada ao fluxo de caixa sem considerar a presença de opções. A volatilidade da receita é igual a do tráfego, e, por conseguinte, estimada como a volatilidade do PIB da região, no caso 6% a.a. O movimento neutro ao risco da receita utilizado é:

$$\frac{dR}{R} = (\alpha_t - \lambda s) dt + s dz \quad (6.19)$$

A garantia de receita mínima é caracterizada como uma opção europeia de venda presente em cada ano do prazo de concessão e seu *payoff* é dado por:

$$G(t) = \max(0, P_t - R_t) \quad (6.20)$$

onde  $P_t$  é a receita garantida

$R_t$  é a receita real auferida no instante  $t$

O valor de todas as garantias é calculado como uma soma de opções europeias, descontando-se os valores das garantias a taxa de livre de risco, dada a simulação neutra ao risco. De forma análoga, é calculado também o valor da concessão para os acionistas considerando o repasse de receita no caso de ultrapassar determinado limite pré-definido como teto.

São considerados adicionalmente limites máximos de desembolsos do governo de forma a diminuir sua exposição ao risco. Dada a natureza probabilística do tráfego, existe o risco para o governo de o valor desembolsado ser muito maior do que o valor esperado calculado das opções. Assim, uma vez atingido o limite de volume financeiro previamente estipulado, não é mais válida a garantia de receita mínima para os períodos subsequentes.

A garantia total pode ser escrita como:

$$Garantia\ Total = \min\left(\sum_{t=1}^n G(t), \text{limite financeiro}\right) \quad (6.21)$$

onde  $n$  é o prazo da concessão

Galera (2006) desenvolve na sua Tese de Doutorado um modelo de valoração de concessões rodoviárias na Espanha baseado na Teoria das Opções Reais, com validação a partir da análise de séries históricas de dados de tráfego nas concessões existentes. Entre várias outras opções analisadas em concessões rodoviárias, ele considera também as de tráfego mínimo detidas pelo concessionário e de tráfego máximo detidas pelo governo. Dadas as premissas do modelo, as soluções são obtidas analiticamente.

O processo estocástico suposto para o tráfego é o MGB, de forma que:

$$\frac{d\theta}{\theta} = \alpha dt + \sigma dz \quad (6.22)$$

onde  $\alpha$  é a taxa de crescimento esperada a cada ano do período de concessão

$\sigma$  é a volatilidade do tráfego

$dz$  é o incremento de Wiener

A opção de garantia é escrita sobre o tráfego, supondo que a garantia a cada período é dada como um percentual do tráfego esperado, assim como nos modelos de Brandão e Cury (2006) e Brandão e Saraiva (2007).

É aplicada e resolvida a equação de Black, Scholes e Merton para a opção em cada período do prazo de concessão. No caso da de tráfego mínimo:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2 P_i}{\partial \theta^2} \sigma^2 \theta^2 + (r - \delta) \theta \frac{\partial P_i}{\partial \theta} + \frac{\partial P_i}{\partial t} - r P_i = 0 \quad (6.23)$$

onde  $P_i$  é o valor da opção correspondente ao ano  $i$  da concessão

$r$  é a taxa livre de risco

$\delta$  é a taxa de conveniência do tráfego

A condição de contorno principal no vencimento de cada opção, ou seja, a cada ano do período de concessão, é dada pelo seu *payoff*, de modo que:

$$P_i = p_i \max(\theta_{gi} - \theta_i, 0) \quad (6.24)$$

onde  $\theta_{gi}$  é o tráfego garantido<sup>60</sup>

$\theta_i$  é o tráfego real ocorrido no período  $t = i$

$p_i$  é o pedágio cobrado no período  $t = i$

Como parâmetros, o autor utiliza também o conceito de preço de mercado do risco do tráfego. De forma análoga aos conceitos dos mercados financeiros, o

<sup>60</sup> Pode-se expressar o tráfego garantido  $\theta_{gi}$  como  $\pi_i \bar{\theta}_i$ , ou seja, um percentual sobre o tráfego esperado.

autor demonstra a equivalência entre os modelos para valoração de derivativos que dependam de variáveis não financeiras e que não sejam objeto de negociação.

Considerando a taxa de crescimento esperada  $\alpha$  do tráfego e uma taxa de conveniência  $\delta$  análoga ao dividendo de um ativo, o autor escreve o prêmio de risco do tráfego  $\lambda$  como:

$$\begin{aligned}\pi &= (\alpha + \delta) - r = \lambda\sigma \\ \therefore r - \delta &= \alpha - \lambda\sigma\end{aligned}\quad (6.25)$$

Ou seja, como visto no Capítulo 5, há duas formas de escrever a tendência neutra ao risco de crescimento do tráfego, sendo que, na prática, o entendimento da expressão  $\alpha - \lambda\sigma$  é mais intuitivo, pois expressa um prêmio de risco sendo subtraído da tendência real de crescimento. Pelo CAPM e pelas analogias para o caso de variáveis reais levantadas pelo autor, também se pode escrever o prêmio de risco como:

$$\pi = \lambda\sigma = \beta_\theta (E[\check{R}_m] - r) \quad (6.26)$$

onde  $E[\check{R}_m]$  é o retorno esperado da carteira de mercado, o Índice Geral da Bolsa de Madrid (IGBM) neste caso  
 $r$  é a taxa de juros livre de risco

Deste modo, a partir de séries históricas, é calculado o parâmetro  $\beta_\theta$  entre a variação do tráfego de cada rodovia pedagiada do sistema de transporte espanhol e os retornos da carteira de mercado da bolsa espanhola (índice IGBM – Índice Geral da Bolsa de Madrid), bem como um  $\beta_\theta$  consolidado das concessões.

$$\beta_\theta = \frac{COV[R_\theta, R_m]}{\sigma_m^2} \quad (6.27)$$

onde  $\sigma_m^2$  é a variância dos retornos da carteira de mercado

Considerando a neutralidade ao risco, tem-se que:

$$\alpha_\theta^{ajustado} = \alpha - \beta_\theta (E[\check{R}_m] - r) = r - \delta \quad (6.28)$$

Sendo a garantia uma *put*, a solução apresentada para o seu valor em cada ano é dada por:

$$P_i = p_i [\theta_{gi} e^{-rT_i} N(-d_2) - \theta_0 e^{-\delta T_i} N(-d_1)] \quad (6.29)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{\theta_{gi}}\right) + \left(r - \delta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$\text{e } d_2 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{\theta_{gi}}\right) + \left(r - \delta - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

O valor total da garantia é dado pelo somatório das opções calculadas em todos os anos de concessão.

Para o caso do estabelecimento de um tráfego máximo, o raciocínio é análogo, sendo que, neste caso, o governo detém opções de compra, e o valor de exercício é definido como onde  $\theta_{max\ i}^{61}$ , de forma que a solução para o valor da opção em cada ano é dada por:

$$C_i = p_i [\theta_0 e^{-\delta T_i} N(d_1) - \theta_{max\ i} e^{-rT_i} N(d_2)] \quad (6.30)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{\theta_{gi}}\right) + \left(r - \delta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$\text{e } d_2 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{\theta_{gi}}\right) + \left(r - \delta - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

Outras opções como forma de mitigar o risco de demanda também podem estar presentes, como a de estender ou contrair o prazo contratual da concessão ou adiar pagamentos devidos ao governo, segundo Brandão e Saraiva (2007).

Wibowo (2004) considera em seu trabalho cinco opções referentes a possíveis garantias governamentais baseadas no processo do governo da Indonésia de desenvolvimento de nova regulação para possibilitar o suporte a projetos privados de infra-estrutura. Em alguns casos durante a década de 90, o governo

<sup>61</sup> Pode-se expressar o tráfego máximo  $\theta_{max\ i}$  como  $\gamma_i \bar{\theta}_i$ , ou seja, um percentual sobre o tráfego esperado.

indonésio chegou a acordar garantias, apesar de posteriormente cancelá-las por razões diversas. São avaliadas opções como: receita mínima garantida, no caso de a receita real ser menor do que um determinado percentual da receita projetada projetado; tráfego mínimo garantido, análogo ao caso da receita (considerando que a tarifa pode variar); garantia de ajuste de tarifa segundo índice de preço de consumo; garantia de dívida, na qual o governo assume a dívida ao final do período de concessão; e garantia de valor máximo de juros, caso a taxa de juros da economia utilizada para indexação do financiamento seja superior a determinado valor.

De uma forma geral, em todos os modelos abordados na bibliografia referenciada neste capítulo, a principal (ou única em alguns casos) variável estocástica é o tráfego. As soluções passam por diferentes metodologias, algumas analíticas, outras por métodos numéricos, outras por simulação sob neutralidade ao risco. As metodologias dependem das suposições acerca dos movimentos e das próprias opções embutidas.

## 6.4

### **Mecanismos de Mitigação de Risco de Demanda**

A literatura aborda diversos mecanismos de mitigação de risco de demanda. No caso de concessões rodoviárias, a grande fonte de incerteza está no tráfego e o desafio na alocação deste risco entre as partes envolvidas – o setor público e o setor privado.

Apesar de ser uma forma de atrair o financiamento privado para projetos de infra-estrutura, Irwin (2007) destaca que a utilização de garantias governamentais levanta dúvidas importantes quanto à alocação do risco de demanda, às estimativas e projeções associadas ao projeto, à avaliação correta do valor da garantia, ao valor de comprometimento máximo do governo em caso de o projeto não ser bem sucedido, entre outras. Historicamente, há casos de sucesso, como alguns projetos no Chile, e de total fracasso, como na Coreia, além de outros exemplos citados por Irwin (2007).

Vários mecanismos de mitigação de risco de tráfego já foram testados – sendo o Chile um país pioneiro neste sentido, como apresentado no Capítulo 4. Estes mecanismos podem ser classificados segundo três critérios: a variável de

acompanhamento usada para medir a mitigação deste risco, que pode ser o próprio tráfego, a receita, ou até a TIR (taxa interna de retorno); a alocação deste risco entre as partes, envolvendo limites mínimos e/ou máximos destas variáveis; e a forma de compensação adotada, que pode ser um subsídio do governo, uma mudança do pedágio cobrado ou ainda uma alteração no prazo do contrato (Vassalo, 2006).

Tomando-se estes critérios, Vassalo (2006) destaca três principais abordagens na prática analisando contratos de concessão em vários países. A primeira enfatiza a garantia do equilíbrio econômico da concessão, tendo como base níveis pré-definidos de TIR para o projeto. A segunda se baseia na garantia de tráfego ou receita, envolvendo normalmente limites mínimos e máximos destas variáveis utilizados na alocação de risco entre as partes. Já a terceira trabalha com o conceito de adequar o prazo da concessão, que passa a ser variável, ao momento em que o tráfego ou a receita atinge um nível pré-determinado entre as partes.

Algumas condições propiciam uma melhor decisão por parte do governo no que se refere à aplicação de garantias, envolvendo uma correta avaliação da necessidade de fornecer garantias a um determinado projeto, uma estimativa bem feita acerca do custo desta garantia e a avaliação da relação custo-benefício em cada caso (Irwin, 2007).

A Teoria das Opções Reais se apresenta como uma ferramenta importante na avaliação de exposição ao risco, tendo em vista as características de opcionalidade presentes nos mais variados tipos de garantias.

## 6.5

### **Caso Real: PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo**

A PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo foi a primeira a ser concretizada no Brasil, tendo o contrato sido assinado em novembro de 2006. ([http://www.planejamento.sp.gov.br/ppp/Down/PRESS\\_RELEASE.pdf](http://www.planejamento.sp.gov.br/ppp/Down/PRESS_RELEASE.pdf))

Algumas características<sup>62</sup> obtidas a partir do edital de concessão em questão (São Paulo, 2006) envolvem uma receita adicional ou um repasse de receita dependendo do nível da demanda. A proposta é mitigar o risco de demanda, pois o

---

<sup>62</sup> Constam do contrato também outros mecanismos de mitigação de risco, abrangendo o risco cambial por conta de financiamento externo, e o risco de construção, por conta do atraso da obra por parte do governo após a compra dos equipamentos pelo parceiro privado.

modelo é muito sensível a esta variável e, sem a divisão deste risco entre o parceiro privado e o governo, pode se tornar inviável obter o financiamento necessário.

Como o projeto é dividido em duas fases, o mecanismo foi definido para ser aplicado somente durante a primeira fase e durante os 6 primeiros anos da segunda fase.

Existirá uma faixa de demanda “sem proteção” para variação (de até  $\pm 10\%$  da demanda projetada). A partir daí, existem duas faixas de “proteção”<sup>63</sup> (a primeira entre  $\pm 10\%$  até  $\pm 20\%$  da demanda projetada e a segunda após  $\pm 20\%$ <sup>64</sup>). Definem-se, assim, dois pisos e dois tetos de tráfegos para os quais há pagamento adicional do governo ao concessionário ou repasse de receita do concessionário ao governo de um determinado percentual da demanda esperada, dependendo da faixa em que a demanda real se encontrar ([www.metro.sp.gov.br/expansao/sumario/ppp/pdf/linha4apresentacao.pdf](http://www.metro.sp.gov.br/expansao/sumario/ppp/pdf/linha4apresentacao.pdf)).

Simplificando a situação para considerar a mesma tarifa para todos os usuários, a mitigação do risco de demanda é descrita a seguir conforme constante no edital (São Paulo, 2006)<sup>65</sup>, considerando as fórmulas lá apresentadas. Sejam  $D_i$  a demanda real do período  $i$ ,  $\bar{D}_i$  a demanda projetada para o período  $i$  e  $p$  a tarifa única por usuário<sup>66</sup>. Então:

- Caso a demanda real contabilizada esteja entre 90% e 110%, inclusive, da demanda projetada para o período, não haverá nenhum ajuste nas receitas, sendo esta uma banda sem proteção.

---

<sup>63</sup> O termo “proteção” é utilizado nas informações consultadas, se referindo tanto à proteção do concessionário quanto do governo. Ou seja, trata-se da receita que será recomposta pelo governo ao concessionário ou da receita excedente que será repassada pelo concessionário ao governo.

<sup>64</sup> Esta faixa é limitada a  $\pm 40\%$  da demanda esperada, mas esta informação não vai ser tratada aqui para facilitação do entendimento do modelo, sem perda da característica principal. O que ocorre é que, caso a demanda real contabilizada esteja abaixo de 60% ou acima de 140% da demanda projetada para o período, caberá a recomposição do equilíbrio econômico-financeiro.

<sup>65</sup> Para mais informações e detalhes das cláusulas contratuais referentes à mitigação do risco de demanda, consultar o Edital da PPP (São Paulo, 2006), cláusulas 11.1 (Risco de não realização da demanda projetada).

<sup>66</sup> Os dados de demanda são considerados trimestrais.

- Caso a demanda real contabilizada esteja entre 80% e 90%, inclusive, da demanda projetada para o período, as receitas serão reajustadas para mais mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$Md = [0,6 \cdot (0,9\bar{D}_i - D_i)] \cdot p \quad (6.31)$$

Nesta faixa, a proteção é de 60%, de forma que o governo recompõe 60% do valor que faltar para 90% da demanda projetada.

- Caso a demanda real contabilizada esteja abaixo de 80%, inclusive, da demanda projetada para o período, as receitas serão reajustadas para mais mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$Md = \{0,06\bar{D}_i + [0,9 \cdot (0,8\bar{D}_i - D_i)]\} \cdot p \quad (6.32)$$

Nesta faixa, a proteção é de 90%, de forma que o governo recompõe 90% do valor que faltar para 80% da demanda projetada, considerando o “degrau” da faixa anterior.

- Caso a demanda real contabilizada esteja entre 110% e 120%, inclusive, da demanda projetada para o período, as receitas serão reajustadas para menos mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$Md = [0,6 \cdot (D_i - 1,1\bar{D}_i)] \cdot p \quad (6.33)$$

Nesta faixa, a proteção é de 60%, de forma que o concessionário repassa ao governo 60% do valor que exceder 110% da demanda projetada.

- Caso a demanda real contabilizada esteja acima de 120%, inclusive, da demanda projetada para o período, as receitas serão reajustadas para menos mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$Md = \{0,06\bar{D}_i + [0,9 \cdot (D_i - 1,2\bar{D}_i)]\} \cdot p \quad (6.34)$$

Nesta faixa, a proteção é de 90%, de forma que o concessionário repassa ao governo 90% do valor que exceder 120% da demanda projetada, considerando o “degrau” da faixa anterior.

Graficamente, para facilitar o entendimento, a situação pode ser representada da seguinte forma, considerando valores hipotéticos para a demanda:

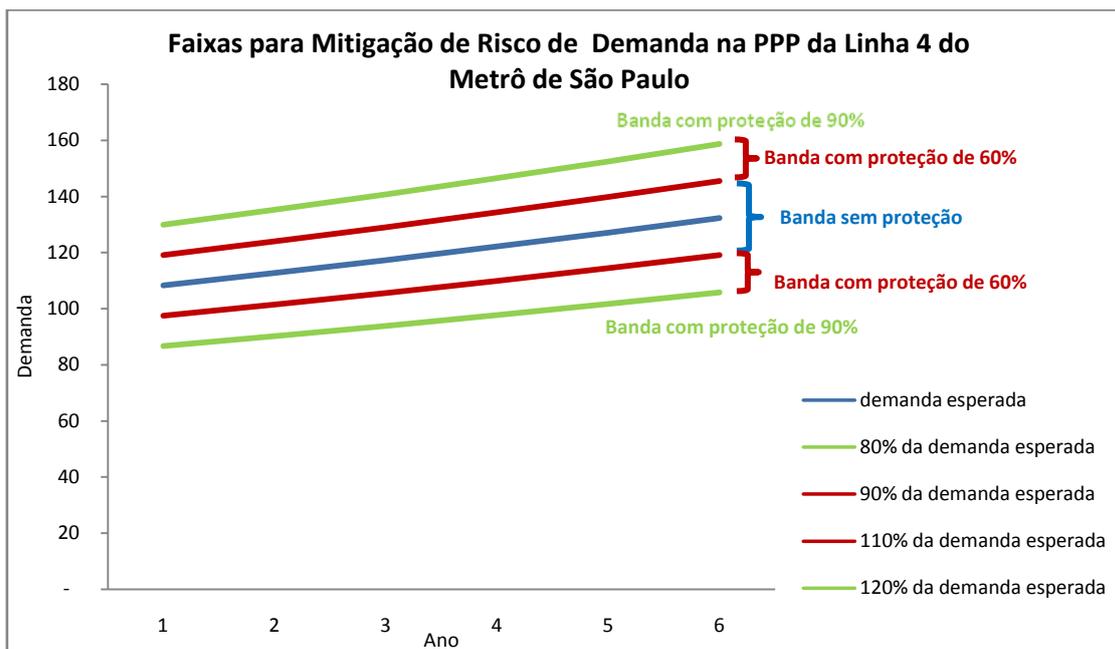


Figura 3 – Faixas de mitigação de risco de demanda na PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo

Tais condições para os pisos e tetos de tráfego podem ser modeladas como uma composição de opções de venda e de compra, cujas fórmulas ficam mais fácil de serem compreendidas.

Para demandas abaixo de 90% da demanda projetada, o concessionário detém duas *puts*, que deverão ser exercidas por ele simultaneamente, dependendo do valor da demanda real, e cujos valores deverão ser somados.

$$\text{Put 1: Preço de exercício: } K_1 = 0,9\bar{D}_i \quad (6.35)$$

$$\text{Payoff em demanda: } P_1 = 0,6 \max(K_1 - D_i, 0) \quad (6.36)$$

$$\text{Payoff em receita: } Md_1 = P_1 \cdot p \quad (6.37)$$

$$\therefore Md_1 = [0,6 \max(0,9\bar{D}_i - D_i, 0)]p \quad (6.38)$$

$$\text{Put 2: Preço de exercício: } K_2 = 0,8\bar{D}_i \quad (6.39)$$

$$\text{Payoff em demanda: } P_2 = 0,3 \max(K_2 - D_i, 0) \quad (6.40)$$

$$\text{Payoff em receita: } Md_2 = P_2 \cdot p \quad (6.41)$$

$$\therefore Md_2 = [0,3 \max(0,8\bar{D}_i - D_i, 0)]p \quad (6.42)$$

Desta forma, a receita a ser recebida será dada por:

- Se  $D_i \geq 0,9\bar{D}_i$  então  $Md_1 = 0$  e  $Md_2 = 0$

$$Md = Md_1 + Md_2 = 0$$

- Se  $0,9\bar{D}_i < D_i \leq 0,8\bar{D}_i$ , então  $Md_1 = [0,6(0,9\bar{D}_i - D_i)]p$  e  $Md_2 = 0$

$$Md = Md_1 + Md_2 = [0,6(0,9\bar{D}_i - D_i)]p$$

- Se  $D_i < 0,8\bar{D}_i$ , então  $Md_1 = [0,6(0,9\bar{D}_i - D_i)]p$

$$\text{e } Md_2 = [0,3(0,8\bar{D}_i - D_i)]p$$

$$Md = Md_1 + Md_2 = [0,6(0,9\bar{D}_i - D_i)]p + [0,3(0,8\bar{D}_i - D_i)]p$$

$$Md = [0,6(0,8\bar{D}_i + 0,1\bar{D}_i - D_i)]p + [0,3(0,8\bar{D}_i - D_i)]p$$

$$= \{0,06 \bar{D}_i + [0,6(0,8\bar{D}_i - D_i)] + [0,3(0,8\bar{D}_i - D_i)]\} p$$

$$= \{0,06 \bar{D}_i + [0,9(0,8\bar{D}_i - D_i)]\} p$$

que são equivalentes às fórmulas constantes do contrato.

Deste modo, para cada faixa de demanda, o governo recompõe um percentual diferente da receita, pagando a diferença ao concessionário.

Para demandas acima de 110% da demanda projetada, o concessionário está vendido em duas *calls*, que deverão ser exercidas pelo governo simultaneamente, dependendo do valor da demanda real, e cujos valores deverão ser somados.

$$\text{Call 1: Preço de exercício: } X_1 = 1,1\bar{D}_i \quad (6.43)$$

$$\text{Payoff em demanda: } C_1 = -0,6 \max(D_i - X_1, 0) \quad (6.44)$$

$$\text{Payoff em receita: } Md_1 = C_1 \cdot p \quad (6.45)$$

$$\therefore Md_1 = -[0,6 \max(D_i - 1,1\bar{D}_i, 0)]p \quad (6.46)$$

$$\text{Call 2: Preço de exercício: } X_2 = 1,2\bar{D}_i \quad (6.47)$$

$$\text{Payoff em demanda: } C_2 = -0,3 \max(D_i - X_2, 0) \quad (6.48)$$

$$\text{Payoff em receita: } Md_2 = C_2 \cdot p \quad (6.49)$$

$$\therefore Md_2 = -[0,3 \max(D_i - 1,2\bar{D}_i, 0)]p \quad (6.50)$$

Desta forma, a receita a ser repassada será dada por:

- Se  $D_i \leq 1,1\bar{D}_i$  então  $Md_1 = 0$  e  $Md_2 = 0$   
 $Md = Md_1 + Md_2 = 0$
- Se  $1,1\bar{D}_i < D_i \leq 1,2\bar{D}_i$  então  $Md_1 = -[0,6(D_i - 1,1\bar{D}_i)]p$  e  $Md_2 = 0$   
 $Md = Md_1 + Md_2 = -[0,6(D_i - 1,1\bar{D}_i)]p$
- Se  $D_i > 1,2\bar{D}_i$  então  $Md_1 = -[0,6(D_i - 1,1\bar{D}_i)]p$   
 $e Md_2 = -[0,3(D_i - 1,2\bar{D}_i)]p$   
 $Md = Md_1 + Md_2 = -[0,6(D_i - 1,1\bar{D}_i)]p - [0,3(D_i - 1,2\bar{D}_i)]p$   
 $Md = -[0,6(D_i - 1,2\bar{D}_i + 0,1\bar{D}_i)]p + [0,3(D_i - 1,2\bar{D}_i)]p$   
 $= -\{0,06\bar{D}_i + [0,6(D_i - 1,2\bar{D}_i)] + [0,3(D_i - 1,2\bar{D}_i)]\}p$   
 $= -\{0,06\bar{D}_i + [0,9(D_i - 1,2\bar{D}_i)]\}p$

que são equivalentes às fórmulas constantes do contrato.

Deste modo, para cada faixa de demanda, o concessionário repassa um percentual diferente da receita, pagando a diferença para o governo.

Um exemplo numérico facilita a compreensão do mecanismo. Para um determinado período, considerando valores hipotéticos, sejam os seguintes dados:

$$p = \$ 2 \text{ (tarifa)}$$

$$\bar{D}_i = 100 \text{ (demanda esperada no período)}$$

- Se a demanda real for 95 ( $D_i = 95$ ), nenhuma das partes paga nada, pois este valor está na faixa sem proteção (entre 90% e 100% da demanda esperada).

- Se a demanda real for 85 ( $D_i = 85$ ), apenas o primeiro nível de garantia é exercido pois este valor está na primeira banda de proteção (entre 80% e 90% da demanda esperada). Desta forma, o governo deverá pagar de receita adicional:

$$Md = [0,6(0,9\bar{D}_i - D_i)]p = [0,6(90 - 85)].2 = 6$$

- Se a demanda real for 75 ( $D_i = 75$ ), os dois níveis de garantia são exercidos pois este valor está na segunda banda de proteção (abaixo de 80% da demanda esperada). Desta forma, o governo deverá pagar de receita adicional:

$$\begin{aligned} Md &= [0,6(0,9\bar{D}_i - D_i)]p + [0,3(0,8\bar{D}_i - D_i)]p = \\ &= [0,6(90 - 75)].2 + [0,3(80 - 75)].2 = 18 + 3 = 21 \end{aligned}$$

- Se a demanda real for 105 ( $D_i = 105$ ), nenhuma das partes paga nada, pois este valor está na faixa sem proteção (entre 100% e 110% da demanda esperada).
- Se a demanda real for 115 ( $D_i = 115$ ), apenas o primeiro nível de repasse é exercido pois este valor está na primeira banda de proteção (entre 110% e 120% da demanda esperada). Desta forma, o concessionário deverá repassar a receita excedente de:

$$Md = -[0,6(D_i - 1,1\bar{D}_i)]p = -[0,6(115 - 110)].2 = -6$$

- Se a demanda real for 125 ( $D_i = 125$ ), os dois níveis de garantia são exercidos pois este valor está na segunda banda de proteção (acima de 120% demanda esperada). Desta forma, o concessionário deverá repassar a receita excedente de:

$$\begin{aligned}Md &= -[0,6(D_i - 1,1\bar{D}_i)]p - [0,3(D_i - 1,2\bar{D}_i)]p = \\ &= -[0,6(125 - 110)].2 - [0,3(125 - 120)].2 = -18 - 3 \\ &= -21\end{aligned}$$

Esta modelagem será utilizada neste trabalho na avaliação de um projeto hipotético como exemplificação da presença de opções em um concessão rodoviária envolvendo estrutura de *project finance* e PPP.

## 7

# Projeto de Concessão Rodoviária na Presença de Opções Reais

Como aplicação da Teoria de Opções Reais a projetos que envolvam conceitos de *project finance* e PPP, decidiu-se pela avaliação de opções presentes em uma concessão rodoviária que, para atrair interesse da iniciativa privada, precisa ser concedida com garantias governamentais.

O projeto hipotético se baseia em uma rodovia que, apesar de sua importância econômico-social para a região onde se localiza, apresenta alto risco e frágil viabilidade econômica. A participação do setor privado depende de uma atuação governamental para que haja fluxos adicionais de receita a partir da implantação de uma PPP e que justifiquem a entrada de um parceiro privado no projeto. A modelagem da participação privada pressupõe um financiamento sob *project finance*.

Trata-se, assim, de um projeto de concessão rodoviária, cujo prazo é de 25 anos, sendo a análise de fluxo de caixa realizada em base anual. A garantia modelada é a de limite de tráfego mínimo, seguindo o padrão do projeto da Linha 4 do Metrô de São Paulo, complementada com situações de repasse de receita ao governo por limite de tráfego máximo, capacidade de tráfego máximo na rodovia e avaliação da opção de abandono inerente à estrutura de *project finance*.

### 7.1

#### Dados do Projeto

##### 7.1.1

##### Receita

A receita do projeto, proveniente da cobrança do pedágio, é dada por:

$$R_t = p \theta_t (1 - \tau) d \quad (7.1)$$

onde  $p$  é o valor do pedágio

$\theta_t$  é o tráfego no período correspondente, sendo uma média diária do número de veículos equivalentes

$\tau$  é a alíquota de impostos diretos incidentes sobre a receita

$d$  é o número de dias de operação da rodovia

O tráfego é dado em número de veículos equivalentes por dia, cujo conceito facilita a análise financeira, pois considera que a tarifa é a mesma para todos os veículos. O que muda é a proporção que cada veículo representa relativamente a um veículo básico escolhido como referência<sup>67</sup>.

O valor do pedágio utilizado foi R\$ 5,50 ao longo dos 25 anos de concessão. Na prática, contratualmente, o reajuste normalmente é realizado com base em algum índice de inflação. Para facilitar a modelagem, foi considerado o valor real constante, de forma que este tratamento também foi dado aos custos e à taxa livre de risco.

O percentual de impostos diretos incidentes sobre a receita utilizado foi de 14%<sup>68</sup>. A rodovia opera durante o ano todo, de forma que o número de dias de operação ao longo do ano é 365.

As receitas começam a ser auferidas apenas a partir de ano “2” da concessão, dado que os investimentos iniciais são realizados nos anos “0” e “1”.

### 7.1.2 Modelagem do Tráfego

Na bibliografia que considera opções presentes em projetos de rodovias, alguns autores (Rose, 1998; Irwin, 2003; Huang e Chou, 2005; Wei-hua e Da-shuang, 2006; Galera, 2006; Irwin, 2007) modelam a variável de risco (o tráfego ou a receita) de forma simples, considerando um Movimento Geométrico Browniano (MGB).

---

<sup>67</sup> O total de veículos equivalentes corresponde ao número total de veículos pedagiados, considerando seus respectivos fatores multiplicadores de tarifa, de forma que o produto pela tarifa básica de pedágio corresponde ao total de receita arrecadado (<http://www.antt.gov.br>).

<sup>68</sup> Percentual composto pelos seguintes encargos: PIS, COFINS, ISS, CPMF e percentual cobrado pela ANTT (Brandão e Saraiva, 2007). Análises futuras não devem incluir o percentual da CPMF, já extinto.

Chiara, Garvin e Vecer (2007) e Garvin e Cheah (2004), argumentam que o MGB – com *drift* e volatilidade constantes – não é o melhor movimento para descrever o comportamento do tráfego em uma rodovia.

Considerando o trabalho de Brandão e Cury (2006), de Brandão e Saraiva (2007) e de Garvin e Cheah (2004), as projeções de tráfego mostram que o *drift* é considerado variável, assumindo valores altos no início da concessão e caindo ao longo dos anos da concessão para níveis aproximadamente constantes. Zhao, Sundararajan e Tseng (2004) também consideram o movimento do tráfego com *drift* variável. Galera (2006) menciona que, na realidade, a taxa de crescimento do tráfego deveria ser considerada de forma decrescente por períodos durante o tempo de concessão, mas, simplificada, aproxima uma média de crescimento constante para utilizar a equação do MGB e propor uma solução analítica para as opções presentes em uma concessão rodoviária. Irwin (2003) ressalta que, com este movimento, a análise se torna relativamente simples e plausível, mas que esta não é a única alternativa de modelagem.

O projeto proposto neste trabalho será modelado da forma mais simples, considerando o tráfego, e conseqüentemente a receita<sup>69</sup>, como MGB, para que se possa aplicar, além da simulação de Monte Carlo, a solução analítica desenvolvida por Galera (2006) para as opções de garantia por piso e repasse por teto de tráfego. A extensão para outros movimentos é imediata partindo da modelagem por simulação, de modo que os dados podem ser recalculados a partir de uma redefinição das equações de discretização.

O processo estocástico que descreve o tráfego é, então:

$$\frac{d\theta}{\theta} = \alpha dt + \sigma dz \quad (7.2)$$

onde  $\theta$  é o tráfego

$\alpha$  é a taxa de crescimento esperada, representando o termo de tendência (“*drift*”)

$\sigma$  é a volatilidade do tráfego

$dz$  é um processo de Wiener

<sup>69</sup> A receita é determinada pela multiplicação da tarifa constante pelo tráfego.

### 7.1.2.1 Estimativa de Parâmetros

Para estimativa dos parâmetros de *drift* e volatilidade, foram analisados dados trimestrais de tráfego disponíveis para as concessões rodoviárias controladas pelas empresas CCR e OHL Brasil. Os dados estão apresentados no Apêndice 10.2.

Dada a suposição de que o processo que descreve o tráfego é o MGB, os parâmetros podem ser estimados como<sup>70</sup>:

$$\ln(\theta_t) = \alpha + \ln(\theta_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (7.3)$$

$$\Rightarrow \varepsilon_t \sim N\left(0, \frac{\sigma^2}{n}\right) \text{ onde } n = 4 \text{ (pois os dados são trimestrais)}$$

Logo:

$$\sigma^2 = n \operatorname{var} \left[ \ln \left( \frac{\theta_t}{\theta_{t-1}} \right) \right] \quad (7.4)$$

$$\alpha = n \left[ E \left[ \ln \left( \frac{\theta_t}{\theta_{t-1}} \right) \right] + 0,5 \frac{\sigma^2}{n} \right] \quad (7.5)$$

Desta forma, foram obtidos os seguintes valores a partir dos dados das concessões da CCR:

Concessão*	$\sigma$	$\alpha$
Autoban	10,89 %	8,19%
NovaDutra	15,08%	8,38%
Rodonorte	12,20%	3,68%
Ponte	7,10%	0,51%
ViaLagos	63,96%	15,49%
Consolidado	8,20%	5,87%

\* dados desde jan/00

Tabela 6 - Parâmetros das concessões da CCR

<sup>70</sup> Fórmula utilizada conforme Winston (1998), extraída de <http://www.puc-rio.br/marco.ind/ind2072.html>.

Com base nos dados trimestrais das concessões da OHL Brasil, foram obtidos os seguintes valores:

Concessão**	$\sigma$	$\alpha$
AutoVias	8,05%	5,50%
CentroVias	12,53%	6,24%
InterVias***	14,82%	7,73%
ViaNorte***	16,68%	6,59%
Consolidado	12,82%	6,66%

\*\* dados desde jan/03

\*\*\*inclui período em que não era concessão da empresa

Tabela 7 - Parâmetros das concessões da OHL

Na modelagem do problema, os valores considerados foram:

$$\sigma = 10\% \text{ a. a.}$$

$$\alpha = 4\% \text{ a. a.}^{71}$$

A modelagem para a neutralidade ao risco utilizada, assim com trabalhos de Brandão e Saraiva (2007) e Galera (2006), partiu da metodologia proposta por Hull (2006), apresentada no Capítulo 6. Esta metodologia também está presente nos trabalhos de Schwartz e Moon (2000) e Irwin (2003).

### 7.1.2.2 Tráfego Esperado

Dado o MGB com os parâmetros escolhidos na seção anterior e considerando como tráfego inicial de referência 100.000 veículos equivalentes em média por dia no ano “0”, os valores utilizados como tráfego esperado a cada período foram<sup>72</sup>:

<sup>71</sup> Foi considerado um valor menor do que os consolidados, dado que se trata de uma rodovia cujo investimento não é atrativo para a iniciativa privada, supondo assim um crescimento abaixo do esperado, de forma que seja necessária alguma atuação do governo para estimular a participação privada.

<sup>72</sup> Os dados foram obtidos considerando que o valor esperado de uma variável que segue MGB é dado por  $E[\theta] = \theta_0 e^{\alpha t}$  (Dixit e Pindyck, 1994, Capítulo3, p.71)

Ano	Tráfego Esperado <sup>73</sup> (veículos equivalentes)
0	-
1	-
2	108.329
3	112.750
4	117.351
5	122.140
6	127.125
7	132.313
8	137.713
9	143.333
10	149.182
11	155.271
12	161.607
13	168.203
14	175.067
15	182.212
16	189.648
17	197.388
18	205.443
19	213.828
20	222.554
21	231.637
22	241.090
23	250.929
24	261.170
25	271.828

Tabela 8 – Valores esperados para o tráfego a cada ano

Considerando as estimativas de *drift* e volatilidade da seção anterior, podem ser estabelecidos os intervalos de confiança dos valores do tráfego a cada ano do período de concessão. O MGB seguido pelo tráfego será:

$$\frac{d\theta}{\theta} = 0,04 dt + 0,1 dz \quad (7.6)$$

Para o valor do tráfego a cada ano, ter-se-á:

$$\theta_t = \theta_0 e^{\left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma \varepsilon \sqrt{t}} \quad (7.7)$$

$$\theta_t = \theta_0 e^{0,035t + 0,1\varepsilon\sqrt{t}} \quad (7.8)$$

onde  $\varepsilon \sim N(0,1)$

<sup>73</sup> Nos anos “0” e “1” não há ainda veículos trafegando pela rodovia. O dado no ano “0” é utilizado apenas como referência para cálculo dos valores esperados do tráfego a partir do ano “2”.

Desta forma, graficamente, os intervalos de confiança de 90% e 95% para o tráfego a cada ano serão:

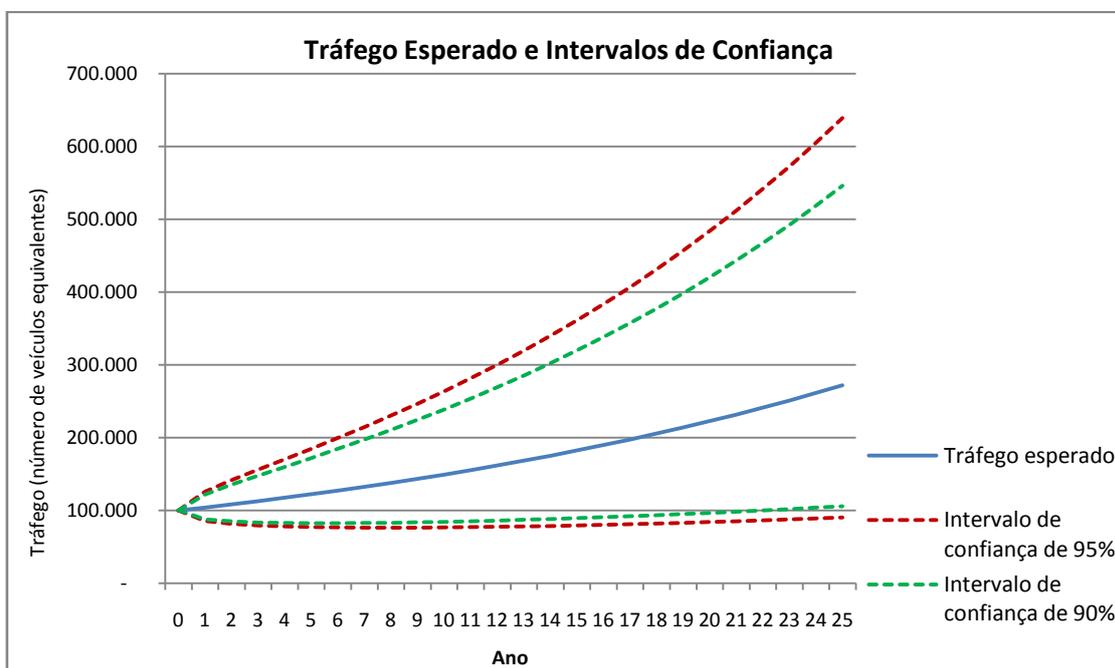


Figura 4 – Tráfego esperado e Intervalos de confiança

### 7.1.3 Investimento e Custos

Os dados de investimento e custos foram:

- Investimento realizado nos 2 primeiros anos, no total de R\$ 1 bilhão de reais, sendo R\$ 500 milhões no ano “0” e R\$ 500 milhões no ano “1”.
- Custos operacionais fixos no ano “1” no valor de R\$ 30 milhões e no do ano “2” até o final da concessão no valor de R\$ 60 milhões por ano<sup>74</sup>.
- Custos de manutenção no valor de R\$ 50 milhões do ano “2” até o ano “9”, R\$ 70 milhões do ano “10” ao ano “18” e R\$ 90 milhões do ano “19” ao final da concessão, que corresponde ao ano “25”.
- Depreciação do investimento ao longo de 15 anos.

<sup>74</sup> Tendo em vista que ainda são realizados investimentos de implantação no ano “1” e que as receitas provenientes da operação começam a partir do ano “2”, os custos operacionais são diferentes comparando estes dois períodos.

#### 7.1.4 Financiamento

Tendo em vista a grande utilização da estrutura de *project finance* em projetos de infra-estrutura na área de transporte, a suposição é de que os acionistas estejam criando uma SPE cujo negócio é a operação da concessão obtida.

Neste caso, o financiamento considerado foi de 70% do valor do investimento inicial total durante os dois primeiros anos, cuja liberação se dá de acordo com a necessidade de realização – ou seja, 50% no ano “0” e 50% no ano “1”.

As características do financiamento são:

- Montante total de R\$ 700 milhões, com desembolso de R\$ 350 milhões no ano “0” e R\$ 350 milhões no ano “1”.
- Taxa real de 8% a.a., com carência de 2 anos e prazo de 15 anos para amortização.
- O modelo de pagamento utilizado é o SAC – Sistema de Amortizações Constantes.

#### 7.1.5 Fluxo de Caixa e Taxa de Desconto

Com base nos investimentos, nas receitas, nos custos e no serviço da dívida, o lucro do acionista e o fluxo de caixa ao acionista a cada período são calculados da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Lucro Líquido} &= \\ &= (\text{Receita} - \text{Custos Oper.} - \text{Custos de Manut.} - \text{Depreciação} - \text{Juros})(1 - \text{IR}) \end{aligned}$$

$$\text{FC} = \text{Lucro Líquido} + \text{Deprec.} - \text{Amortização} - \text{Investimento} \quad (7.9)$$

onde IR é a alíquota de imposto de renda, considerada no projeto como 34% sobre o lucro líquido, que só incide caso este seja positivo.

Para cálculo do VPL (Valor Presente Líquido), ao invés de uma estimativa da taxa de desconto adequada ao risco (no caso, o custo de capital do acionista), foi utilizada a simulação neutra ao risco para que o desconto dos fluxos de caixa pudesse ser realizado à taxa livre de risco. A taxa livre de risco real utilizada na modelagem foi de 6% a.a.

## 7.2 Metodologia

Para estimular a participação da iniciativa privada no projeto, a estrutura proposta envolve garantias governamentais baseadas em pisos de tráfego, nos casos em que o tráfego cai a valores abaixo dos desejados, bem como repasses de receita baseados em tetos de tráfego, nos casos em que o tráfego atinge níveis acima do esperado.

A metodologia adotada envolve o cálculo dos valores destas opções de forma analítica, segundo o modelo de Galera (2006), e por simulação de Monte Carlo, como utilizado por Brandão e Saraiva (2007). São analisados os impactos no VPL esperado e na TIR (Taxa Interna de Retorno)<sup>75</sup>, bem como a situação de capacidade de tráfego máximo na rodovia.

Em seguida, é avaliada a opção de abandono por parte do acionista, tendo em vista que o financiamento é realizado através de *project finance*. Neste caso, é analisada a interação entre esta opção e as de garantia e repasse, bem como a probabilidade e o tempo médio de abandono.

Para todas as situações apresentadas, foram realizadas simulações de Monte Carlo, neutras ao risco ou reais, dependendo da informação a ser obtida, conforme detalhado nos procedimentos de obtenção dos resultados.

### 7.2.1 Modelagem das Opções de Garantia por Tráfego Mínimo e Repasse por Tráfego Máximo

Os dados originais deste projeto hipotético foram escolhidos de forma que o VPL fosse relativamente baixo diante do risco associado ao projeto. Assim, para torná-lo interessante à iniciativa privada, a proposta é a implementação de uma PPP em que o governo oferece garantia de tráfego mínimo.

Muitos trabalhos abordados na bibliografia consideram a avaliação de garantia de tráfego ou de receita (Irwin, 2003 e 2007; Wibowo, 2004; Huang e Chou, 2005; Cheah e Liu, 2006; Brandão e Cury, 2006; Galera, 2006; Chiara, Garvin e Vecer, 2007; Brandão e Saraiva, 2007). A avaliação quantitativa da garantia de tráfego é de extrema importância para que o risco do projeto seja

---

<sup>75</sup> Decidiu-se por calcular a TIR também dado que este é um índice bastante comentado na bibliografia consultada sobre concessões rodoviárias.

alocado da forma mais justa entre as partes. Ela deve ter seus parâmetros de percentuais de recomposição bem calibrados de modo o governo consiga tornar o projeto interessante para o parceiro privado, sem assumir um risco acima do desejado. Ao mesmo tempo, além de tornar o projeto viável, a construção da garantia deve evitar que o parceiro privado abandone o projeto antes do término do período de concessão.

Muitas vezes, esta garantia vem combinada com o repasse de receita, como mencionado por Vassallo (2006) e Irwin (2007) e em modelagens de alguns autores (Cheah e Liu, 2006; Brandão e Cury, 2006; Galera, 2006; Brandão e Saraiva, 2007). Este repasse a partir de um determinado nível de teto de tráfego tem como objetivo limitar ganhos excessivos por parte do concessionário.

A proposta de modelagem deste trabalho considera parâmetros adicionais neste tipo de garantia ao se basear no modelo prático utilizado na PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo. Conforme abordado no Capítulo 6, são definidos dois pisos de demanda abaixo dos quais há pagamento adicional do governo ao concessionário, que varia dependendo da faixa em que a demanda real se encontrar. Da mesma forma, são definidos dois valores de teto de demanda, simétricos aos pisos, acima dos quais há um repasse de receita do concessionário ao governo. Toda a descrição, representação visual e exemplo numérico podem ser observados na seção 6.5.

No caso da concessão rodoviária, a demanda corresponderia ao tráfego, de modo que para cada faixa de tráfego (definida a partir de percentuais do valor esperado a cada período), o governo recomporia ou receberia uma parte da receita.

As garantias de tráfego mínimo, presentes em cada ano da concessão, serão então modeladas como opções européias de venda (*puts*), já que, a cada período, compara-se o tráfego real com um valor de tráfego mínimo garantido, de forma que se o valor real for menor, o governo paga ao concessionário uma receita adicional. Quando se consideram dois níveis de tráfego mínimo com diferentes percentuais de recomposição, têm-se duas opções européias de venda a cada período, cujo detentor é o concessionário. Os repasses por tráfego máximo podem ser modelados de forma análoga como opções européias de compra (*calls*), já que, a cada período, compara-se o tráfego real com um valor de tráfego máximo permitido, de forma que se o valor real for maior, o concessionário repassa ao governo parte da receita. Do mesmo modo, quando se consideram dois níveis de

tráfego máximo com diferentes percentuais de repasse, têm-se duas opções europeias de compra a cada período, cujo detentor é o governo.

Como o prazo da concessão é de 25 anos, o concessionário terá 25 *puts* para o primeiro piso de tráfego e 25 *puts* para o segundo piso, e o governo terá 25 *calls* para o primeiro teto de tráfego e 25 *calls* para o segundo teto.

Considerando as opções presentes na PPP Metrô de São Paulo descritas na seção 6.5, a modelagem agora é apresentada de forma genérica. Sejam  $\theta_i$  e  $\bar{\theta}_i$  o tráfego real e o tráfego esperado no ano  $i$ , respectivamente, dados em número de veículos equivalentes médio por dia. Sejam  $a_1$  e  $a_2$  percentuais menores do que 100% definidos sobre o tráfego médio por dia esperado do ano  $i$  ( $a_1 > a_2$ ). Sejam  $b_1$  e  $b_2$  percentuais maiores do que 100% definidos sobre o tráfego médio por dia esperado do ano  $i$  ( $b_1 < b_2$ ). Sejam  $y_1$  e  $y_2$  percentuais previamente estabelecidos ( $y_1 < y_2$ ), considerados como a parcela de receita que será recebida ou repassada pelo concessionário.<sup>76</sup> Analogamente à modelagem das opções na Linha 4 do Metrô de São Paulo, podem-se escrever as relações a seguir.

A primeira *put* no ano  $i$  possui as seguintes características:

$$\text{Preço de exercício: } K_{1i} = a_1 \bar{\theta}_i \quad (7.10)$$

$$\text{Payoff em tráfego: } P_{1i} = y_1 \max(K_{1i} - \theta_i, 0) \quad (7.11)$$

$$\text{Payoff em receita: } RG_{1i} = P_{1i} \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.12)$$

$$\therefore RG_{1i} = [y_1 \max(a_1 \bar{\theta}_i - \theta_i, 0)] \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.13)$$

onde  $p$  é o pedágio e  $\tau$  é a alíquota de impostos diretos sobre receita

A segunda *put* no ano  $i$  possui as seguintes características:

$$\text{Preço de exercício: } K_{2i} = a_2 \bar{\theta}_i \quad (7.14)$$

$$\text{Payoff em tráfego: } P_{2i} = (y_2 - y_1) \max(K_{2i} - \theta_i, 0) \quad (7.15)$$

$$\text{Payoff em receita: } RG_{2i} = P_{2i} \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.16)$$

$$\therefore RG_{2i} = [(y_2 - y_1) \max(a_2 \bar{\theta}_i - \theta_i, 0)] \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.17)$$

A primeira *call* no ano  $i$  possui as seguintes características:

<sup>76</sup> Ilustrativamente, no caso na PPP do metrô, considerando os dois primeiros níveis de tráfego mínimo, é como se  $a_1=90\%$ ,  $a_2=80\%$ ,  $b_1=110\%$ ,  $b_2=120\%$ ,  $y_1=60\%$  e  $y_2=90\%$ . Ou seja, para tráfego entre 90% e 80%, o governo repõe 60% do valor esperado; para tráfego abaixo de 80%, o governo repõe 90% do valor esperado (na realidade, em “degrau”, ou seja, 60% do que faltar até 80% e 90% do que faltar de 80% em diante). Os repasses caso o tráfego esteja entre 110% e 120% ou acima de 120% são análogos e simétricos aos pagamentos.

$$\text{Preço de exercício: } X_{1i} = b_1 \bar{\theta}_i \quad (7.18)$$

$$\text{Payoff em tráfego}^{77}: C_{1i} = -y_1 \max(\theta_i - X_{1i}, 0) \quad (7.19)$$

$$\text{Payoff em receita: } RR_{1i} = C_{1i} \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.20)$$

$$\therefore RR_{1i} = -[y_1 \max(\theta_i - b_1 \bar{\theta}_i, 0)] \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.21)$$

A segunda *call* possui as seguintes características:

$$\text{Preço de exercício: } X_{2i} = b_2 \bar{\theta}_i \quad (7.22)$$

$$\text{Payoff em tráfego: } C_{2i} = -(y_2 - y_1) \max(\theta_i - X_{2i}, 0) \quad (7.23)$$

$$\text{Payoff em receita: } RR_{2i} = P_{2i} \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.24)$$

$$\therefore RR_{2i} = -[(y_2 - y_1) \max(\theta_i - b_2 \bar{\theta}_i, 0)] \cdot 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \quad (7.25)$$

Esta composição de garantias e repasses a cada período torna a receita mais estável do ponto de vista do concessionário. Graficamente, esta característica pode ser vista da seguinte forma<sup>78</sup>:

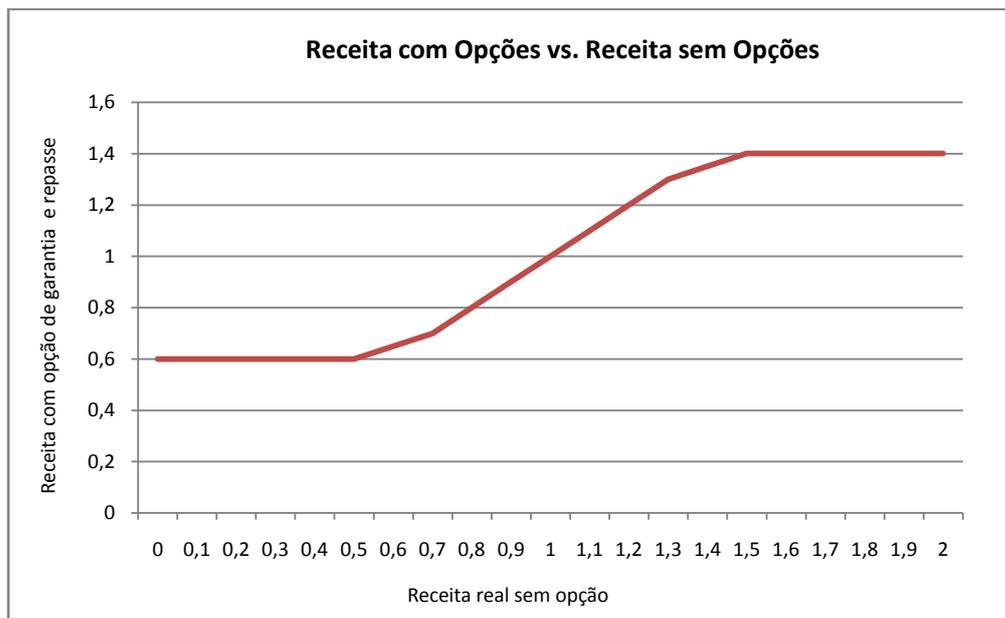


Figura 5 - Receita com Opções *versus* Receita sem Opções (caso com dois níveis de de piso e teto de tráfego)

Ao longo deste capítulo, na maior parte das análises, estará sendo considerado apenas um nível de opção de garantia e um nível opção de repasse a

<sup>77</sup> O sinal negativo indica com a *call* é tratada pelo concessionário, já que quem a detém é o governo. Diz-se que o concessionário está “vendido” na opção.

<sup>78</sup> Nessa exemplificação gráfica, foram considerados os seguintes dados  $a_1=70\%$ ,  $a_2=50\%$ ,  $b_1=130\%$ ,  $b_2=150\%$ ,  $y_1=50\%$  e  $y_2=100\%$ .

cada período do prazo de concessão. Nestes casos,  $a_i$  será chamado de piso de tráfego,  $b_i$  de teto de tráfego e  $y_i$  de percentual de recomposição (para a opção de garantias) e percentual de repasse (para a opção de repasse).<sup>79</sup>

### 7.2.1.1 Modelagem Analítica

Galera (2006) definiu em sua Tese de Doutorado que é possível calcular analiticamente o valor das opções de garantia por tráfego mínimo e repasse por tráfego máximo se a variável referente ao tráfego for definida seguindo um MGB. Na realidade, trata-se de uma aplicação da solução de Black, Scholes e Merton (1973).

Na modelagem analítica, considerando o processo do tráfego como MGB e os *payoffs* das opções nos vencimentos a cada ano do período de concessão, o valor das opções pode ser obtido por aplicação da fórmula de Black, Scholes e Merton (1973), assim como na tese de Galera (2006) descrita no Capítulo 5.

A equação diferencial para um derivativo  $F$  qualquer do tráfego  $\theta$  será:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2 F_i}{\partial \theta^2} \sigma^2 \theta^2 + (r - \delta) \theta \frac{\partial F_i}{\partial \theta} + \frac{\partial F_i}{\partial t} - r F_i = 0 \quad (7.26)$$

$$\text{ou} \quad \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F_i}{\partial \theta^2} \sigma^2 \theta^2 + (\alpha - \lambda \sigma) \theta \frac{\partial F_i}{\partial \theta} + \frac{\partial F_i}{\partial t} - r F_i = 0 \quad (7.27)$$

Aplicando a solução para o primeiro piso de garantia de tráfego (primeira *put*), considerando como condição de contorno o *payoff* em cada vencimento  $t = i$  da equação (7.13), o valor da receita garantida para um determinado período será, conforme a equação (6.29) do modelo de Galera (2006):

$$RG_{1i}(t = 0) = 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \cdot y_1 [a_1 \bar{\theta}_i e^{-rt} N(-d_2) - \theta_0 e^{(\alpha - \lambda \sigma - r)t} N(-d_1)] \quad (7.28)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{a_1 \bar{\theta}_i}\right) + \left(\alpha - \lambda \sigma + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma \sqrt{t}}$$

<sup>79</sup> Apenas na seção 7.4.2.2.4 será tratado um caso com dois níveis de garantia e repasse e a nomenclatura de  $a_2$ ,  $b_2$  e  $y_2$  será análoga.

$$e d_2 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{a_1 \bar{\theta}_i}\right) + \left(\alpha - \lambda\sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (7.29)$$

Para o primeiro teto de repasse de tráfego (primeira *call*), considerando como condição de contorno o *payoff* em cada vencimento  $t = i$  da equação (7.21), o valor da receita a ser repassada para um determinado período será, de forma análoga à equação (6.30) do modelo de Galera (2006):

$$RR_{1i}(t = 0) = -365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \cdot y_1 [\theta_0 e^{(\alpha - \lambda\sigma - r)t} N(d_1) - b_1 \bar{\theta}_i e^{-rt} N(d_2)] \quad (7.30)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{b_1 \bar{\theta}_i}\right) + \left(\alpha - \lambda\sigma + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$e d_2 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{b_1 \bar{\theta}_i}\right) + \left(\alpha - \lambda\sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (7.31)$$

O valor total das opções em  $t=0$  considerado por Galera (2006) é dado pelo somatório das equações acima para cada ano do período de concessão<sup>80</sup>. Considerando apenas um nível de piso e de teto de tráfego garantido, as garantias envolvem 25 *puts*, uma em cada ano, e os repasses envolvem 25 *calls*, uma em cada ano. Assim:

$$\text{Valor das Garantias} = \sum_{i=1}^{25} RG_{1i} \quad (7.32)$$

$$\text{Valor das Garantias} + \text{Repasses} = \sum_{i=1}^{25} RG_{1i}(t = 0) + RR_{1i}(t = 0) \quad (7.33)$$

Entretanto, se este for considerado o valor adicional ao VPL original, implicitamente estar-se-á supondo que a receita adicional (ou repassada) é adicionada (ou subtraída) diretamente ao fluxo de caixa final disponível ao acionista. Caso esta receita adicional ou repassada seja somada ou subtraída da receita original, impactando o lucro e ficando sujeita, por exemplo, ao pagamento ou abatimento de imposto de renda, deve-se optar pela simulação de Monte Carlo

<sup>80</sup> Neste trabalho, a metodologia analítica não foi aplicada para situações de dois níveis de piso e teto de tráfego. As fórmulas correspondentes a estes casos encontram-se no Apêndice 10.3.

para obtenção do valor exato adicionado ao VPL pela presença de opções. Para modelagem neste trabalho, são apresentados ambos os métodos e seus resultados.

### 7.2.1.2 Modelagem por Simulação de Monte Carlo

A forma alternativa de calcular o valor das opções de garantia e repasse é através da simulação de Monte Carlo, que pode ser utilizada qualquer que seja o processo estocástico definido para o tráfego, bastando que a discretização do movimento seja feita de forma adequada.

Brandão e Saraiva (2007) simulam os *payoffs* das opções em cada um dos 25 anos do prazo de concessão, sob neutralidade ao risco do tráfego, descontando-os a valor presente pela taxa livre de risco. O valor total da garantia é calculado como a soma dos valores esperados das opções.

Neste trabalho, para utilizar simulação de Monte Carlo e calcular o valor total de garantias e repasses, a modelagem será um pouco diferente, utilizando o conceito de VPL expandido (Trigeorgis, 1996). Ao simular os fluxos de caixa com e sem a presença destas opções, serão obtidos os VPL esperados em cada caso, de forma que o valor total de garantias e repasses será dado pela diferença entre os dois VPLs.

De forma mais rigorosa do que Galera (2006), neste caso, a receita adicional ou repassada é somada ou subtraída a partir da receita original, antes do cálculo do lucro líquido do período correspondente, e, por conseguinte, antes da incidência do imposto de renda<sup>81</sup>.

Para efeito de cálculo, tem-se que:

$$\begin{aligned} \text{Lucro Líquido} &= \\ &= (\text{Receita Original} + \text{Receita Adicional} - \text{Receita Repassada} \\ &\quad - \text{Custos Oper.} - \text{Custos de Manut.} - \text{Depreciação} - \text{Juros})(1 - IR) \end{aligned}$$

$$FC = \text{Lucro Líquido} + \text{Deprec.} - \text{Amortização} - \text{Investimento} \quad (7.34)$$

<sup>81</sup> Os exercícios de uma opção de garantia e de uma opção de repasse a cada período são mutuamente excludentes, de forma que as opções nunca serão exercidas ao mesmo tempo.

onde a Receita Adicional ou Receita Repassada é dada pelo *payoff* das opções definidas anteriormente em cada período.

Assim,

$$\text{Valor das Garantias} = \text{VPL com Garantias} - \text{VPL sem opções} \quad (7.35)$$

$$\begin{aligned} \text{Valor das Garantias + Repasses} \\ = \text{VPL com Garantias e Repasses} - \text{VPL sem opções} \end{aligned} \quad (7.36)$$

Como o lucro líquido é calculado após considerar a diferença de receita proveniente da existência das opções, o imposto de renda incide já sobre esta receita total<sup>82</sup> e apenas se o lucro for positivo.

Pelos resultados do modelo de simulação, será possível verificar que o cálculo analítico fornece valores diferentes e apenas aproximados para as opções de garantia e repasse.

### 7.2.2 Modelagem da Opção de Abandono

Segundo a abordagem de opções reais em estruturas de *project finance* com *limited recourse* proposta por Pollio (1998), o valor do projeto pode ser visto como uma seqüência de opções, de forma que o acionista deve comparar o valor esperado de continuação com o valor do saldo devedor do financiamento a cada instante em que ele paga uma parcela de dívida para decidir por abandonar ou não o projeto. Segundo o autor, o *payoff* da opção de abandono a cada instante é:

$$\max(\text{Valor de Continuação do Projeto} - \text{Saldo Devedor}, 0) \quad (7.37)$$

Tendo em vista que o valor do projeto é dado pela soma do patrimônio dos acionistas com a dívida, Pollio (1998) conclui que o acionista deve decidir pelo abandono caso seu patrimônio seja zero ou negativo.

Na realidade, o que ocorre no *project finance* é a limitação de responsabilidade do acionista. Ao se deparar, por exemplo, com um fluxo de caixa

<sup>82</sup> Receita Total = Receita Original + Receita Adicional – Receita Repassada

negativo em determinado período, ele teria a opção de injetar mais recursos ou não, comparando o valor de espera com o valor do abandono imediato.

Para verificar a influência desta opção sobre os valores do projeto, a metodologia adotada foi a otimização *backwards*. Seguindo o tráfego um MGB, pode ser montada uma árvore binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979) para tal variável, assumindo que, a cada nó, o tráfego no instante  $i$  e no estado  $s$ , dado por  $\theta_i^s$ , pode subir para  $u\theta_i^s$  ou cair para  $d\theta_i^s$ . Os parâmetros considerados para árvore são dados por<sup>83</sup>:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (7.38)$$

$$d = \frac{1}{u} = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (7.39)$$

$$q = \frac{e^{(r-\delta)\Delta t} - d}{u - d} \quad (7.40)$$

onde  $q$  é a probabilidade neutra ao risco de que tráfego irá subir<sup>84</sup>

$r$  é a taxa livre de risco

$\sigma$  é a volatilidade do tráfego

$\delta$  é a “taxa de conveniência” do tráfego

A partir da árvore binomial do tráfego, é construída uma árvore correspondente para os fluxos de caixa, incluindo em seu cálculo a receita, os custos operacionais, o custo de manutenção, a depreciação, o pagamento do serviço da dívida (juros e amortização) e os impostos.

De posse então da árvore do fluxo de caixa, calcula-se a árvore do valor do projeto de forma *backwards*, ou seja, começando no último período e caminhando até o instante inicial. Para tanto, considerando, a cada nó, a possibilidade de exercício da opção de abandono, tem-se<sup>85</sup>:

<sup>83</sup> Fórmulas em McDonald (2006), Capítulo , p. 347 e 359

<sup>84</sup> A probabilidade neutra ao risco será dada por uma ou por outra expressão, dependendo se as taxas são compostas continuamente ou são taxas discretas.

<sup>85</sup> O modelo escolhido assume custo de abandono igual a zero, mas pode ser adaptado para considerar custos adicionais de saída do projeto, como possíveis multas contratuais ou outros pagamentos acordados.

$$VPL_i^s = \max \left( FC_i^s + \frac{1}{(1+r)} [q \cdot VPL_{i+1}^u + (1-q)VPL_{i+1}^d], 0 \right) \quad (7.41)$$

onde  $VPL_i^s$  é o VPL no instante  $t = i$  e no estado  $s$

$FC_i^s$  é o fluxo de caixa no instante  $t = i$  e no estado  $s$

$r$  é a taxa livre de risco

$q$  é a probabilidade neutra ao risco

$VPL_{i+1}^u$  é o VPL no instante  $t = i + 1$  e no estado  $u$

$VPL_{i+1}^d$  é o VPL no instante  $t = i + 1$  e no estado  $d$

Uma vez construída a árvore do projeto, fica identificada uma região de abandono para um conjunto de nós. O momento de decisão pode ser representado por um valor do tráfego a cada período, que corresponde, aproximadamente, ao nó do primeiro estado em ocorre o abandono. Neste caso, seria o maior valor de tráfego daquele período para o qual a decisão de abandonar é ótima – chamado de gatilho de tráfego, pois, para valores abaixo dele, o abandono é a melhor decisão. De posse dos gatilhos de tráfego em todos os períodos, tem-se uma curva de gatilhos que define a região de abandono durante todo o prazo de concessão.

Em conjunto com as opções de garantia de tráfego mínimo e de repasse por tráfego máximo, as curvas de gatilho irão se alterar. Nestes casos, as árvores de fluxos de caixa devem ser recalculadas considerando as receitas adicionais recebidas ou repassadas em cada nó. As novas árvores de valores do projeto serão geradas com base também na otimização *backwards* e fornecerão as novas curvas de gatilho de tráfego em cada caso.

É também possível calcular a probabilidade e o tempo médio de abandono em cada situação, sem e com opções de garantia e repasse. Para tanto, é realizada a simulação real, pois a simulação neutra ao risco é apenas um artifício para desconto dos fluxos de caixa à taxa livre de risco.

Para cada iteração da simulação real, verifica-se se o tráfego em algum período atinge o valor determinado de gatilho. Se atingir, para o primeiro momento em que isso acontecer, toma-se o valor do período correspondente e os fluxos seguintes são zerados<sup>86</sup>.

<sup>86</sup> Só pode ocorrer até um abandono por cada iteração.

A probabilidade de abandono é calculada como o número total de iterações em que ocorreu abandono (em qualquer período que tenha ocorrido) dividido pelo número total de iterações da simulação. O tempo médio de abandono é calculado como a soma de todos os períodos de abandono dividida pelo número total de iterações em que ocorreu abandono, ou seja, como a média dos valores dos períodos computados dado que ocorreu um abandono na iteração considerada.

*Probabilidade de Abandono*

$$= \frac{\text{número de iterações com abandono}}{\text{número total de iterações da simulação}} \quad (7.42)$$

*Tempo Médio de Abandono*

$$= \frac{\sum \text{períodos em que ocorreu abandono}}{\text{número de iterações com abandono}} \quad (7.43)$$

Ao se considerar esta opção de abandono e a interação entre opções presentes em um determinado projeto, o valor conjunto de todas as opções não é simplesmente a soma delas. A presença de uma opção influencia no valor da outra (Trigeorgis, 1996) de forma que as opções de garantia e repasse podem perder valor se comparadas com o caso sem abandono.

A garantia de recomposição de receita para determinados níveis de tráfego, bem como sua combinação com o repasse de receita para outros níveis de tráfego, teria uma função importante além de aumentar o valor esperado do projeto e diminuir o seu risco para o acionista. Ela pode ser desenhada de forma a minimizar a probabilidade de abandono do projeto por parte do acionista, o que seria uma conseqüente redução do risco percebido pelos credores.

### 7.3 Simulação Neutra ao Risco

Sendo o tráfego modelado como MGB, a discretização para a simulação real adequada para este movimento é:

$$\theta_{t+\Delta t} = \theta_t e^{\left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}} \quad (7.44)$$

onde  $\Delta t = 1$  ano e  $\varepsilon \sim N(0,1)$

$$\therefore \theta_{t+1} = \theta_t e^{\left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2}\right) + \sigma \varepsilon} \quad (7.45)$$

Pela modelagem apresentada no Capítulo 5, a discretização para a simulação neutra ao risco adequada para este movimento dada pela equação (5.31) é:

$$\theta_{t+\Delta t} = \theta_t e^{\left(\alpha - \lambda\sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t}} \quad (7.46)$$

onde  $\Delta t = 1$  ano e  $\varepsilon \sim N(0,1)$

$$\therefore \theta_{t+1} = \theta_t e^{\left(\alpha - \lambda\sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right) + \sigma\varepsilon} \quad (7.47)$$

O parâmetro  $\lambda$  é o preço de mercado do risco associado ao tráfego  $\theta$ , que pode ser calculado pela equação (5.27) como:

$$\lambda = \frac{\rho_{\theta,m}}{\sigma_m} (\mu_m - r) \quad (7.48)$$

onde  $\rho_{\theta,m}$  é a correlação entre o tráfego e um índice de mercado (no caso, o IBovespa)

$\mu_m$  é o retorno esperado do índice de mercado (IBovespa)

$\sigma_m$  é a volatilidade do índice de mercado (IBovespa)

Para o cálculo de  $\lambda$  foram considerados os seguintes dados, constantes do Apêndice 10.4:

- Variação trimestral do Índice ABCR de Atividade (Brasil), do primeiro trimestre do ano 2000 ao segundo trimestre do ano de 2007<sup>87</sup>, considerando o total de veículos que trafega nas rodovias concedidas.
- Variação trimestral do IBovespa para o mesmo período, considerando a variação nominal e a variação deflacionada pelo índice de inflação, no caso o IGP-DI.

<sup>87</sup> Acessado em <http://www.abcr.org.br> em 6/11/2007. Este índice é produzido pela Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias em conjunto com a Tendências Consultoria Integrada. A série utiliza como número índice 100 no início do ano de 1999.

A correlação entre a variação do tráfego e variação do IBovespa para o período considerado foi de 0,39. A correlação entre a variação do tráfego e variação do IBovespa deflacionado, utilizando como índice de inflação o IGP-DI, foi de 0,35. Para a variação dos dados mensais do IBovespa durante o período acima, a volatilidade medida foi de 29,84% a.a..

Neste trabalho, foram considerados os seguintes dados como base:

$$\rho_{\theta,m} = 0,4$$

$$\mu_m = 12\%$$

$$\sigma_m = 25\%$$

Deste modo, obtém-se:

$$\lambda = 0,096$$

e o valor do prêmio de risco do tráfego será:

$$\pi = \lambda\sigma = 0,96\%$$

Do Capítulo 5, a tendência neutra ao risco  $\alpha^*$  pode ser escrita como:

$$\alpha^* = \alpha - \lambda\sigma = r - \delta \quad (7.49)$$

Tomando novamente os dados desta modelagem, é necessário considerar que o tráfego apresentará uma taxa de fluxo (como a de conveniência ou dividendos) que pode ser calculada como:

$$\alpha^* = 4\% - 0,96\% = 6\% - \delta$$

$$\therefore \delta = 2,96\%$$

## 7.4 Resultados

Conforme a metodologia descrita, são apresentados os resultados do projeto sem presença de opções, com presença apenas de garantia de piso mínimo de tráfego e com presença de garantia de piso mínimo e repasse por teto máximo de tráfego – considerando a metodologia analítica e por simulação de Monte Carlo.

São calculados também o VPL e a TIR de cada situação, bem como a influência de uma possível capacidade máxima de veículos na rodovia.

Em seguida, é avaliada a opção de abandono por parte do acionista, considerando tanto o projeto sem opções como com opções de garantia e repasse. São apresentadas e comparadas as probabilidades e o tempo médio de abandono em cada situação, tomando-se exemplos de um e de dois níveis de garantia e repasse.

#### 7.4.1 Projeto sem a Presença de Opções

Tendo em vista que não se dispõe de uma taxa de desconto ajustada ao risco do projeto, optou-se por utilizar a simulação neutra ao risco do tráfego também para avaliar o VPL sem a presença de opção.

Para realizar as simulações de Monte Carlo, foi utilizado o programa @Risk e, para cada resultado obtido ao longo deste capítulo através deste método, foram realizadas 5.000 iterações em praticamente todas as simulações.

Sem a presença de opções, o VPL esperado obtido por simulação (com 10.000 iterações) foi de R\$ 70.503 mil. Pode-se observar pelo histograma de seus valores o alto risco associado ao projeto, dada a sua grande volatilidade, proveniente do risco de tráfego. O desvio-padrão da distribuição foi de R\$ 612.525 mil.

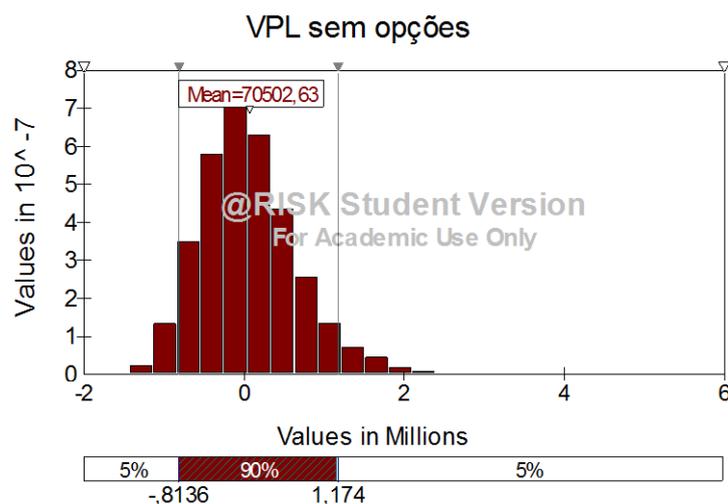


Figura 6 - Distribuição do VPL sem opções

O gráfico apresenta características de lognormalidade, como esperado. O risco associado ao VPL é bastante alto e justificaria uma iniciativa do governo para tornar o projeto mais atrativo à participação do setor privado.

Muitas vezes nas simulações ocorreram situações de mais de uma inversão de sinal ou situações em que os fluxos eram extremamente negativos, de modo que a avaliação da TIR pela média das observações dos diversos caminhos simulados acaba ficando prejudicada, pois o programa apresenta muitas vezes erros ao não conseguir considerá-la nestes casos. Para seu cálculo, optou-se, então, por utilizar os fluxos de caixa esperados da simulação real em cada período. Com estes dados, torna-se possível obter duas informações: um valor esperado para a TIR e uma estimativa para a taxa de desconto ajustada ao risco.

Dados os valores esperados dos fluxos de caixa reais, a TIR pode ser obtida, por definição, como a taxa de desconto à qual, descontando-se estes fluxos, obtém-se VPL igual a zero. Além disso, a partir do VPL já calculado, calcula-se de forma iterativa a taxa ajustada ao risco que deveria ser utilizada para descontar estes fluxos e se obter o mesmo VPL.<sup>88</sup>

Os fluxos de caixa esperados a cada ano pela simulação real foram:

---

<sup>88</sup> O VPL obtido pela simulação neutra ao risco descontando os fluxos neutros ao risco pela taxa livre de risco é, por definição, igual ao VPL obtido pela simulação real descontando os fluxos de caixa reais pela taxa ajustada ao risco.

Período	FC real esperado (R\$ mil)
0	(150.000)
1	(208.000)
2	(2.576)
3	(17.212)
4	(7.041)
5	2.895
6	12.661
7	22.344
8	32.028
9	41.786
10	36.185
11	46.504
12	57.007
13	67.655
14	78.525
15	89.638
16	90.828
17	114.552
18	134.876
19	144.542
20	154.627
21	165.089
22	175.810
23	186.906
24	198.493
25	210.755

Tabela 9 - Fluxo de caixa real esperado sem opções

A partir destes dados, a TIR obtida foi de 9,91% a.a.. Considerando ainda o VPL médio igual a R\$ 70.503 mil, a taxa de desconto  $k$  ajustada ao risco obtida foi de:

$$k = 8,78\% \text{ a. a.}$$

Considerando os dados utilizados, pode-se calcular o prêmio de risco  $\pi$ , sabendo-se que:

$$k = r + \pi$$

$$8,78 = 6 + \pi$$

$$\therefore \pi = 2,78\% \text{ a. a.}$$

## 7.4.2 Projeto com a Presença de Opções

### 7.4.2.1 Projeto com Opções de Garantia por Tráfego Mínimo e Repasse por Máximo

Inicialmente, foi avaliada a presença apenas de opções de garantia por tráfego mínimo e, em seguida, a interação entre ela e a opção de repasse por tráfego máximo, quando ambas existem em conjunto.

Para a avaliação da garantia de tráfego mínimo, variou-se  $a_1$  de 50% a 90%, ou seja, o governo paga alguma receita adicional ao concessionário caso o tráfego esteja abaixo de um determinado nível  $a_1$  do tráfego esperado. Foi considerado apenas um nível de piso a cada período. Graficamente, a situação pode ser exemplificada como:

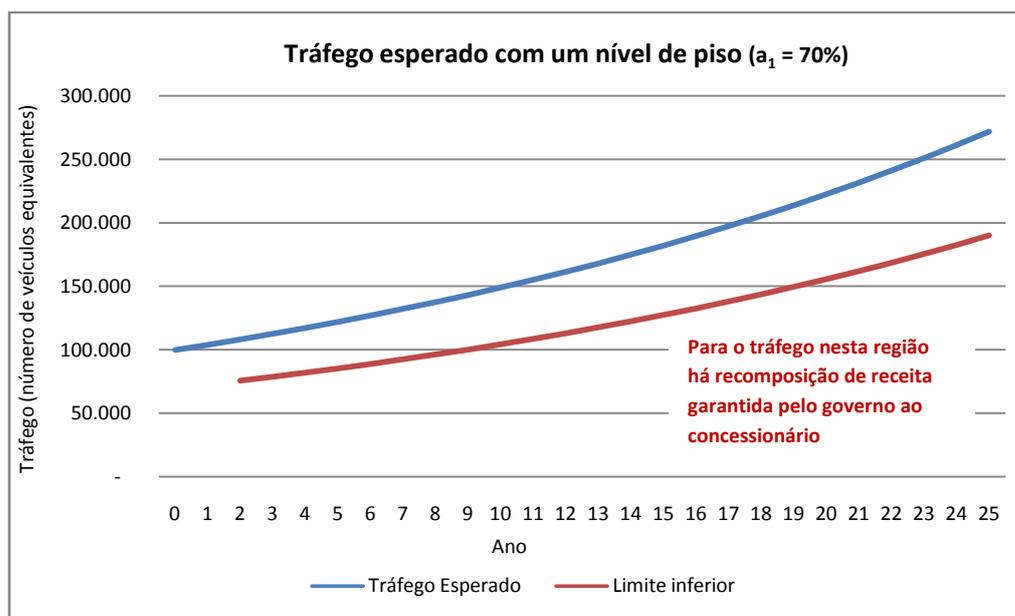


Figura 7 - Tráfego esperado com um nível de piso

Esta receita adicional a ser paga pelo governo pode ser um percentual  $y_1$  da diferença entre a receita do nível de tráfego predeterminado por  $a_1$  sobre o tráfego esperado e a receita real (dada pelo tráfego real). Foram analisados os casos de  $y_1$  igual a 50%, 60%, 70%, 80%, 90% e 100% para cada nível de  $a_1$  considerado, segundo o *payoff* dado pela equação (7.13).

A presença da garantia de tráfego mínimo apenas, sem considerar o repasse, limita a perda do concessionário, mas permite um ganho ilimitado. Neste caso, do

ponto de vista do governo, seu desembolso é ilimitado devido à possibilidade de grandes quedas no tráfego e não há contrapartida de nenhum recebimento caso o tráfego apresente grandes crescimentos. Gráficamente, a situação pode ser representada por<sup>89</sup>:

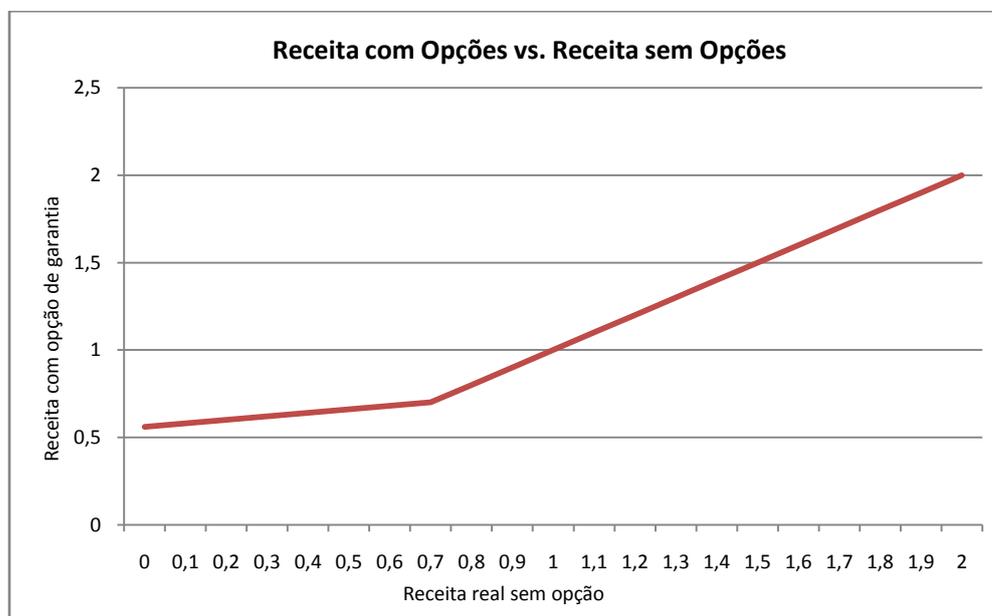


Figura 8 - Receita com opções *versus* Receita sem opções (caso com um nível de piso de tráfego)

Para avaliar a existência conjunta de opção de garantia de tráfego mínimo e repasse por tráfego máximo, foram realizadas composições simétricas de pisos e tetos. Variou-se  $a_1$  de 50% a 90%, ou seja, o governo paga alguma receita adicional ao concessionário caso o tráfego esteja abaixo de um determinado nível  $a_1$ , variando de 50% a 90% do tráfego esperado. Da mesma forma, variou-se  $b_1$ , de forma simétrica, de 110% (correspondente ao piso de 90%) a 150% (correspondente ao piso de 50%), de modo que o concessionário repassa parte da receita que esteja acima de um determinado nível  $b_1$  do tráfego esperado. Foram considerados apenas um nível de piso e um nível de teto. Gráficamente, a situação pode ser exemplificada como:

<sup>89</sup> Nessa exemplificação gráfica, foram considerados  $a_1=70\%$  e  $y_1=80\%$ , correspondendo à situação em que o governo recompõe 80% da receita que faltar para um nível de 70% do tráfego esperado.

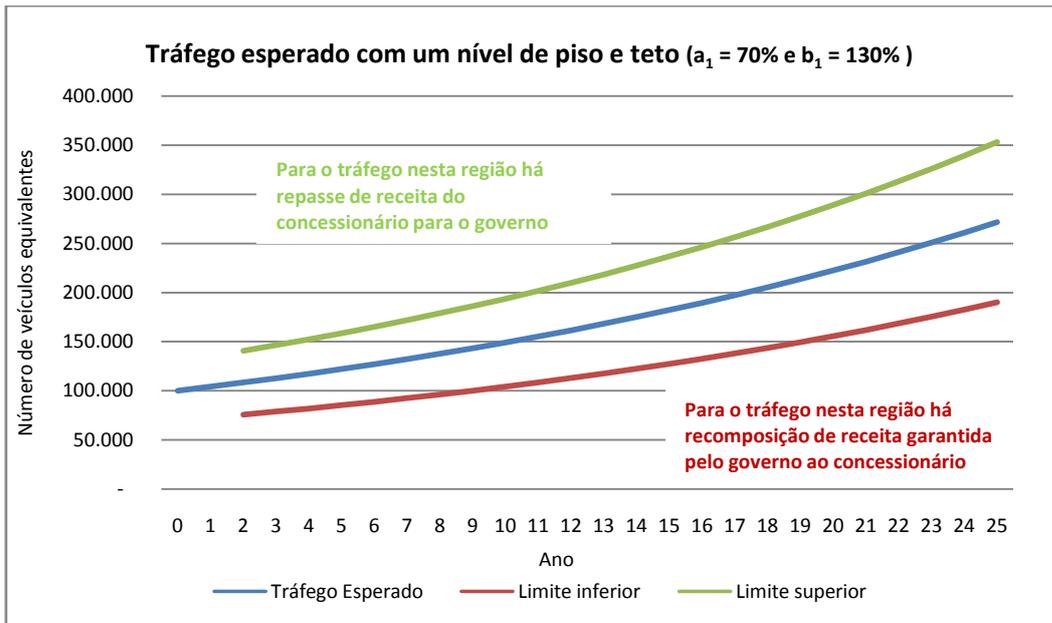


Figura 9 - Tráfego esperado com um nível de piso e teto

A receita adicional pode ser um percentual  $y_1$  da diferença entre a receita do nível de tráfego pré-determinado por  $a_1$  sobre o tráfego esperado e a receita real (dada pelo tráfego). A receita repassada, simetricamente, também será percentual  $y_1$  da diferença entre o tráfego real e do nível predeterminado por  $b_1$ . Foram analisados os casos de  $y_1$  igual a 50%, 60%, 70%, 80%, 90% e 100% para cada nível de  $a_1$  e  $b_1$  considerado, segundo as equações (7.13) e (7.21).

A presença da garantia por um piso de tráfego combinada com o repasse de receita por um teto de tráfego tem como objetivo limitar tanto as perdas quanto os ganhos do concessionário. Neste caso, do ponto de vista do governo, seu desembolso pode até ser alto a grandes quedas no tráfego<sup>90</sup>, mas há contrapartida de recebimento em caso de grandes crescimentos. Graficamente, a situação pode ser representada por<sup>91</sup>:

<sup>90</sup> Uma maneira de limitar o desembolso do governo é considerar um teto para o desembolso total acumulado durante todo o período de concessão, conforme proposto por Brandão e Saraiva (2007). Ao atingir este limite em determinado período, o governo não mais oferece a garantia de tráfego mínimo nos períodos subsequentes.

<sup>91</sup> Nessa exemplificação gráfica, foram considerados  $a_1=70\%$ ,  $b_1=130\%$  e  $y_1=80\%$

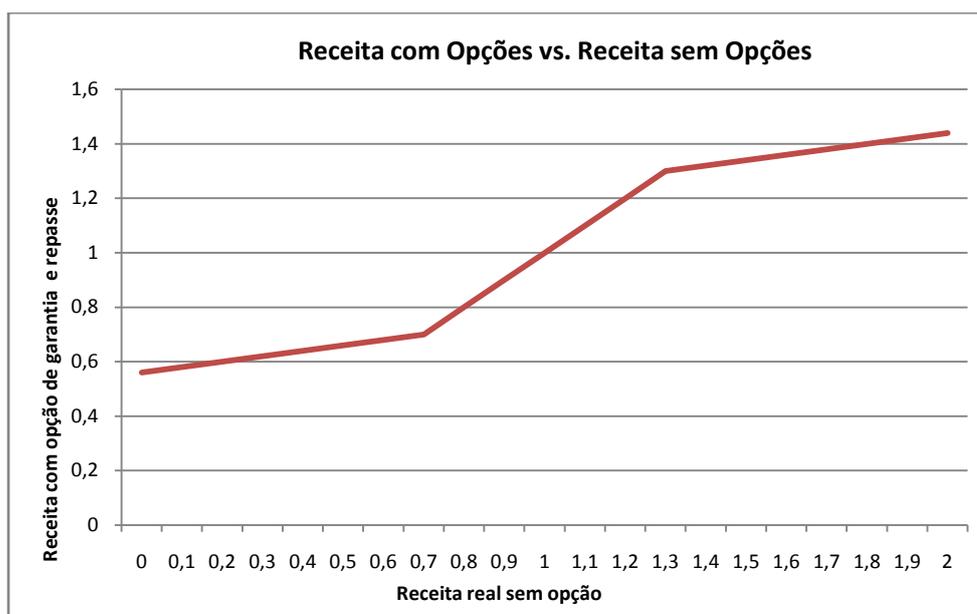


Figura 10 - Receita com opções *versus* Receita sem opções (caso com um nível de piso e teto de tráfego)<sup>92</sup>

#### 7.4.2.1.1 Metodologia Analítica

Considerando apenas as opções de garantia, pela fórmula analítica de cálculo dos valores das 25 *puts* dados pelas equações (7.28), (7.29) e (7.32), os resultados obtidos foram:

#### Valor total das opções de garantia calculado analiticamente (R\$ mil)

Percentual do tráfego esperado ( $a_i$ )	Com recomposição de ( $y_i$ )					
	50%	60%	70%	80%	90%	100%
50%	13.700	16.440	19.180	21.920	24.660	27.400
60%	34.320	41.184	48.048	54.913	61.777	68.641
70%	70.305	84.366	98.427	112.488	126.549	140.610
80%	125.583	150.699	175.816	200.932	226.049	251.166
90%	202.899	243.479	284.059	324.639	365.219	405.799

Tabela 10 - Valor total das opções de garantia calculado analiticamente

Graficamente para a comparação dos valores de garantia, tem-se:

<sup>92</sup> Nessa exemplificação gráfica, foram considerados  $a_i=70\%$ ,  $b_i=130\%$  e  $y_i=80\%$ , correspondendo à situação em que o governo recompõe 80% da receita que faltar para um nível de 70% do tráfego esperado e o concessionário repasse 80% da receita que exceder um nível de 130% do tráfego esperado.

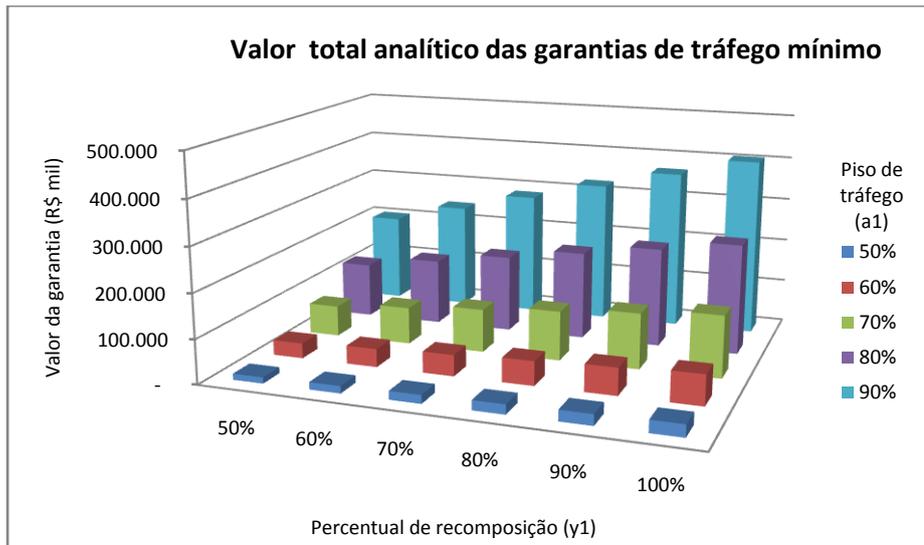


Figura 11 - Valor total analítico das garantias de tráfego mínimo

Os valores das opções aumentam de forma proporcional ao percentual de recomposição, para todos os pisos considerados. Ou seja, o valor total das opções para 100% de recomposição é duas vezes o valor para 50% de recomposição, por exemplo, qualquer que tenha sido o piso considerado. Isto porque o percentual de recomposição é um fator que multiplica a equação analítica do valor da opção, dado pela equação (7.28).

Considerando apenas a situação de recomposição de 100% para diversos pisos de tráfego (ou seja,  $a_1 = 50\%$ ,  $60\%$ ,  $70\%$ ,  $80\%$  e  $90\%$ ;  $y_1 = 100\%$ ), pode-se verificar graficamente como a opção de garantia em cada ano contribui para o valor total das opções.

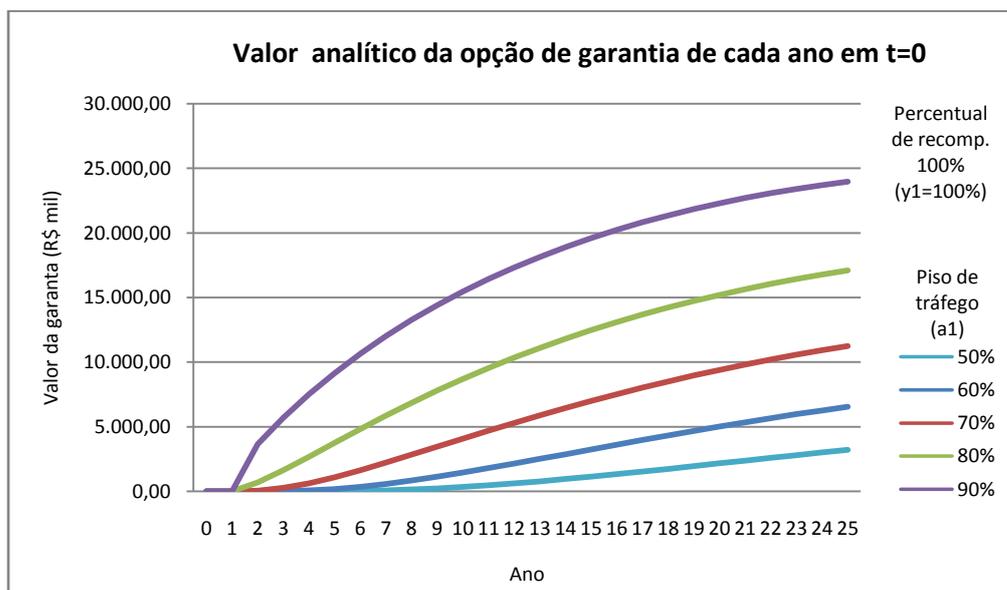


Figura 12 - Valor analítico da opção de garantia de cada ano em t=0

Para todos os percentuais de piso considerados, o valor da opção de cada ano vai aumentando, de forma que as opções presentes nos anos finais da concessão apresentam valores presentes bem maiores do que as dos anos iniciais, dado que o prazo de expiração vai aumentando.

Considerando a presença conjunta das opções de garantia e de repasse, pela fórmula analítica de cálculo dos valores das 25 *puts* e das 25 *calls* dados pelas equações (7.28) a (7.31) e (7.33), os resultados obtidos foram:

### Valor conjunto das opções de garantia e repasse calculados analiticamente

(R\$ mil)

Com recomposição e repasse de ( $y_I$ )						
Percentual do tráfego esperado ( $a_I / b_I$ )	50%	60%	70%	80%	90%	100%
50% / 150%	(4.914)	(5.896)	(6.879)	(7.862)	(8.845)	(9.827)
60% / 140%	7.837	9.404	10.971	12.539	14.106	15.674
70% / 130%	32.088	38.506	44.923	51.341	57.759	64.176
80% / 120%	69.600	83.520	97.440	111.360	125.280	139.200
90% / 110%	119.764	143.717	167.670	191.623	215.576	239.529

Tabela 11 - Valor conjunto das opções de garantia e repasse calculado analiticamente

Pelo método analítico, quando o valor das opções de repasse supera o das de garantia, como no caso de  $a_I = 50\%$  e  $b_I = 150\%$ , quanto maior o percentual de recomposição e repasse ( $y_I$ ), mais a de repasse cresce em relação à de garantia. Quando a garantia supera a de repasse, ocorre o oposto.

Graficamente para a comparação dos valores de garantia, tem-se de forma equivalente ao caso apenas de garantias:

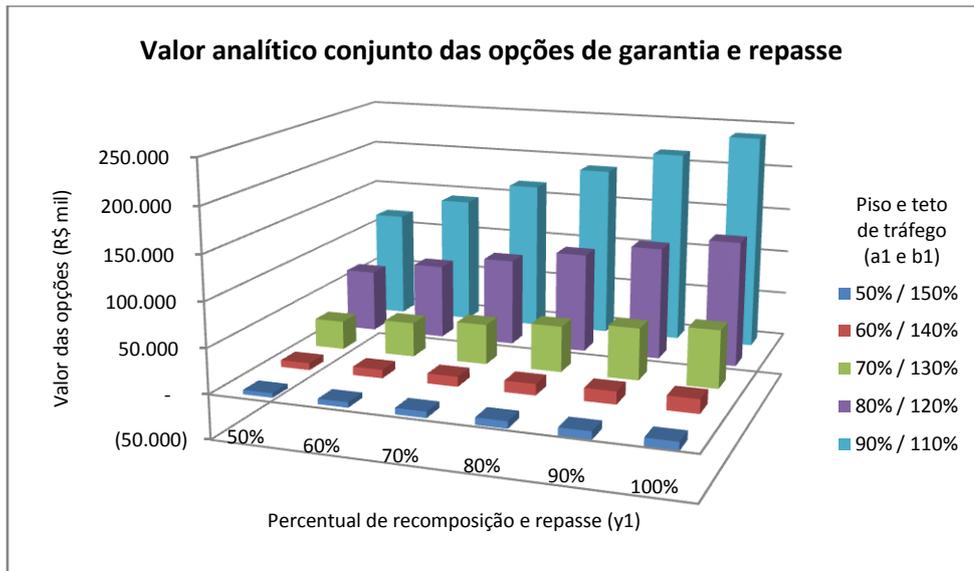


Figura 13 - Valor analítico conjunto das opções de garantia e repasse

Considerando apenas a situação de recomposição e repasse de 100% para as combinações de níveis de tráfego de piso e teto (ou seja,  $a_1 / b_1 = 50\% / 150\%$ ,  $60\% / 140\%$ ,  $70\% / 130\%$ ,  $80\% / 120\%$  e  $90\% / 110\%$ ;  $y_1 = 100\%$ ), pode-se verificar graficamente como a opção de garantia em cada ano contribui para o valor total das opções.

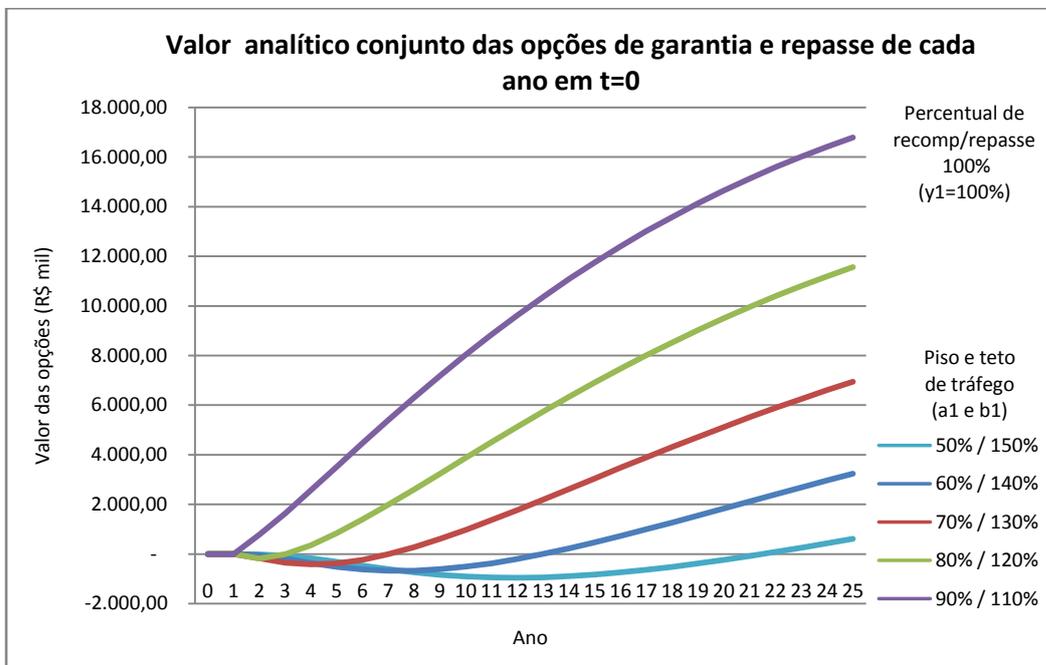


Figura 14 - Valor analítico conjunto das opções de garantia e repasse de cada ano em t=0

Quando são combinadas opções de garantia e repasse, exceto no nível de 90% / 110% do tráfego, o valor total em cada ano destas opções fica negativo por

um determinado período, atingindo um ponto mínimo. Quanto menor o nível de tráfego garantido – e maior o nível para o qual há repasse – mais a frente no tempo se dá este ponto de mínimo. Tanto que para o menor nível de tráfego garantido considerado combinado com o maior nível de repasse - que é o caso de 50% / 150% - apenas a combinação das opções anuais nos últimos 4 anos é que adicionam valor ao projeto.

Isto significa que nos anos iniciais as opções de repasse superam mais as opções de garantia, quanto menor o nível de tráfego garantido (combinado com o maior nível de tráfego para repasse).

#### 7.4.2.1.2 Método por Simulação de Monte Carlo

Pela simulação de Monte Carlo neutra ao risco, o fluxo de caixa é construído de forma que a diferença de receita recebida ou repassada impacta o lucro. O valor adicionado pela presença das opções foi calculado subtraindo o VPL esperado do caso sem opções do VPL com a presença apenas de garantia ou com a presença de garantia e repasse, segundo as equações (7.32) e (7.33).

Primeiramente, foram avaliados os casos somente com opção de garantia. Os valores das simulações constam do Apêndice 10.5.1. Os dados obtidos para os valores das opções e os erros em relação aos cálculos analíticos, da Tabela 10, foram:

#### Valor total das opções de garantia calculado por simulação (R\$ mil)

		Com recomposição de ( $y_I$ )										
%		50%	60%	70%	80%	90%	100%					
tráfego esp. ( $a_I$ )												
<b>50%</b>	12.072	-12%	13.415	-18%	15.076	-21%	18.764	-14%	19.795	-20%	21.701	-21%
<b>60%</b>	27.759	-19%	33.639	-18%	37.046	-23%	41.834	-24%	48.112	-22%	53.482	-22%
<b>70%</b>	56.347	-20%	67.531	-20%	77.845	-21%	89.272	-21%	99.771	-21%	110.236	-22%
<b>80%</b>	101.706	-19%	117.805	-22%	139.380	-21%	160.006	-20%	177.588	-21%	194.940	-22%
<b>90%</b>	161.791	-20%	194.615	-20%	222.830	-22%	252.092	-22%	282.958	-23%	312.184	-23%

Tabela 12 - Valor total das opções de garantia calculado por simulação

A diferença entre os dados analíticos e por simulação foi de cerca de 20% em todos os casos, sempre na mesma direção, ou seja, os valores analíticos são maiores do que os calculados por simulação em todos os casos.

O método por simulação pressupõe que há acerto de imposto de renda sobre a receita adicional, de forma que em alguns períodos, mesmo quando a opção é exercida e há recebimento de receita adicional, o lucro pode ainda ser negativo e não haver incidência de imposto de renda. Por outro lado, quando o lucro for positivo, o imposto de renda incidirá sobre o valor do período.

Graficamente, a comparação dos valores das opções entre si para os diversos níveis de pisos de tráfego e percentuais de recomposição não muda muito, conforme apresentado abaixo:

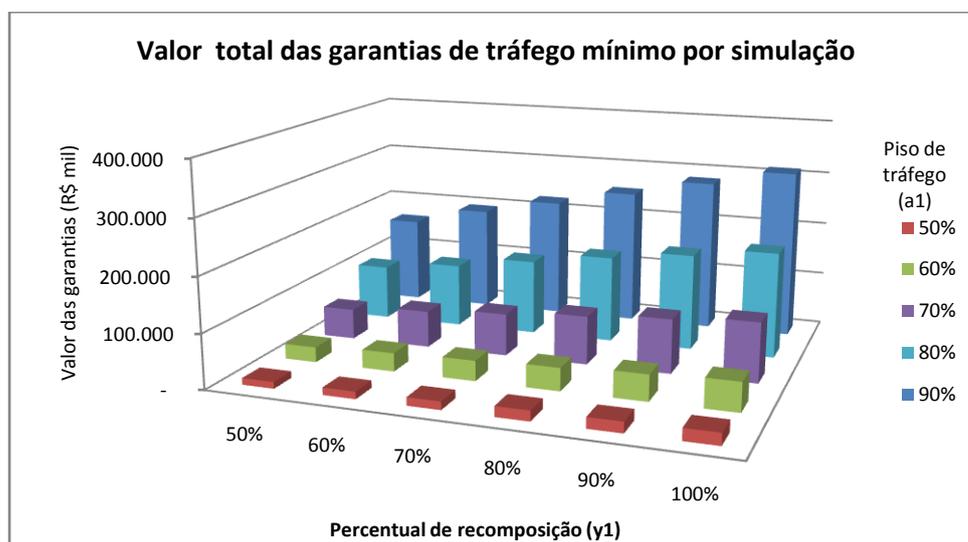


Figura 15 - Valor total das garantias de tráfego mínimo por simulação

Quanto à evolução ano a ano<sup>93</sup>, considerando apenas a situação de recomposição de 100% para diversos pisos de tráfego (ou seja,  $a_1 = 50\%$ ,  $60\%$ ,  $70\%$ ,  $80\%$  e  $90\%$ ;  $y_1 = 100\%$ ), pode-se verificar que o comportamento gráfico apresenta algumas diferenças em relação ao método analítico.

<sup>93</sup> Para cálculo do valor da opção de garantia de cada ano em  $t=0$ , foram calculados os valores esperados do fluxo de caixa neutro ao risco ano a ano, sem e com garantia, e descontados à taxa livre de risco. O valor adicionado pelas opções a cada ano é a diferença entre os valores presentes dos fluxos de cada ano.

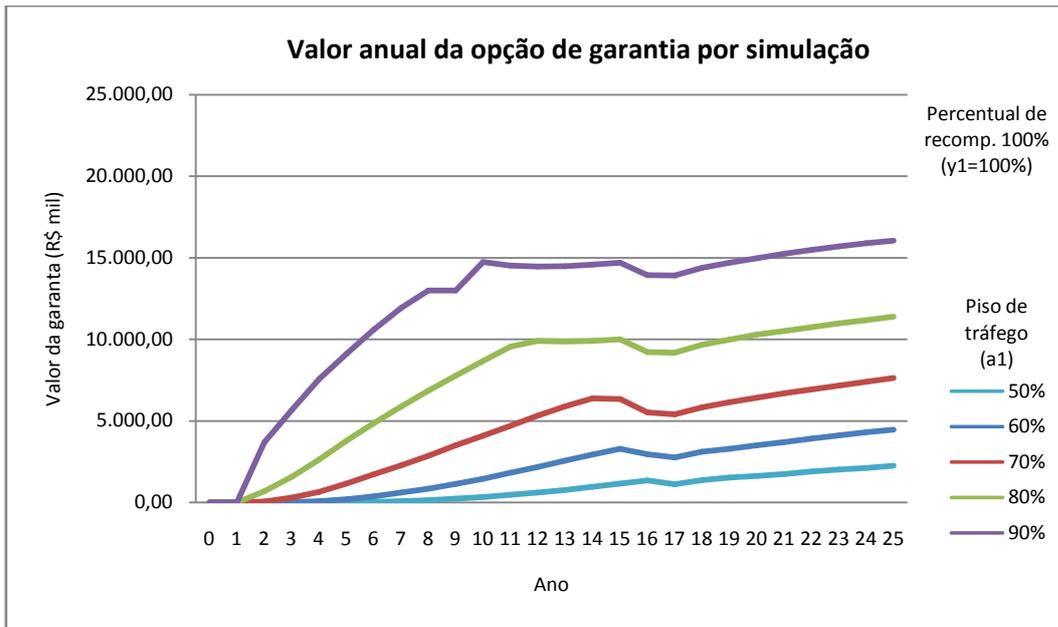


Figura 16 - Valor da opção de garantia de cada ano em t=0 por simulação

Para todos os pisos considerados, a tendência é de crescimento, ou seja, as opções com vencimento mais longe tendem a ter maior valor, como anteriormente. Entretanto, o valor por volta do ano 15 cai um pouco e depois volta a subir. A diferença está no nível de custos, que cai a partir de certo momento por causa do fim da depreciação e dos juros e que impactam o imposto de renda – tendo em vista o tratamento dado ao fluxo de caixa no modelo por simulação.

Em seguida, foram avaliados os casos com opções de garantia e repasse. Os valores das simulações constam do Apêndice 10.5.2 e os dados obtidos para as opções e os erros em relação aos cálculos analíticos, da Tabela 11, foram:

**Valor conjunto das opções de garantia e repasse calculados por simulação**

		Com recomposição de (y <sub>t</sub> )											
		50%		60%		70%		80%		90%		100%	
Percentual do tráfego esperado (a <sub>t</sub> / b <sub>t</sub> )													
50% / 150%	(2.285)	53%	(698)	88%	(2.986)	57%	1.251	-116%	(2.023)	77%	(2.991)	70%	
60% / 140%	8.990	15%	12.166	29%	12.647	15%	15.089	20%	17.722	26%	17.970	15%	
70% / 130%	29.567	-8%	37.118	-4%	41.322	-8%	50.364	-2%	53.823	-7%	59.581	-7%	
80% / 120%	63.394	-9%	74.735	-11%	86.058	-12%	98.282	-12%	109.855	-12%	118.942	-15%	
90% / 110%	107.739	-10%	126.364	-12%	146.176	-13%	163.975	-14%	182.744	-15%	199.310	-17%	

Tabela 13 - Valor conjunto das opções de garantia e repasse calculado por simulação

Diferentemente do caso em que há apenas garantia, as diferenças entre os valores não seguem um padrão (podendo ser inclusive negativas ou positivas) quando são consideradas as opções de garantia e repasse. No caso de piso de 50% e teto de 150% do tráfego esperado, os valores analíticos e por simulação são praticamente todos negativos, de forma que a variação positiva indica que o valor por simulação é menos negativo do que o analítico.

O repasse de receita em determinados períodos pode diminuir o lucro, fazendo com que o imposto pago seja menor, enquanto que o recebimento de garantia pode aumentá-lo, fazendo com que o imposto seja maior se o lucro for positivo, ou se mantenha o mesmo quando o lucro for zero.

Graficamente, tem-se a comparação dos valores das opções entre si para os diversos níveis de pisos de tráfego e percentuais de recomposição:

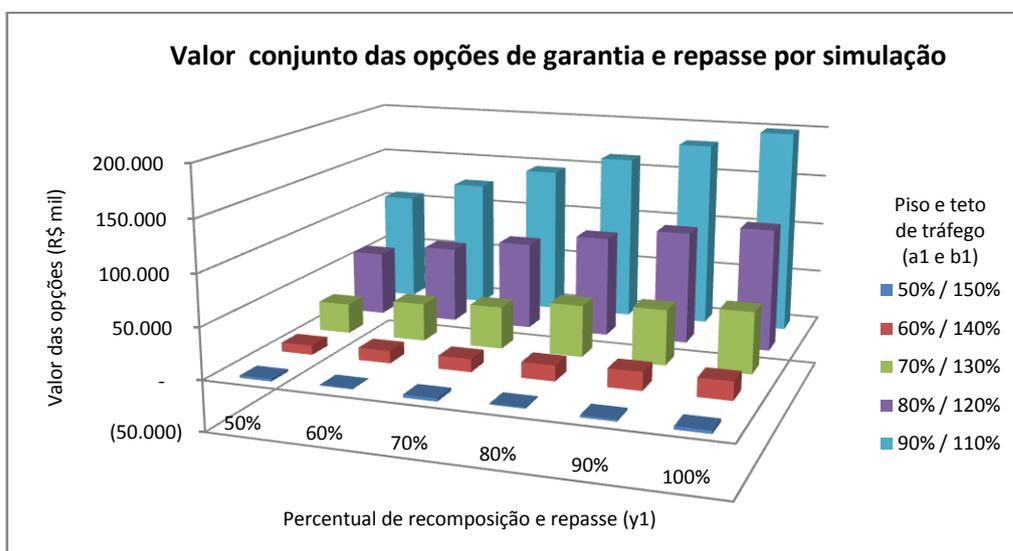


Figura 17 - Valor conjunto das opções de garantia e repasse por simulação

Quanto à evolução ano a ano<sup>94</sup>, considerando apenas a situação de recomposição e repasse de 100% para diversos níveis de tráfego de piso e teto (ou seja,  $a_1 / b_1 = 50\% / 150\%$ ,  $60\% / 140\%$ ,  $70\% / 130\%$ ,  $80\% / 120\%$  e  $90\% / 110\%$ ;  $y_1 = 100\%$ ), pode-se verificar que o comportamento gráfico apresenta diferenças em relação ao método analítico.

<sup>94</sup> Para cálculo do valor da opção de garantia de cada ano em  $t=0$ , foram calculados os valores esperados do fluxo de caixa neutro ao risco ano a ano, sem opções e com garantias e repasses, e descontados à taxa livre de risco. O valor adicionado pelas opções a cada ano é a diferença entre os valores presentes dos fluxos de cada ano.

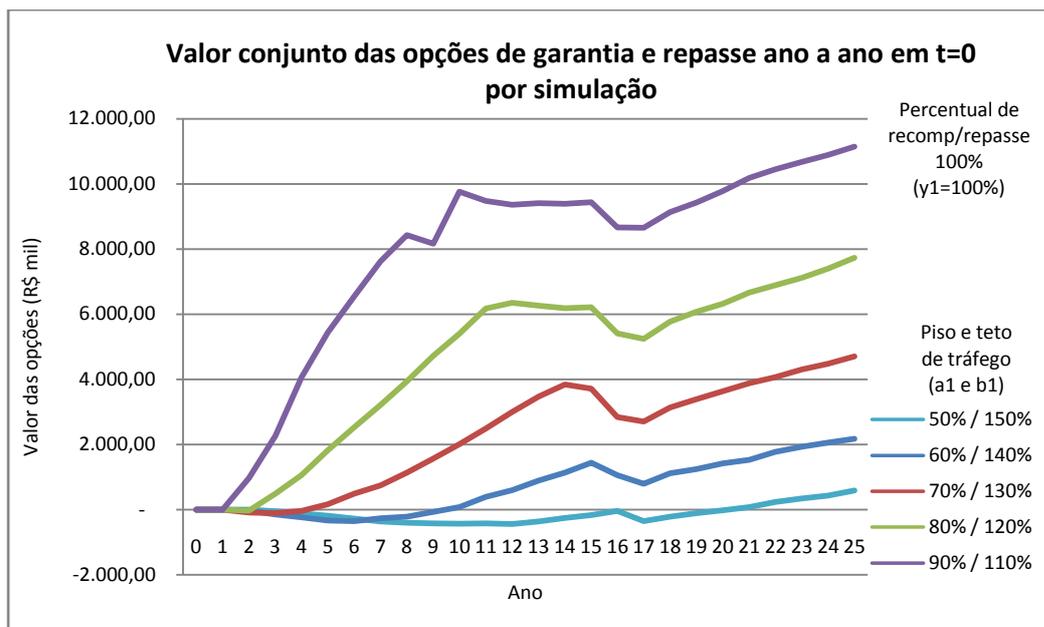


Figura 18 - Valor conjunto das opções de garantia e repasse ano a ano em t=0 por simulação

Quando são combinadas opções de garantia e repasse, exceto no nível de 90% / 110% do tráfego, o valor ano a ano destas opções chega a ser negativo durante alguns anos. Quanto menor o nível de tráfego garantido – e maior o nível para o qual há repasse – este período abrange mais anos, como anteriormente. Novamente para o menor nível de tráfego garantido considerado combinado com o maior nível de repasse - que é o caso de 50% / 150% - apenas a combinação das opções anuais nos últimos 5 anos é que adicionam valor ao projeto. Isto significa que nos anos iniciais as opções de repasse superam as opções de garantia, quanto menor o nível de tráfego garantido (combinado com o maior nível de tráfego para repasse).

As curvas apresentam uma tendência de crescimento. Entretanto, em todas elas, em algum momento durante o prazo total da concessão, o valor conjunto das opções cai, voltando a subir alguns anos na frente. Isto decorre da mudança do nível de custos que podem ser abatidos do lucro, como o fim da depreciação e dos juros.

Comparando o método analítico com o método por simulação, verifica-se a diferença no cálculo dos valores das opções proveniente do efeito de compensação no imposto de renda causado pela receita adicional e pela receita repassada, provenientes das garantias e repasses. Quando é utilizada a simulação, os cálculos são mais rigorosos, pois efetivamente a receita adicionada ou repassada impacta o

lucro – o que é refletido no valor do imposto de renda a ser pago e, conseqüentemente, no VPL. O método por simulação é preferível ao método analítico, pois fornece o valor correto das opções.<sup>95</sup>

#### 7.4.2.1.3 Cálculos de VPL e TIR

Pela simulação de Monte Carlo é possível ainda avaliar o comportamento do VPL e da TIR, cujos dados obtidos estão nos Apêndices 10.5.1 e 10.5.2.

Para o caso da presença apenas de opção de garantia, os gráficos a seguir apresentam o VPL e a TIR esperados nas diversas situações consideradas.

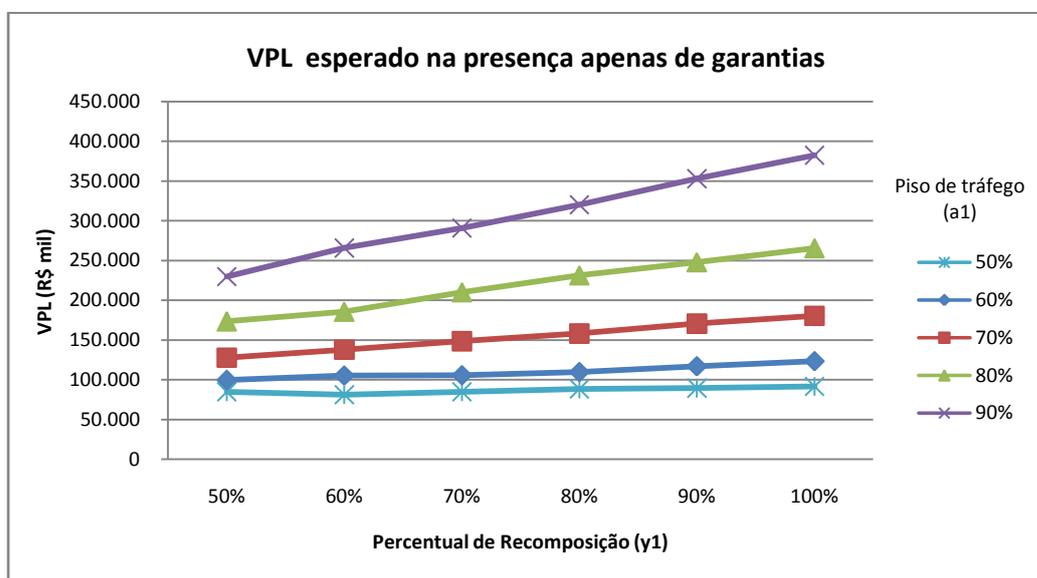


Figura 19 - VPL esperado na presença apenas de garantias

A presença da opção de garantia por tráfego mínimo, além de aumentar o VPL esperado, diminui o seu risco, como observado pela tabela dos valores de desvio-padrão no Apêndice 10.5.1.

Quanto a TIR esperada, o cálculo foi realizado com base nos fluxos de caixa reais esperados a cada período. Gráficamente seu comportamento pode ser visualizado como:

<sup>95</sup> No limite, para taxa de imposto de renda igual a zero, os valores da planilha de simulação e os calculados pelo método analítico convergem.

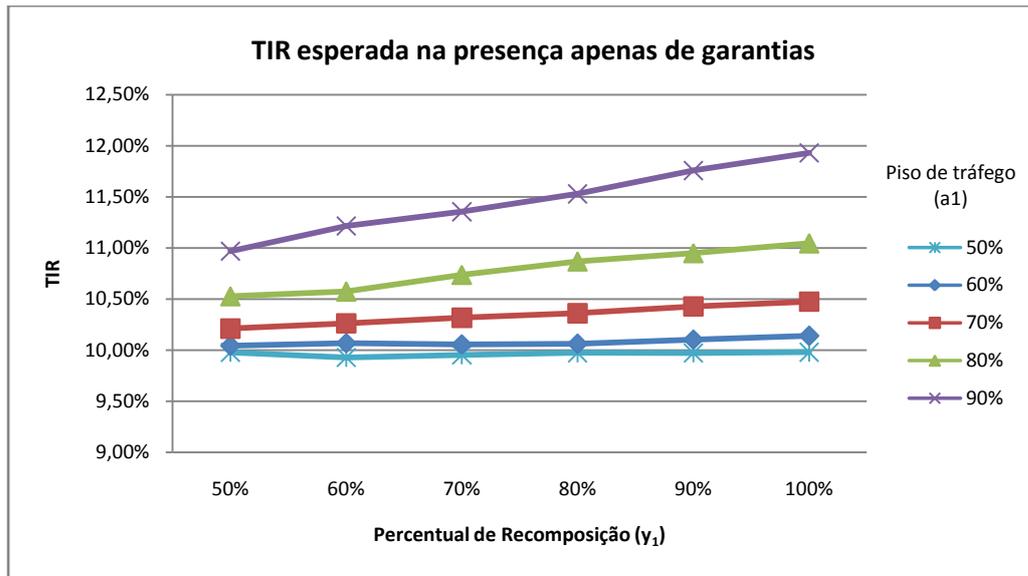


Figura 20 - TIR esperada na presença apenas de garantias

Ou seja, quanto maior o percentual que define o nível de piso de tráfego garantido e quanto maior o percentual de recomposição, maior é a TIR esperada. Comparando com a TIR da situação sem garantias, que foi de 9,91% a.a., em todos os casos de combinações de percentuais de garantias, os valores obtidos para a TIR foram maiores. O VPL esperado é sempre aumentado pela opção de garantia de piso de tráfego, gerando um conseqüente aumento na TIR, além de uma diminuição no risco do projeto.

Para o caso da presença conjunta de opções de garantia e de repasse, os gráficos a seguir apresentam o VPL e a TIR nas diversas situações consideradas.

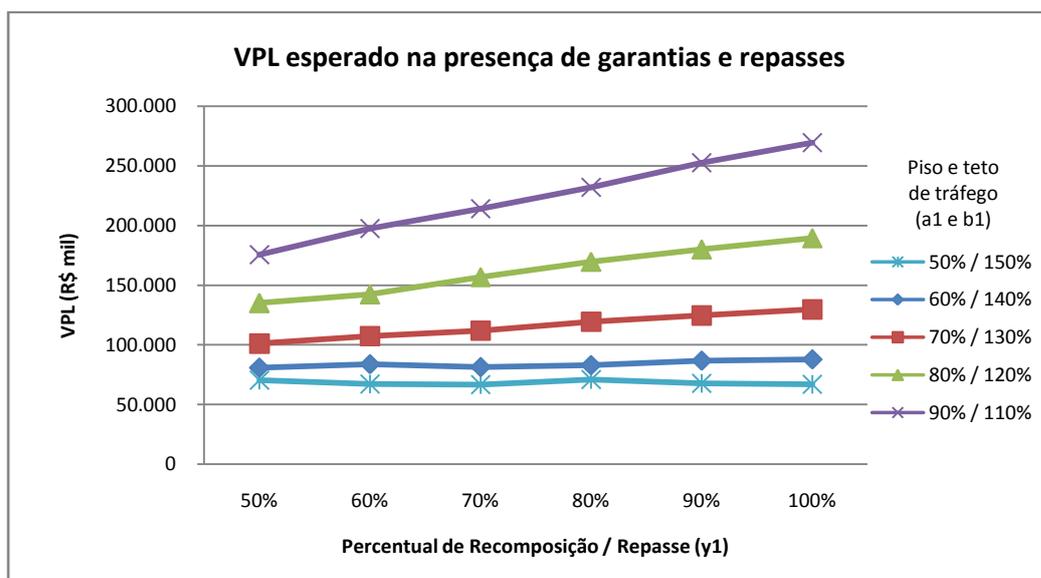


Figura 21 - VPL esperado na presença de garantias e repasses

Com a presença da opção de repasse de receita, sendo esta negativa, em alguns casos ela anula o efeito da opção de garantia, de forma que o valor combinado das opções mantém o VPL esperado praticamente estável ou até menor do que o valor sem opções. Isto ocorre, por exemplo, para a situação de piso de 50% do tráfego esperado combinado como repasse acima de 150% do tráfego esperado.

Apesar de nem sempre aumentar o VPL esperado significativamente, a combinação das opções de garantia e repasse diminui o risco do projeto – uma vez que ficam fixados limites superior e inferior para oscilação do tráfego e, conseqüentemente, da receita. A tabela dos valores de desvio padrão pode ser observada no Apêndice 10.5.2.

Quanto à TIR esperada, calculada com base nos fluxos de caixa reais esperados a cada período, seu comportamento gráfico é:

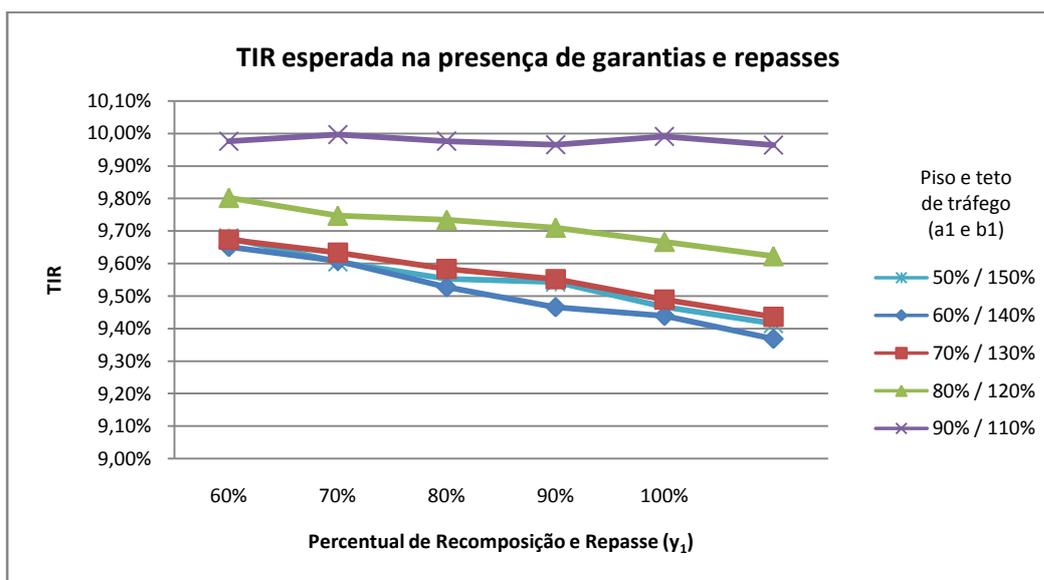


Figura 22 - TIR esperada na presença de garantias e repasses

De forma geral, na existência de repasse combinada com a presença de garantias, quanto maior o nível de garantia e menor o nível simétrico de repasse, maior é a TIR para um mesmo percentual de recomposição e repasse.

De forma contrária, para percentuais maiores de recomposição e repasse, nota-se que a TIR esperada tende a ser menor (exceto no caso de piso de 90% do tráfego esperado em que a TIR é mais estável).

Parece haver uma inconsistência nos valores da TIR na comparação com o caso sem a presença de opções. Apesar de em alguns casos a presença das opções

combinadas aumentar o VPL esperado, a TIR calculada nestes casos é menor do que a TIR original do caso sem opções. Quando são comparados os gráficos de evolução do VPL e da TIR, o comportamento é contrário ao esperado. Na direção em que o VPL cresce, a TIR decresce.

Para o caso sem garantias, a TIR determinada pelos fluxos de caixa esperados foi de 9,91% a.a. Para os casos de pisos de 50% a 80% do tráfego esperado, com os respectivos tetos de repasse, as TIRs ficaram todas abaixo deste valor.

Tome-se, por exemplo, o nível de 70% / 130% com recomposição e repasse de 100%. Ou seja, o governo garante 70% do tráfego esperado e o concessionário repassa toda a receita que estiver acima de 130% do tráfego esperado. Apesar de as opções de garantia e repasse aumentarem o VPL esperado em torno de \$ 60.000 mil, a TIR encontrada foi de 9,44% a.a.

Este fato pode ser avaliado de duas maneiras. Para o cálculo, foi usado como base o cenário esperado, mas a TIR é uma função extremamente não linear. Assim, o valor da TIR nos casos com opções poderia estar sendo viesado para baixo por algum motivo e, quando comparado com o caso sem opções, a análise não estaria sendo feita de forma correta.

Entretanto, há outra explicação possível. Quando o projeto apresenta características de opções, a taxa de desconto ajustada ao risco se altera.<sup>96</sup> No caso do projeto, como a cada período do fluxo de caixa há uma combinação de diferentes opções, este problema se torna ainda mais crítico.

Como a presença combinada de opções de garantia e repasse diminuem o risco do projeto, supõe-se que, se fosse calculada uma taxa de desconto única para todos os períodos, esta deveria ser menor do que a taxa de desconto calculada para o caso original sem garantias. Desta forma, poder-se-á ter uma situação em que os valores esperados dos fluxos de caixa reais período a período do caso sem garantias sejam maiores do que os do caso com garantias e repasse, mas que quando descontados a uma taxa ajustada ao risco maior, produzam um VPL menor. Entretanto, a TIR calculada para o caso sem garantias poderá ser maior do que a TIR para o caso com garantias e repasses.

---

<sup>96</sup> Para os derivativos, apesar de se conhecer muitas vezes a taxa de desconto ajustada ao risco do ativo base, não se sabe qual a taxa ajustada ao risco do derivativo.

Tome-se, por exemplo, novamente o caso anterior do nível de 70% / 130% do tráfego esperado com recomposição e repasse de 100% deste valor.

Os valores esperados para os fluxos de caixa reais obtidos foram:

Período	Sem garantias	Com garantia e repasse
0	(150.000)	(150.000)
1	(208.000)	(208.000)
2	(2.576)	(2.740)
3	(17.212)	(17.666)
4	(7.041)	(7.827)
5	2.895	1.792
6	12.661	11.294
7	22.344	20.556
8	32.028	29.967
9	41.786	39.382
10	36.185	33.460
11	46.504	43.509
12	57.007	53.781
13	67.655	64.178
14	78.525	74.579
15	89.638	84.547
16	90.828	83.542
17	114.552	106.053
18	134.876	125.917
19	144.542	134.628
20	154.627	143.899
21	165.089	153.527
22	175.810	163.365
23	186.906	173.581
24	198.493	184.387
25	210.755	195.556
<b>VPL (simulação NR)</b>	<b>70.503</b>	<b>129.766</b>
<b>TIR (FC esperado)</b>	<b>9,91%</b>	<b>9,44%</b>

Tabela 14 - Fluxos de caixa reais esperados para piso de 70% e teto de 130%

Tomando os VPLs calculados por simulação neutra ao risco, pode-se calcular uma taxa de desconto ajustada ao risco correspondente aos fluxos de caixa reais esperados acima. Para o caso sem garantias, este valor já foi obtido anteriormente (8,78% a.a.). Já para o caso com garantias e repasses, o valor calculado com base nos fluxos da tabela acima é de 7,54% a.a.

Mesmo sendo os fluxos de caixa esperados período a período menores no caso com garantias e repasses do que no caso sem opções, quando descontados a uma taxa ajustada ao risco menor, fornecem um VPL maior (R\$ 129.766 mil, comparado com de R\$ 70.503 mil). Mas a TIR calculada com base no fluxo esperado do caso com garantias e repasses é menor do que no caso sem garantias (9,44% a.a., comparada com 9,91% a.a.).

Desta forma, conclui-se que, apesar de a TIR calculada no caso com garantias e repasses ser menor do que no caso sem garantias, o risco associado ao projeto é menor e o VPL esperado maior.

#### 7.4.2.1.4 Capacidade Máxima de Tráfego na Rodovia

O investimento na rodovia pode estar associado a uma capacidade máxima de tráfego de veículos (Cheah e Liu, 2006). Neste caso, quando o tráfego atingir determinado valor, o concessionário poderia exercer uma opção de expansão, que não foi considerada neste trabalho.

Para fins de análise do que ocorre com o VPL esperado, foram realizadas simulações de Monte Carlo, considerando que quando o tráfego atingisse o valor determinado como capacidade máxima estaria limitado a ele, ou seja,  $\theta_{i\ max} = K$ .

Tendo em vista que o tráfego inicial considerado foi de 100.000 veículos equivalentes em média por dia no ano "0", foi realizada uma análise de sensibilidade para casos de capacidade máxima de 200.000 a 500.000 veículos equivalentes por dia.

Caso os valores esperados do tráfego originais superem a capacidade máxima, estes devem ser alterados para serem iguais à própria capacidade, de forma que o *payoff* da opção de garantia no ano  $i$  será:

$$\text{Se } \bar{\theta}_i = K, \quad \text{onde } K \text{ é a capacidade máxima de tráfego}$$

$$\text{Então, } RG_{1i} = [y_1 \max(a_1 K - \theta_i, 0)]. 365. (1 - \tau). p$$

No caso da opção de repasse, como  $\theta_{i\ max} = K$ , se ocorrer a situação em que  $b_1 \bar{\theta}_i > K$ , o seu *payoff* será sempre nulo. Ou seja, a opção de repasse nunca

será exercida nos anos em que o valor de exercício original for maior do que a capacidade máxima.<sup>97</sup> Ou seja,

$$\begin{aligned} \text{Se } b_1 \bar{\theta}_i \geq K, \quad \text{onde } K \text{ é a capacidade máxima de tráfego} \\ \text{Então, } RR_{1i} = -[y_1 \max(\theta_i - b_1 \bar{\theta}_i, 0)]. 365. (1 - \tau). p = \\ = 0 \end{aligned}$$

A análise foi realizada considerando a situação de repasse de 100% para diversos níveis de tráfego (ou seja,  $a_1 = 50\%$ ,  $60\%$ ,  $70\%$ ,  $80\%$  e  $90\%$ ; e  $y_1 = 100\%$ ). As informações calculadas estão no Apêndice 10.5.3. Graficamente, foram obtidos os seguintes comportamentos:

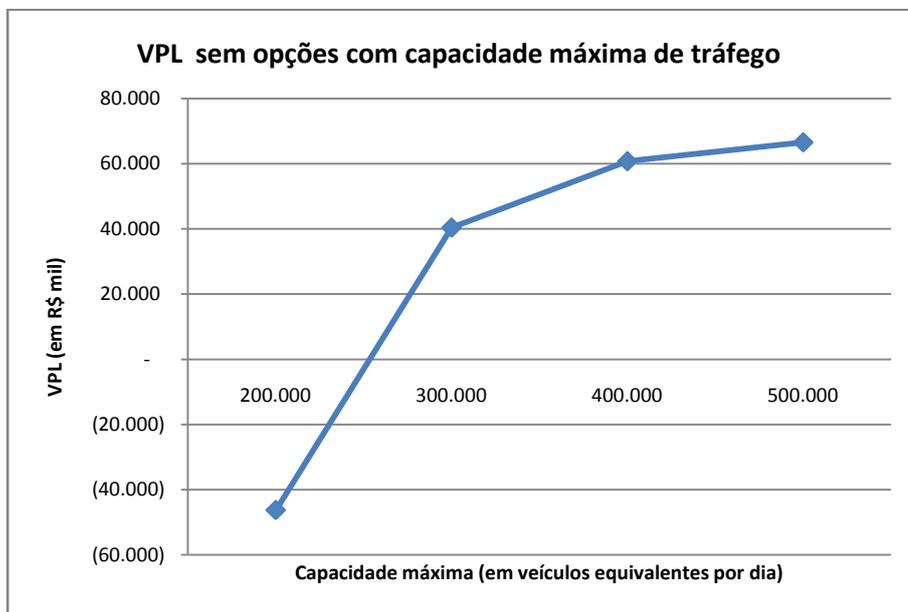


Figura 23 - VPL sem opções com capacidade máxima de tráfego

O VPL esperado sofre bastante com a capacidade, principalmente abaixo de 300.000 veículos equivalentes, por conta do limite imposto na receita também.

<sup>97</sup> Isso ocorre em particular também no caso em que  $\bar{\theta}_i = K$ .

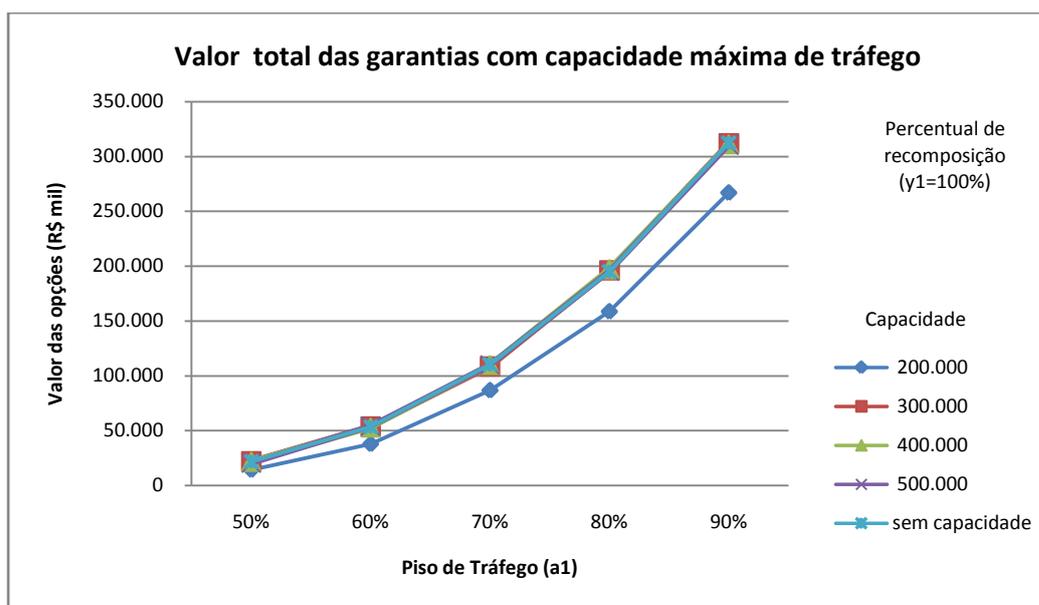


Figura 24 - Valor total das opções de garantia com capacidade máxima de tráfego

Na presença apenas de garantias por tráfego mínimo, pode-se observar que os valores das opções só são alterados para a capacidade máxima de tráfego de 200.000 veículos equivalentes por dia. Observando os valores esperados para o tráfego na tabela 8 (seção 7.1.2.2), pode-se perceber que o valor máximo esperado é de 271.828 veículos equivalentes por dia, de forma que o *payoff* das opções de garantia não são afetados nos casos de capacidade máxima igual ou superior a 300.000 veículos. Como a garantia em cada período só é afetada quando o preço de exercício correspondente se altera por conta da capacidade, ela não é influenciada para limites de capacidade mais altos.

Na presença de garantia por tráfego mínimo e repasse por tráfego máximo, como a capacidade máxima impõe um limite ao tráfego na rodovia, o valor a ser repassado para o governo também vai diminuir. Nos casos de capacidades mais limitadas da rodovia, as curvas do valor conjunto das opções se descolam do caso sem capacidade, conforme a figura a seguir. Quanto maior for o teto a partir do qual ocorre repasse, menos valor tem a opção de repasse, já que será exercida menos vezes.

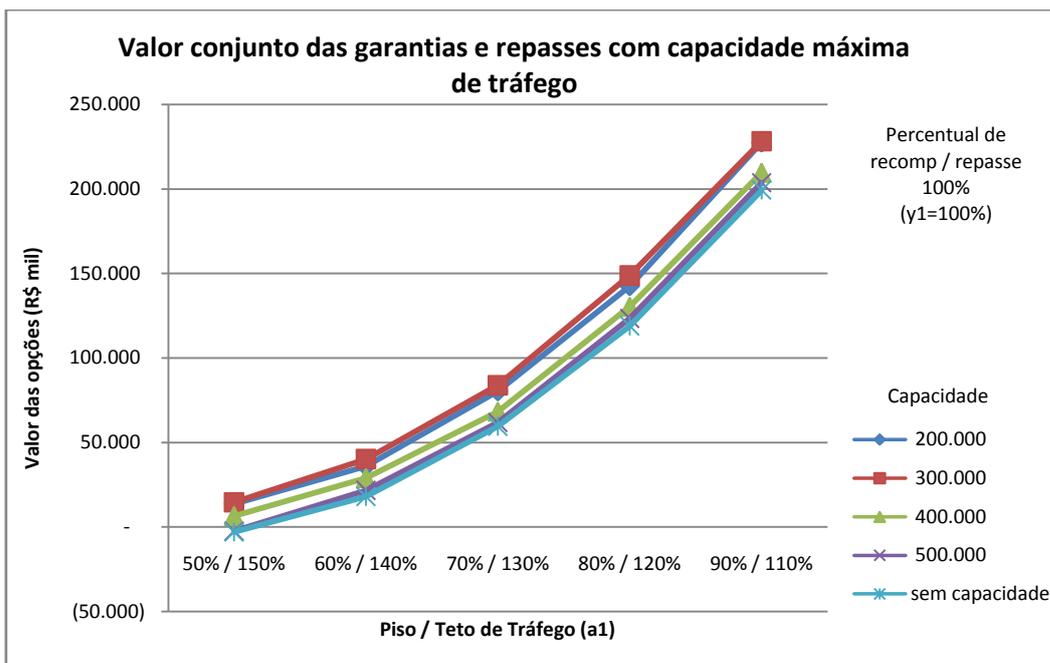


Figura 25 - Valor conjunto das garantias e repasses com capacidade máxima de tráfego

#### 7.4.2.2

#### Projeto com Opção de Abandono, de Garantia por Tráfego Mínimo e de Repasse por Tráfego Máximo

As análises anteriores de avaliação das opções de garantia de tráfego mínimo e tráfego máximo não consideram a questão estratégica da estrutura de *project finance* proposta Pollio (1998). Neste tipo de financiamento, é possível identificar uma opção de abandono inerente aos próprios conceitos envolvidos de limitação de responsabilidade dos acionistas sobre a dívida assumida pela SPE.

A cada momento de decisão, o acionista deve avaliar o que é ótimo para ele: permanecer no projeto ou abandoná-lo, ao se deparar com problemas de fluxo de caixa que exijam o investimento de mais recursos ou não. Esta opção agrega valor ao projeto do ponto de vista do acionista e influencia nos valores das opções de garantia e repasse analisadas neste capítulo.

Pela metodologia proposta, para montar a árvore binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979) foram utilizados os seguintes dados para a volatilidade e a taxa de conveniência do tráfego, o tráfego inicial e a taxa livre de risco, respectivamente, apresentados anteriormente:

$$\sigma = 10\% \text{ a. a.} \quad \delta = 2,96\% \text{ a. a.} \quad r = 6\% \text{ a. a.}$$

$$\theta_0 = 100.000 \text{ veículos equivalentes}$$

Considerando  $\Delta t = 1$  trimestre e fazendo as conversões para o intervalo correspondente, os parâmetros obtidos pelas equações (7.38) a (7.40) foram:

$$u = 1,1052$$

$$d = 0,9048$$

$$q = 69,74\%$$

#### 7.4.2.2.1 Curvas de Gatilho de Tráfego

A partir da árvore para o valor do projeto com base nos fluxos de caixa, pela otimização *backwards* proposta na metodologia, é identificada a curva de gatilho do tráfego para o projeto sem opções adicionais, como as de garantia e de repasse. Esta curva representa os valores mínimos, a cada período, aos quais o tráfego real deve se igualar para evitar o abandono do projeto.

Graficamente a região de abandono corresponde à área onde o tráfego atinge valores menores do que os representados pela curva em cada período. Os dados obtidos encontram-se no Apêndice 10.5.4.

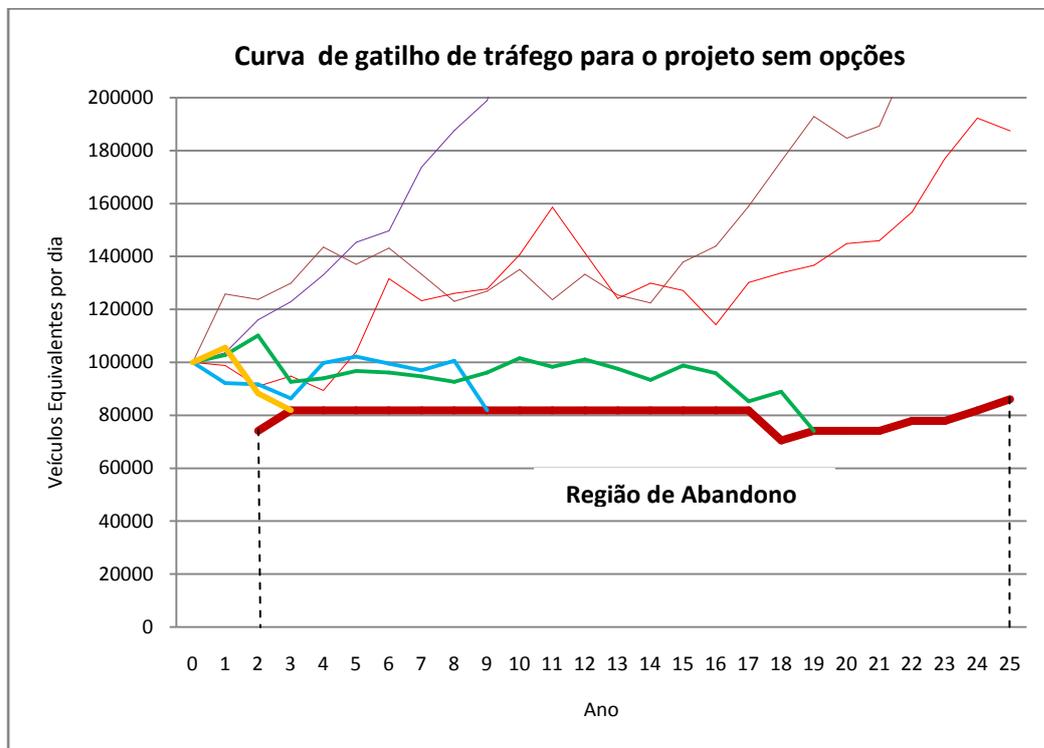


Figura 26 - Curva de gatilho de tráfego para o projeto sem opções

A região de abandono é limitada pela linha vermelha, que é a curva de gatilho para o caso original, sem opções. São apresentados também alguns

possíveis caminhos seguidos pelo tráfego estocástico, de forma que no primeiro momento de toque de um caminho na curva que define a região de abandono, o processo é cessado e o projeto abandonado.

Da mesma forma, quando a presença da opção de abandono é considerada em conjunto com as opções de garantia e com as opções de garantia e repasse simultaneamente, obtêm-se novas curvas de gatilho. Foram propostas diversas situações para avaliação da influência das opções de garantia e repasse sobre a curva de gatilho e sobre o VPL esperado.

Foi considerada a existência de um nível de garantia de tráfego mínimo e um nível simétrico de repasse de tráfego máximo, variando o piso de tráfego garantido ( $a_1 = 50\%$ ,  $60\%$ ,  $70\%$ ,  $80\%$  e  $90\%$ ), o teto de tráfego para repasse ( $b_1 = 150\%$ ,  $140\%$ ,  $130\%$ ,  $120\%$  e  $110\%$ ) e o percentual de recomposição e repasse de receita ( $y_1 = 60\%$ ,  $70\%$ ,  $80\%$ ,  $90\%$  e  $100\%$ ) para cada nível de  $a_1$ .

Como exemplo, as curvas de gatilho de tráfego encontradas para todos os níveis de piso e teto de tráfego considerados com percentual de recomposição / repasse de 100% foram as seguintes<sup>98</sup>:

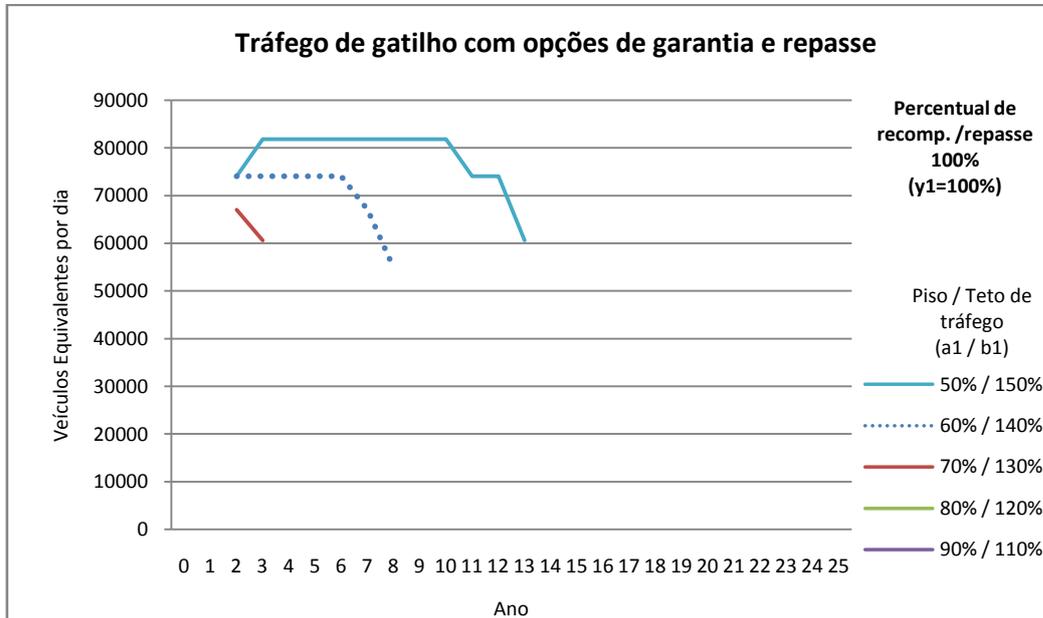


Figura 27 - Tráfego de gatilho com opções de garantia e repasse (recomposição / repasse de 100%)

<sup>98</sup> As curvas de gatilho encontradas na presença apenas de garantia para determinado piso de tráfego esperado foram as mesmas quando consideradas a presença de garantia e repasse para a combinação piso e teto simétrico. Na realidade, o projeto só é abandonado quando o tráfego atingir valores tão baixos que a mesmo a garantia dada, que é igual nos dois casos, não for capaz de evitar o abandono.

Pelo gráfico acima, considerando um percentual de recomposição e repasse de 100%, não existe curva de gatilho para piso de 80% e 90% do tráfego esperado, de modo que pode se concluir que a decisão de abandono nunca é ótima nestes casos. Além disso, as curvas de gatilho para os outros níveis de piso de tráfego envolvem poucos períodos, apenas no início do prazo de concessão.

Quando considerado um percentual de recomposição / repasse de 50%, as curvas obtidas foram:

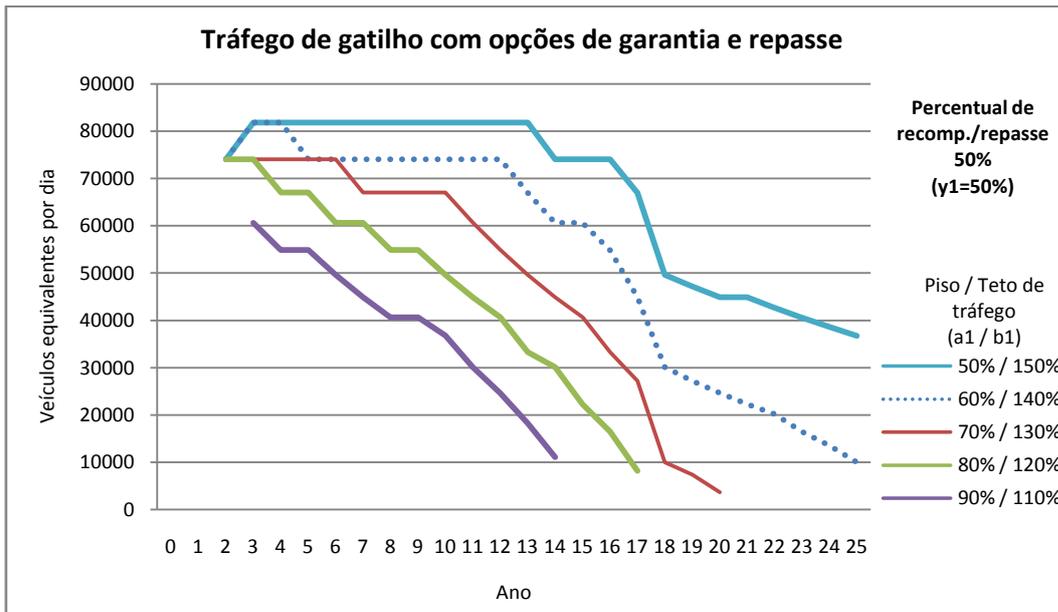


Figura 28 - Tráfego de gatilho com opções de garantia e repasse (recomposição / repasse de 50%)

Neste caso, para todas as combinações de piso e teto de tráfego considerados existe curva de gatilho. Entretanto, nota-se que, para pisos menores, a curva de gatilho se estende por mais períodos. Além disso, os tráfegos mínimos para abandono nos períodos iniciais são maiores do que nos períodos mais a frente.

Espera-se, assim, diminuição de probabilidade de abandono para garantias maiores e ocorrência de abandonos maior nos anos iniciais do prazo de concessão.

#### 7.4.2.2.2 VPL e Valor das Opções

O VPL esperado considerando a opção de abandono pode ser obtido através de uma simulação de Monte Carlo neutra ao risco, de forma que o fluxo de caixa é interrompido quando o caminho simulado do tráfego toca pela primeira vez a curva de gatilho.

Foi utilizado o programa @Risk com 5.000 caminhos simulados em praticamente todos os resultados a seguir.

No caso base, em que tomamos o projeto com a opção de abandono e sem opções adicionais de garantia e repasse, o VPL esperado foi de R\$ 104.180 mil (para 10.000 iterações no @Risk), em comparação com o VPL encontrado sem a opção de abandono de R\$ 70.503 mil. O valor adicionado pela presença desta opção é dado por:

*Valor da Opção de Abandono*

$$= \text{VPL acionista com abandono} - \text{VPL acionista original}$$

$$= \text{R\$ 33.677 mil}$$

Considerando, por exemplo, as situações de percentual de recomposição e repasse de 100% para diferentes combinações de piso e teto de tráfego e comparando com os resultados das análises sem abandono, os resultados obtidos foram<sup>99</sup>:

Piso / Teto de tráfego com recomposição e repasse de 100%	Caso com garantia sem abandono		Caso com garantia e repasse, sem abandono		Caso com garantia com abandono		Caso com garantia e repasse, com abandono	
	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções
50% / 150%	91.679	<b>21.701</b>	66.987	<b>(2.991)</b>	108.870	<b>38.892</b>	84.232	<b>14.254</b>
60% / 140%	123.403	53.482	87.891	17.970	128.225	58.304	92.729	22.808
70% / 130%	180.422	110.236	129.766	59.581	180.310	110.124	129.662	59.477
80% / 120%	265.533	<b>194.940</b>	189.535	<b>118.942</b>	265.533	<b>194.940</b>	189.535	<b>118.942</b>
90% / 110%	382.503	<b>312.184</b>	269.629	<b>199.310</b>	382.503	<b>312.184</b>	269.629	<b>199.310</b>

Tabela 15 - VPL e valor das opções sem e com abandono

Os resultados para os outros percentuais de recomposição e repasse estão no Apêndice 10.5.5.

Na presença de opções de garantia e repasse, para níveis maiores de pisos de tráfego garantido (e tetos de tráfego simétricos menores para repasse), a opção de abandono não tem valor, já que nunca é exercida. Assim os prêmios da opção correspondem apenas às garantias e repasses. Isso ocorre, por exemplo, nos casos

<sup>99</sup> O valor das opções foi calculado para cada simulação pela diferença *VPL com opções – VPL original sem opções*, sendo este último em torno de R\$ 70.000 mil.

de pisos de 80% e 90% do tráfego esperado (com tetos de 120% e 110% do tráfego esperado, respectivamente), como marcado em azul na tabela anterior.

Conforme o piso vai diminuindo (e o teto simétrico vai aumentando), o valor da opção de abandono se torna mais relevante em relação ao valor das opções de garantia e repasse. Para a presença de apenas garantia com piso de 50% do tráfego esperado o prêmio total é de \$ 38.892 mil, pouco acima dos \$ 33.677 da opção de abandono quando considerada sozinha. No caso em que há repasse para teto simétrico de 150% do tráfego esperado, o valor conjunto das opções se torna positivo quando considerado o abandono, como assinalado em vermelho.

Em conjunto com a opção de abandono, a existência das garantias tem uma importância estratégica. Sob o ponto de vista do governo, é possível construir a garantia de forma a diminuir a probabilidade de abandono, minimizando problemas políticos e sociais. Sob o ponto de vista dos credores, a presença de garantias diminui o risco de o acionista sair da operação e deixar de pagar o serviço da dívida, o que pode acarretar em uma redução da taxa de financiamento e melhorar conseqüentemente a atratividade do projeto.

#### **7.4.2.2.3 Probabilidade e Tempo Médio de Abandono**

Com base nas curvas de gatilho do tráfego, é possível calcular a probabilidade de abandono em cada situação proposta a partir da simulação real.

Na situação original, considerando a opção de abandono sem a presença de opções de garantia e repasse, a probabilidade de abandono total do projeto em algum momento é de 14,93%, conforme definido pela equação (7.42). O tempo médio para abandono é entre os anos 7 e 8 do prazo da concessão (7,22 anos), conforme definido pela equação (7.43).

Quando consideradas as opções de garantia e repasse, esta probabilidade se reduz bastante, chegando a zero em alguns casos.<sup>100</sup> Os resultados obtidos estão no Apêndice 10.5.6 e no gráfico a seguir.

---

<sup>100</sup> Sendo as curvas de gatilho as mesmas para os casos apenas com garantia e com garantia e repasse, as probabilidades de abandono são também as mesmas.

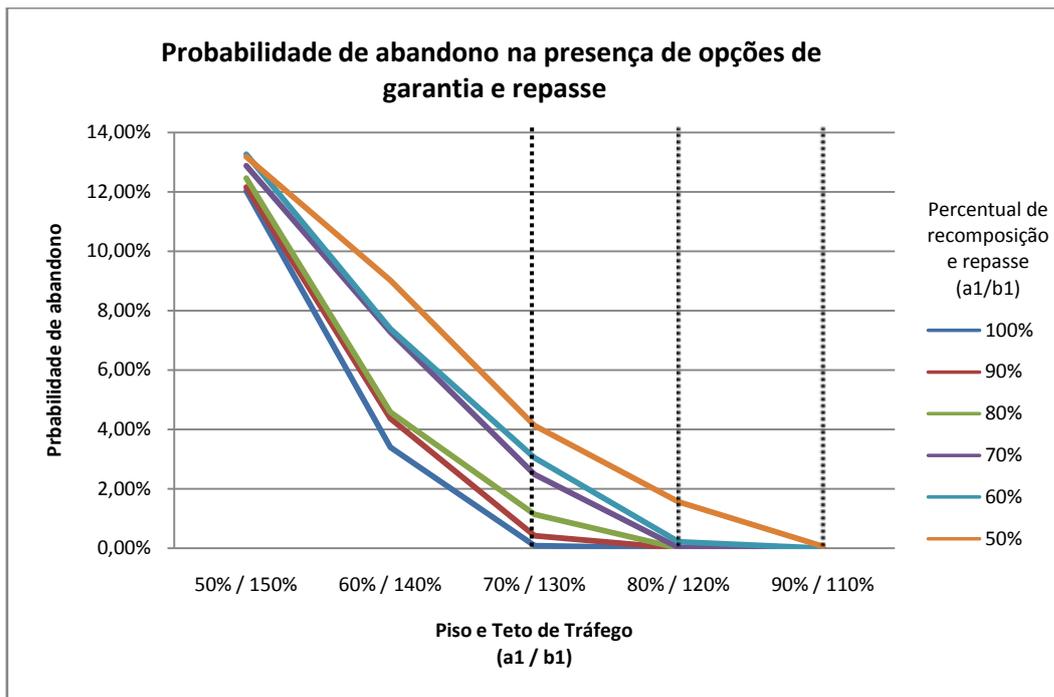


Figura 29 - Probabilidade de abandono na presença de opções de garantia e repasse

Quanto maior o percentual de recomposição, menor a probabilidade de abandono para todos os níveis de piso de tráfego considerados.

Para pisos de 70%, 80% e 90% do tráfego esperado (com tetos simétricos), a probabilidade de abandono cai bastante independente do percentual de recomposição. Para o piso de 70% do tráfego esperado, a probabilidade de abandono fica sempre abaixo de 4,12%. Para os pisos de 80% e 90%, fica sempre abaixo de 1,56% e 0,06%, respectivamente, chegando a zero em alguns casos.

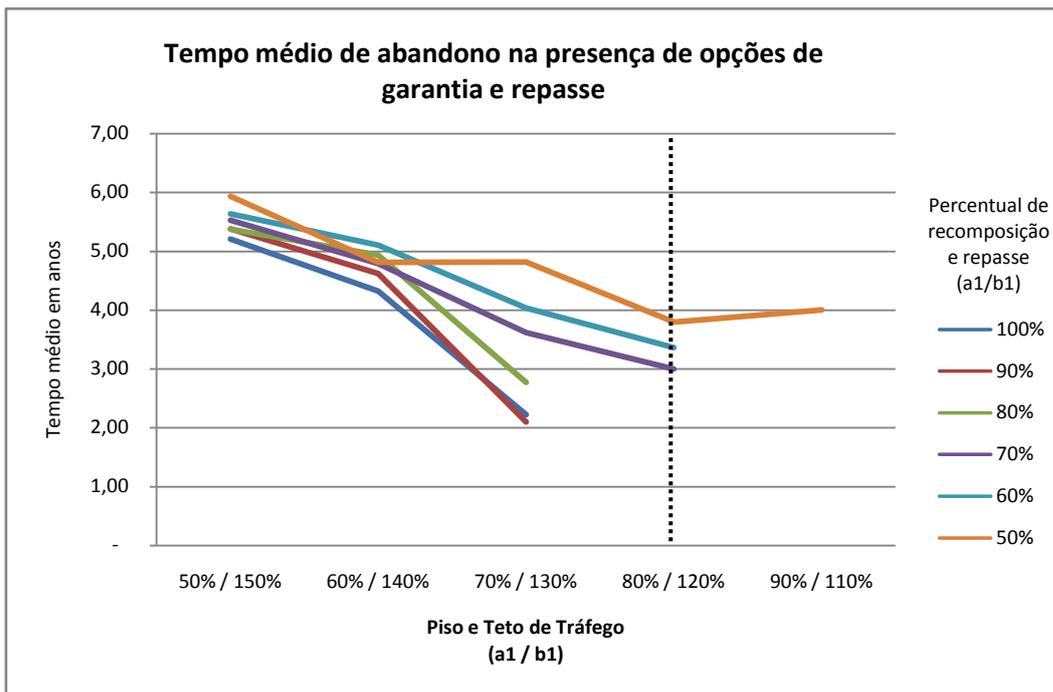


Figura 30 - Tempo médio de abandono na presença de opções de garantia e repasse

O tempo médio de abandono para todos os casos considerados ocorre até o ano 6 do prazo da concessão, sendo quase sempre menor quando o piso de tráfego aumenta. Na prática, este abandono logo nos anos iniciais limitaria o desembolso do governo com garantias e implicaria em uma revisão imediata das projeções de tráfego. Os maiores prejudicados seriam os credores, pois a dívida ficaria inadimplente e deveria ser renegociada de alguma forma.

Pode ser realizada uma análise ainda comparando todos os níveis de pisos e tetos estudados para ver como influenciam o VPL esperado e a probabilidade de abandono simultaneamente. É possível ter uma situação em que, apesar de apresentar um VPL esperado maior do que outra, também acarreta em uma probabilidade de abandono maior.

O governo pode, a partir de uma combinação de pisos, tetos e percentuais de recomposição e repasse, escolher o nível de garantia que deseja oferecer, tornando a concessão mais atrativa para a iniciativa privada e limitando a probabilidade de abandono a valores desejados – além de diminuir sua exposição ao risco. Esta avaliação poderia ajudar na escolha de determinadas combinações de garantias e repasses em detrimento de outras.

No gráfico a seguir, cada ponto corresponde a uma das combinações propostas de piso, teto e percentual de recomposição / repasse, caracterizada através do seu VPL esperado e da respectiva probabilidade de abandono.<sup>101</sup>

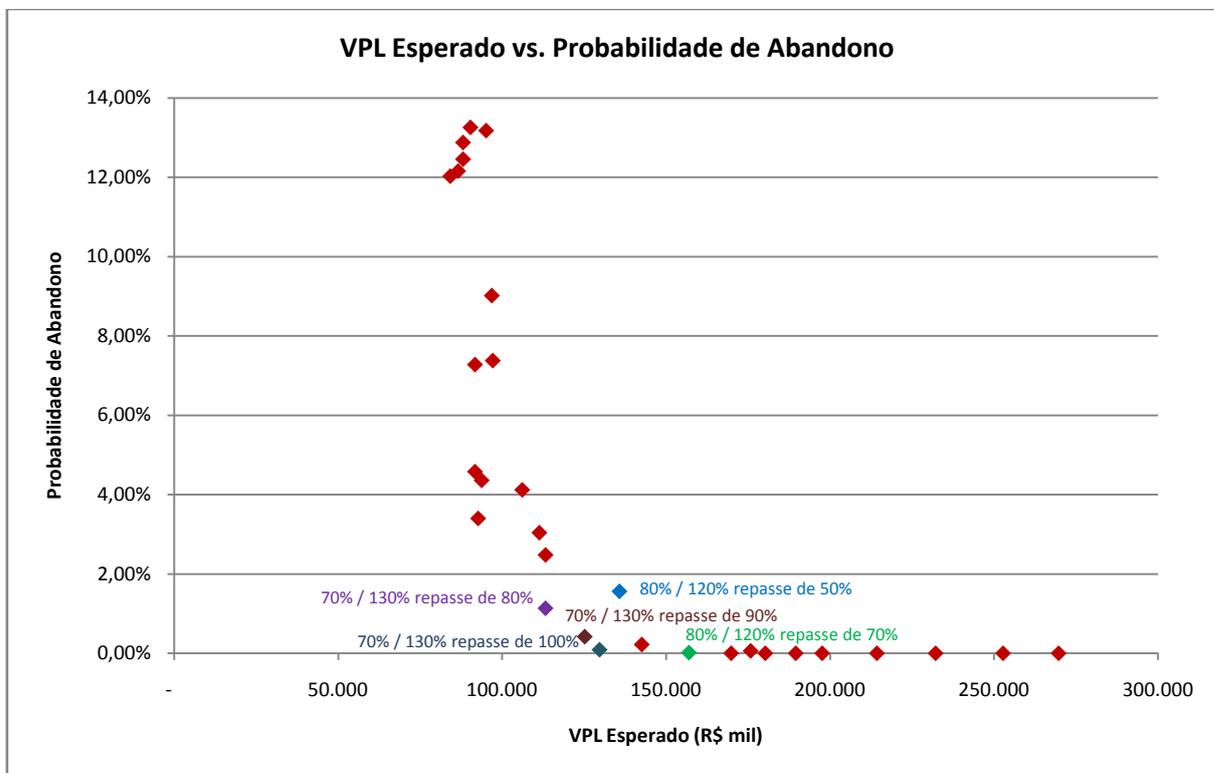


Figura 31 - VPL esperado *versus* Probabilidade de Abandono

Há alguns níveis de garantia que são muito altos e desnecessários, como, por exemplo, os que envolvem 90% do tráfego esperado como piso, já que a probabilidade de abandono é nula também para situações de garantia de 80% do tráfego esperado e, ainda assim, representam um aumento relevante no VPL.

Os dados assinalados no gráfico, por exemplo, representam alternativas de combinações para as quais a probabilidade de abandono está abaixo de 2%.

<sup>101</sup> Na figura, há 30 pontos correspondentes às combinações de pisos / tetos ( $a_1/b_1$ ) de 50%/150% a 90%/110% do tráfego esperado, com os percentuais de recomposição e repasse ( $y_1$ ) de 50% a 100%.

Percentual de recomposição e repasse												
Piso / Teto (a1 / b1)	100%		90%		80%		70%		60%		50%	
	Prob	VPL										
90% / 110%	0,00%	269.629	0,00%	252.707	0,00%	232.149	0,00%	214.254	0,00%	197.582	0,06%	175.716
80% / 120%	0,00%	189.535	0,00%	180.234	0,00%	169.842	0,02%	156.979	0,22%	142.521	1,56%	135.130
70% / 130%	0,09%	129.766	0,42%	124.701	1,14%	119.358	-	-	-	-	-	-

Tabela 16 - Probabilidade de abandono abaixo de 2%

O nível de garantia e repasse de 70% do tráfego esperado para piso com 130% para teto fornece VPLs esperados menores do que os outros apresentados, mas que configuram um bom acréscimo no VPL do projeto sem garantias. E, ainda assim, a probabilidade de abandono fica abaixo do nível de 2% do exemplo.

Outras combinações de garantia e repasse que não apenas as simétricas podem ser realizadas. O pagamento de garantias é bem mais questionável do que o não recebimento de uma receita por conta de um repasse, de forma que o governo poderia aumentar o limite de teto máximo, mantendo um piso adequado no nível que lhe convier.

#### 7.4.2.2.4

#### Dois Níveis de Opção de Garantia por Tráfego Mínimo e de Repasse por Tráfego Máximo

Como na modelagem da PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo, a possibilidade de percentuais de recomposição diferentes para mais de um piso de tráfego aumenta a flexibilidade de atuação do governo a fim de definir a garantia. Ganha-se mais um grau de liberdade para construir a composição de garantias e repasses, variando de forma mais justa o VPL esperado e a probabilidade de abandono.

Neste caso, para cada período, estar-se-á considerando uma composição de duas opções de piso mínimo de tráfego e de duas outras opções simétricas de teto máximo de tráfego. Gráficamente ficam determinadas duas “bandas” que podem visualizadas abaixo como um exemplo:

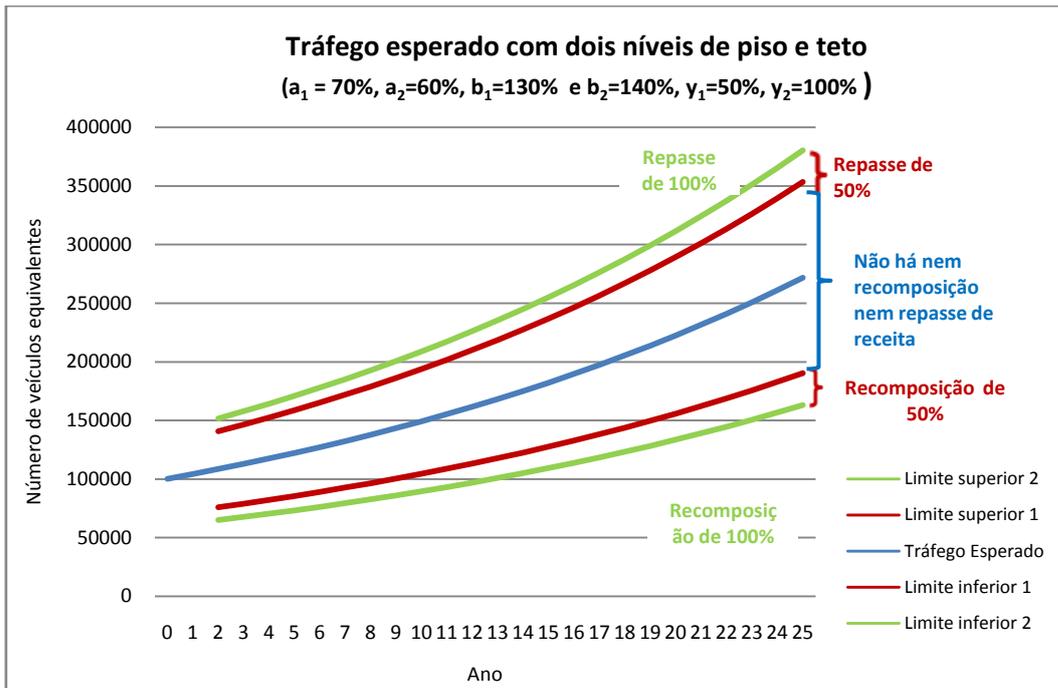


Figura 32 - Tráfego esperado com dois níveis de piso e teto

Para exemplificar, tomou-se o primeiro piso como 70%, com teto simétrico de 130%. Para análise do comportamento do VPL e da probabilidade de abandono, foram considerados percentuais de recomposição e repasse nesta primeira banda variando de 50% a 90%. Como segunda banda, foram então avaliados os casos de 50% / 150% e 60% / 140% do tráfego esperado, considerando que a recomposição e o repasse são totais (de 100%). Os resultados obtidos foram:

1a banda de 70% / 130% do tráfego esperado (a1 / b1)						
com recomp / repasse (y1)	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Probabilidade	4,12%	3,04%	2,48%	1,14%	0,42%	0,09%
VPL	106.157	111.378	113.260	119.968	125.210	129.662
+ 2a banda de 60% /140% do tráfego esperado (a2 / b2) com repasse de 100% (y2)						
Probabilidade	1,26%	1,26%	1,28%	0,72%	0,28%	
VPL	110.159	114.598	115.691	121.929	123.307	
+ 2a banda de 50% /150% do tráfego esperado (a2 / b2) com repasse de 100% (y2)						
Probabilidade	2,84%	2,36%	1,40%	1,22%	0,14%	
VPL	98.861	108.172	111.060	116.503	120.939	

Tabela 17 - VPL e probabilidade de abandono com dois níveis de opções de garantia e repasse

Graficamente, os pontos podem ser representados por:

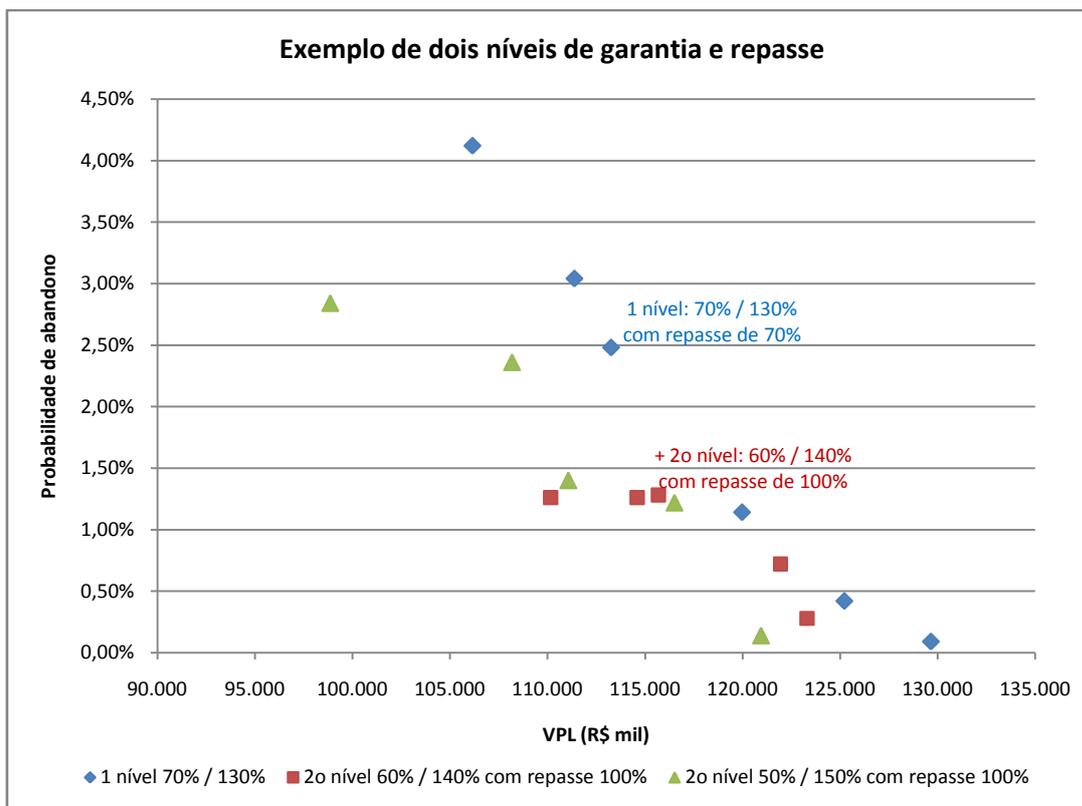


Figura 33 – VPL esperado e probabilidade de abandono para dois níveis de opções

A combinação de dois níveis de piso e teto de tráfego com percentuais de recomposição e repasse diferentes permite que se ajuste de forma mais fina o VPL esperado e a probabilidade de abandono. Quando um segundo nível é adicionado, podem-se obter situações em que o VPL esperado é aproximadamente o mesmo (em alguns casos, até maior) e a probabilidade de abandono é bem menor.

O exemplo assinalado em azul mostra a situação em que a primeira banda é dada por 70% / 130% do tráfego esperado, com percentual de recomposição / repasse de 70%. No caso de apenas um nível, a probabilidade de abandono de 2,48%. Quando é acrescentado um segundo nível de 60% / 140%, com percentual de recomposição / repasse de 100%, assinalado em vermelho, a probabilidade de abandono cai muito para 1,28%. Neste exemplo, o VPL esperado praticamente não varia.

A análise de dois níveis de garantia e repasse é complexa, pois envolve vários parâmetros de pisos e tetos de tráfego esperado e percentuais de recomposição e repasse. As várias possibilidades devem ser analisadas para que se

obtenha a composição mais adequada do ponto de vista do governo, do concessionário privado e dos credores.

### 7.4.2.3 Análise de Sensibilidade do VPL Esperado

Através de simulação de Monte Carlo, foi realizada a análise de sensibilidade do VPL esperado, considerando as variáveis: pedágio, tráfego inicial, taxa de crescimento do tráfego, volatilidade do tráfego e correlação do tráfego com o IBovespa. As tabelas com os dados calculados estão no Apêndice 10.5.7 e, a seguir, são apresentados os resultados gráficos.

Considerando variação do valor do pedágio, o comportamento do VPL esperado foi:

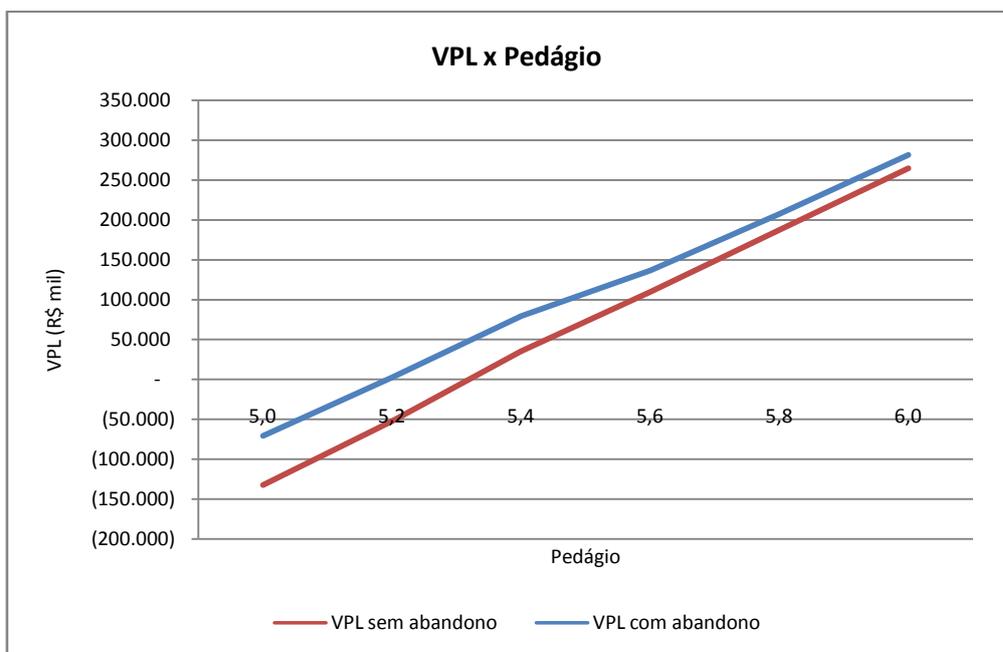


Figura 34 - Sensibilidade VPL x Pedágio

Quanto maior o pedágio cobrado, maior é o VPL esperado, mas a opção de abandono perde valor, de forma que as curvas acima se aproximam. A receita fica sendo cada vez maior e a opção de abandono é exercida menos vezes, se tornando menos relevante em relação ao VPL.

Considerando variação do tráfego inicial esperado, o comportamento foi:

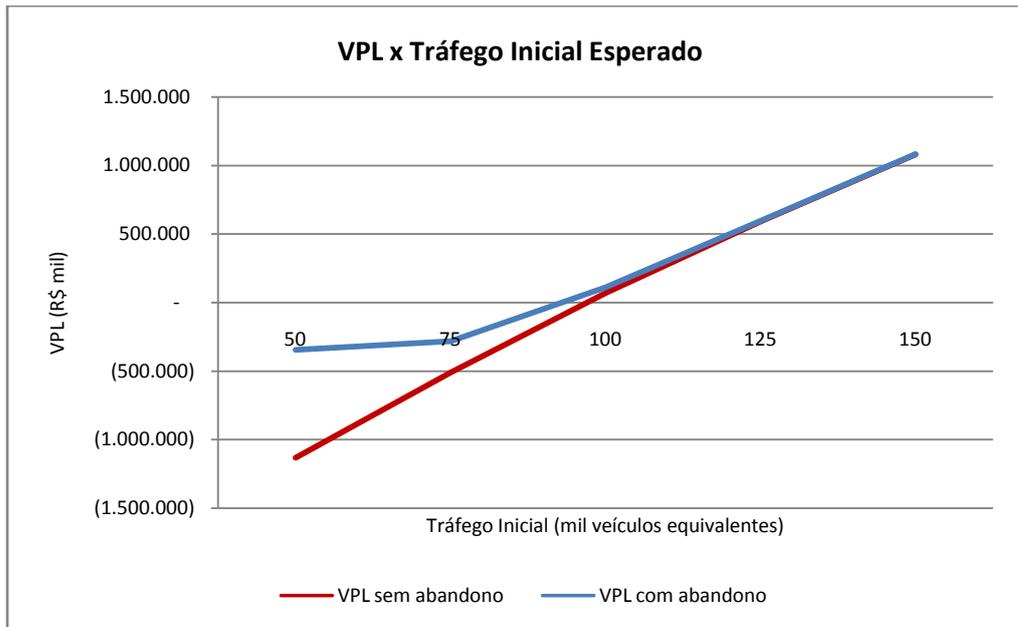


Figura 35 - Sensibilidade VPL x Tráfego Inicial Esperado

O VPL esperado é bastante sensível ao tráfego inicial esperado e esta é uma variável crítica do modelo. Graficamente, pode-se perceber que o VPL esperado pode se torna bastante positivo ou negativo para pequenas variações do tráfego inicial em torno de 100.000 veículos equivalentes por dia, que é o valor considerado no modelo original. A acurácia na estimativa desta variável é de grande importância, apesar de, em casos de projetos de novas rodovias, não se disporem de dados preliminares, aumentando a possibilidade de erro.

Para tráfegos iniciais cada vez maiores, a opção de abandono perde valor, da mesma forma que com o pedágio, e as curvas de VPL com e sem abandono se superpõem. Como no pedágio, se o tráfego inicial for alto, a receita será também alta e o abandono não se justificará. De forma contrária, para tráfegos iniciais menores, a opção de abandono vai ficando mais valiosa e, graficamente, pode-se verificar que o VPL esperado tende inclusive se estabilizar em determinado valor.

Considerando variação da taxa de crescimento do tráfego – ou *drift* – o comportamento do VPL foi:

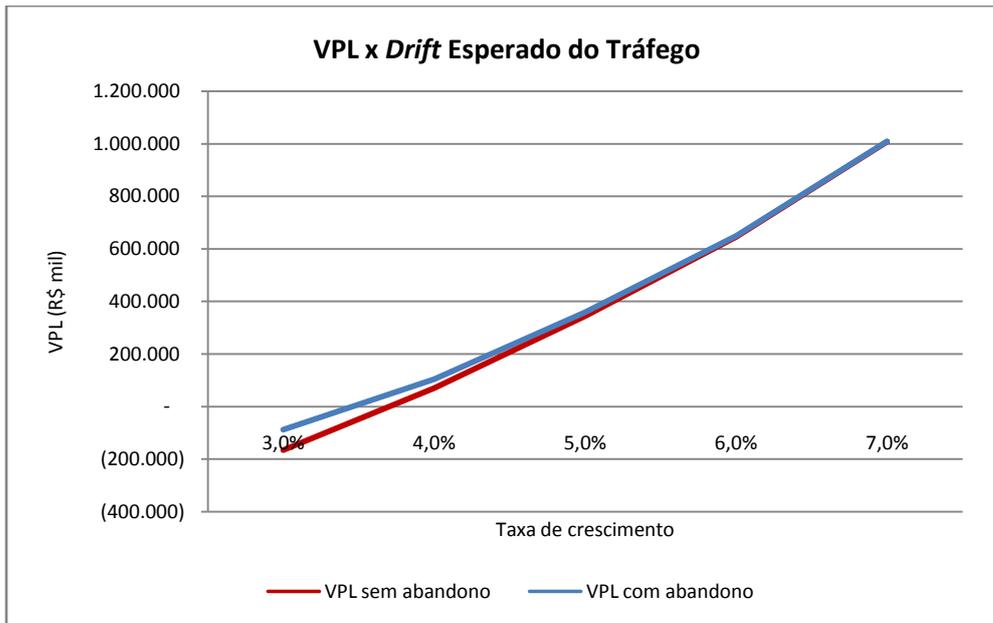


Figura 36 - Sensibilidade VPL x *Drift* Esperado do Tráfego

Graficamente, verifica-se que para tendências de crescimento de tráfego pouco abaixo de 4%, que foi o valor considerado no caso base, o VPL esperado se torna negativo, de forma que esta é também uma variável crítica do modelo. Levando-se em conta tanto o tráfego inicial quanto o *drift* do movimento, o risco associado a projeções dos parâmetros do tráfego é considerável no projeto.

Novamente, para taxas de crescimento cada vez mais altas, a opção de abandono vai perdendo valor, sendo menos exercida. Visualmente, para taxas abaixo de 4,5% ela passa a ter algum valor.

A variação da volatilidade do tráfego afeta não apenas o termo aleatório do movimento estocástico do tráfego, como também o prêmio de risco do tráfego, que é subtraído da tendência de crescimento real. O comportamento do VPL foi:

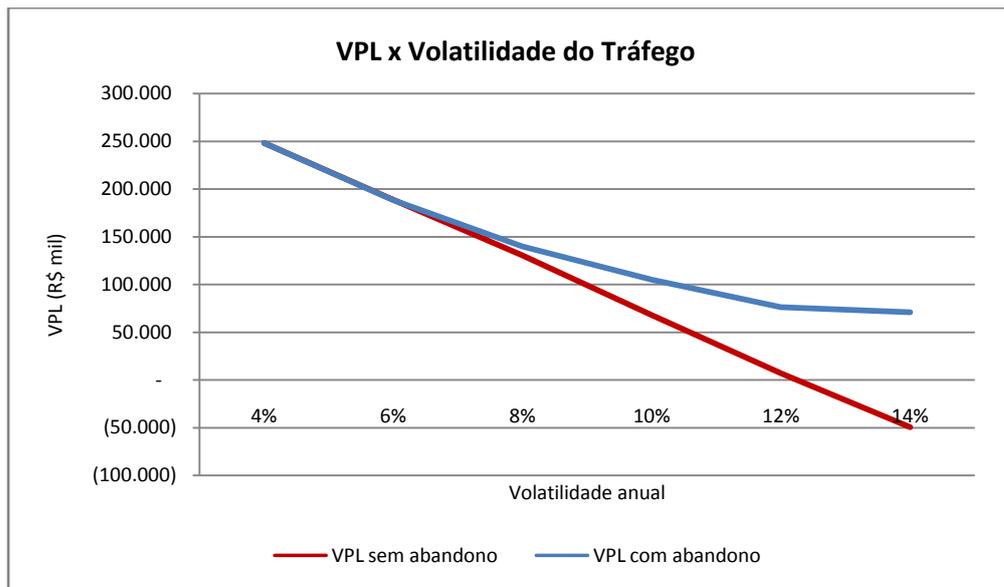


Figura 37 - Sensibilidade VPL x Volatilidade do Tráfego

Quanto maior a volatilidade do tráfego, mais negativo se torna o VPL esperado sem considerar a opção de abandono, tendo em vista que valores menores de tráfego podem ocorrer mais vezes. No modelo, o valor considerado foi de 10% e, pela análise de sensibilidade, até aproximadamente 12% não estaria comprometendo o VPL esperado em valores negativos.

Além disso, o aumento da volatilidade, mantendo-se o preço de mercado do risco constante, torna o prêmio de risco do tráfego maior que, ao ser subtraído da tendência real de crescimento do tráfego, acarreta em uma tendência neutra ao risco menor.

Assim, quando considerado o abandono, o aumento da volatilidade faz com que esta opção tenha cada vez mais valor. Isto pode ser observado tanto graficamente, pois como o VPL diminui para maiores volatilidades, o abandono passa a ser exercido mais vezes, como pelo próprio conceito de opções, que passam a ter mais valor quanto maior a volatilidade. Para volatilidades anuais do tráfego a partir de algum valor entre 7% e 8%, a opção de abandono começa a ganhar cada vez mais relevância. Visualmente, o VPL esperado tende a se estabilizar em um valor positivo para volatilidades acima de 14%, não ficando nunca negativo.

A variação da correlação do tráfego com o IBovespa afeta diretamente o preço de mercado de risco do tráfego e, conseqüentemente o seu prêmio de risco, que é subtraído da tendência de crescimento real. O comportamento do VPL foi:

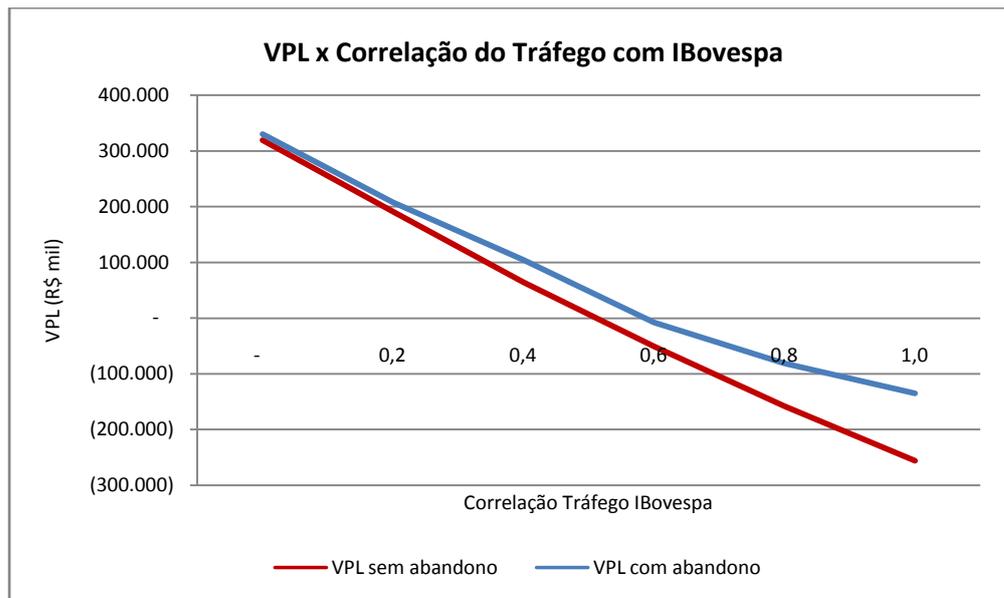


Figura 38 - Sensibilidade VPL x Correlação do Tráfego com IBovespa

Observa-se que quanto maior a correlação entre o tráfego e o IBovespa, menor é o VPL esperado. O que ocorre é que uma maior correlação entre estas variáveis, mantida a volatilidade do tráfego constante, provoca um aumento do prêmio de risco. Da mesma forma que a análise de sensibilidade da volatilidade, a tendência neutra ao risco é diminuída, gerando VPL esperado menor e uma maior relevância da opção de abandono.

## 8

### Conclusões e Recomendações

A utilização de estruturas envolvendo *project finance* e PPP pode ser vantajosa em projetos de infra-estrutura, tornando-os mais atrativos à participação da iniciativa privada e, muitas vezes, viabilizando economicamente projetos antes inviáveis.

A identificação de opções reais presentes nos projetos ou a criação de mecanismos que envolvam alguma flexibilidade se apresentam como uma forma de mitigar o risco: a presença de opções agrega valor ao projeto e pode diminuir seu risco.

No caso de concessões rodoviárias, o principal risco durante a fase operacional é o risco de demanda, representado pelo risco de tráfego. Para utilização dos conceitos da Teoria de Opções Reais, a utilização do preço de mercado do fator de risco se mostrou interessante, pois sua estimativa pode ser tomada por dados de mercado com base em outras concessões rodoviárias.

No exemplo estudado, a partir da estimativa do preço de mercado de risco do tráfego, foi realizada a simulação neutra ao risco dos fluxos de caixa – a partir da qual se calculou inicialmente o Valor Presente Líquido (VPL) esperado sem a presença de opções. Combinando o VPL obtido com os fluxos de caixa esperados em cada período pela simulação real, foi possível encontrar a taxa ajustada ao risco e a TIR para o acionista, para os dados considerados no projeto.

Para minimizar o risco de tráfego, o governo pode oferecer garantias de tráfego mínimo e, adicionalmente, combiná-las com repasses de receita por tráfego máximo. Este mecanismo já foi utilizado em outros países e pode ser efetivo para atrair capital privado neste tipo de investimento quando o projeto for muito arriscado ou inviável economicamente. Estas garantias e repasses têm características de opcionalidade e, para serem devidamente avaliadas, precisam estar sujeita a ferramentas adequadas de opções reais.

Dadas as características assumidas para o tráfego, foram aplicados os modelos analítico e por simulação, baseados em trabalhos sobre o assunto (Galera, 2006; Brandão e Saraiva, 2007).

Entretanto, o modelo analítico apresenta algumas restrições da forma como é construído, pois, implicitamente, supõe que a receita adicional ou repassada (proveniente da garantia de tráfego mínimo ou por repasse de tráfego máximo, respectivamente) é somada ou subtraída diretamente no fluxo de caixa de cada período. A soma dos valores presentes dos *payoffs* calculados em termos de receita é considerada como valor total das garantias e repasses, como se fossem diretamente adicionados ao VPL original sem opções. Desta forma, não é refletido o efeito da receita adicional ou repassada sobre o imposto de renda no fluxo de caixa de cada período.

Pelo método de simulação, é possível, a cada período, somar ou subtrair esta receita adicional ou repassada na receita original do projeto sem opções. Desta forma, a diferença de receita proveniente das opções estará impactando o lucro e, conseqüentemente, o cálculo do imposto de renda. O valor agregado pela existência das opções pode ser calculado com base na diferença entre o VPL esperado com opções e sem opções, fornecendo um resultado mais correto do que o método analítico. Por isso, o método de simulação é preferível ao método analítico.

A partir do método por simulação, é possível verificar que o risco do projeto realmente diminui na presença de opções de garantia e repasse. Nos casos considerados de piso de 60% a 90% e de teto de 110% a 140% do tráfego esperado, o VPL esperado aumenta e o desvio-padrão da sua distribuição diminui. Apenas nas combinações de piso / teto de 50% / 150% do tráfego esperado é que as opções de repasse superaram as de garantia, fazendo com que o VPL esperado diminuísse.

Apesar do aumento do VPL para algumas combinações de piso e teto, o cálculo da TIR esperada com base nestes fluxos de caixa mostrou uma redução em relação à TIR do projeto sem opções. Entretanto, verificou-se que se for calculada uma taxa de desconto ajustada ao risco para cada situação, esta será menor do que a do projeto original sem opções, indicando também que a presença das opções diminui o risco do projeto. Assim, apesar de a TIR ter diminuído, o VPL esperado pode ter aumentado.

Na situação em que existe uma capacidade máxima de tráfego na rodovia, as opções de repasse são mais afetadas dos que as de garantia. As opções de garantia só são afetadas para capacidades máximas muito baixas. Por outro lado, as opções

de repasse podem não ser exercidas nos casos em que os tetos para repasse forem altos, pois estarão limitados pela própria capacidade.

Além das opções de garantia e repasse por tráfego mínimo e máximo, no projeto hipotético modelado, o financiamento pressupõe a utilização de um *project finance*. Isto possibilita implicitamente que os acionistas possam sair do projeto quando lhes convier, agregando valor através de uma opção de abandono que pode ser avaliada em conjunto com a existência das outras opções. O governo pode escolher uma combinação ótima de opções de garantia e repasse de forma a minimizar esta probabilidade de abandono. A correta avaliação faz com que estas opções passem a ser mais interessantes também do ponto de vista do credor, ao diminuir o risco de abandono e, conseqüentemente, de inadimplência por parte do acionista.

Trabalhar com diferentes percentuais de recomposição / repasse e com dois níveis de piso e teto cria graus de liberdade para que o governo possa construir a combinação de garantias e repasses da forma mais conveniente – diminuindo o risco do projeto percebido pelo acionista, controlando a probabilidade de abandono e o tempo médio em que a saída do acionista pode ocorrer e ajustando a sua própria exposição ao risco. Esta atuação pode evitar problemas para os credores, além de problemas políticos e sociais.

A partir dos resultados e análises realizados, há variações e extensões que podem ser aplicadas a trabalhos futuros, como propostas a seguir:

- Utilizando o método por simulação, outros movimentos estocásticos podem ser utilizados para o tráfego, de forma a refletir melhor o comportamento desta variável dependendo da rodovia considerada. Brandão e Saraiva (2007) utilizam uma variação ao Movimento Geométrico Browniano (MGB), com uma taxa de crescimento (*drift*) esperada para o tráfego variável de forma discreta período a período – indicando altas taxas de crescimento nos períodos iniciais que vão decrescendo e se estabilizando nos períodos finais. Uma boa modelagem para se aproximar desta suposição é utilizar o mesmo modelo que Schwartz e Moon (2001). Pode-se modelar o tráfego com *drift* variável contínuo, de forma que o *drift* pode seguir um Movimento de Reversão à Média (MRM):

$$\frac{d\theta}{\theta} = \alpha_t dt + \sigma dz_1$$

$$d\alpha = \eta(\bar{\alpha} - \alpha_t)dt + \gamma dz_2$$

onde  $\theta$  é o tráfego

$\alpha_t$  é o *drift* do tráfego

$\sigma$  é a volatilidade do tráfego

$\bar{\alpha}$  é a média de longo prazo para o *drift*

$\eta$  é velocidade na qual o *drift* converge para sua média de longo prazo

$\gamma$  é a volatilidade do *drift* do tráfego

$dz_1$  e  $dz_2$  são processos de Wiener, que podem ser ou não correlacionados

- Podem-se supor combinações de opções de garantia por tráfego mínimo e repasse por tráfego máximo que não sejam necessariamente simétricas, dando mais liberdade ao governo para construir a composição mais adequada.
- Ao invés de considerar a presença de opções de garantia e repasse em todos os períodos de concessão, pode-se avaliar a sua disponibilidade apenas em alguns períodos mais críticos, como na PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo, minimizando a exposição ao risco do governo.
- O modelo analítico pode ser reavaliado para incluir a compensação do imposto de renda nos *payoffs* das opções, considerando que o concessionário terá que pagar um imposto de renda adicional ao receber uma receita por garantia, terá uma redução no valor de imposto a pagar por ter repassado parte da receita original, ou nenhum destes casos se o fluxo de caixa, mesmo com as opções de garantia, for negativo. Esta modelagem pode envolver a presença de uma opção adicional referente ao pagamento de imposto.

## Referências Bibliográficas

ABCR (Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias). Concessões de Rodovias: Uma Tendência Mundial. **Relatório Anual**, 2006. Disponível em [http://www.abcr.org.br/publi/pub\\_relatorio.php](http://www.abcr.org.br/publi/pub_relatorio.php). Acesso em 11 out. 2007.

ALCÂNTARA, W. R. **Opções Reais com Aplicações a Project Finance**. São Paulo, 2002. 125f. Dissertação de Mestrado. EAESP, Fundação Getúlio Vargas

ALONSO-CONDE, A. B. *et al.* Public Private Partnerships: Incentives, Risk Transfer and Real Options. **Review of Financial Economics**, 2007

BLACK, F.; SCHOLES, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities, **Journal of Political Economy**, v.81, n.3, p.637-654, mai/jun 1973

BONOMI, C.A.; MALVESSI, O. **Project Finance no Brasil: Fundamentos e Estudo de Casos**. Editora Atlas, 2002. 396 p.

BORGES, L.F.X.; FARIA, V.C.S. Project Finance: Considerações sobre a Aplicação em Infra-estrutura no Brasil. **Revista do BNDES**, v.9, n.18, p. 241-280, dez. 2002

BORGES, L.F.X.; NEVES, C. Parceria Público-Privada: Riscos e Mitigação de Riscos em Operações Estruturadas de Infra-estrutura. **Revista do BNDES**, v.12, n.23, p. 73-118, jun. 2005

BOWE, M.; LEE, D.L. Project Evaluation in the Presence of Multiple Embedded Real Options: Evidence from the Taiwan High-Speed Rail Project. **Journal of Asian Economics**, v.15, p.71-98, 2004

BRANDÃO, L.E.T. **Uma aplicação da Teoria das Opções Reais em Tempo Discreto para Avaliação de uma Concessão Rodoviária no Brasil**. Rio de Janeiro, 2002. 132f. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

BRANDÃO, L.E.T.; CURY, M.V.Q. Modelagem Híbrida para Concessões Rodoviárias com o uso da Teoria das Opções Reais: O Caso da Rodovia BR-163. *Gestão.Org* – **Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v.4, n.2, mai/ago 2006.

BRANDÃO, L.E.T.; SARAIVA, E.C.G. Risco Privado em Infra-estrutura Pública: Uma análise quantitativa de risco como ferramenta de modelagem de contratos. **Revista de Administração Pública**, v.41, n.6, nov/dez 2007

BRANDÃO, L.E.T.; SARAIVA, E.C.G. Garantias Governamentais em Projetos de PPP: Uma Avaliação por Opções Reais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.31, n.3, p.381-404, dez. 2007

BRASIL. Lei nº 8987, de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 29 ago. 1998. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/QUADRO/1995.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/QUADRO/1995.htm)>. Acesso em 10 dez. 2007

BRASIL. Lei nº 11079, de 30 de dezembro de 2004. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 dez. 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Ato2004-2006/2004/Lei/L11079.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2004-2006/2004/Lei/L11079.htm)>. Acesso em: 10 dez. 2007

CHEAH, C.Y.J. e LIU, J. Valuing Governmental Support in Infrastructure Projects as Real Options using Monte Carlo Simulation. **Construction Management and Economics**, v.24, n.5, p.545 – 554, mai. 2006

CHIARA, N.; GARVIN, M.; VECER J. Valuing Simple Multiple-Exercise Real Options in Infrastructure Projects. **Journal of Infrastructure Systems**, v.13, n.2, p.97-104, jun. 2007

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Real Options – a practitioner’s guide**. Thomson, 2003. 370p.

COX, J.C.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. Options Pricing a Simplified Approach. **Journal of Financial Economics**, v.3, p. 145-166, 1979

DAILAMI, M. *et al.* Infrisk: A computer simulation approach to risk management in infrastructure project finance transactions. **World Bank Policy Research Working Paper** n. 2083, mar. 1999

DIAS, M.A.G. **Opções Reais Híbridas com Aplicação em Petróleo**. Rio de Janeiro, 2005. 509f. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

DIXIT, A.; PINDYCK, R. **Investment Under Uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1994. 468 p.

ENGEL, E.; FISHER, R.; GALETOVIC, A., Least Present Value of Revenue Auctions and Highway Franchising. **Journal of Political Economy**, v.109, p.993-1020, 2001

ESTY, B.C. Improved techniques for valuing large-scale projects. **The Journal of Project Finance**, v.5, n.1, p.9-25, 1999

ESTY, B. C. **Modern Project Finance: A Casebook**. John Wiley & Sons, 2004. 562 p.

FILHO, M.J. **Teoria Geral das Concessões de Serviço Público**. Dialética, 2003

FINNERTY, J.D. **Project Financing – Asset-Based Financial Engineering**. John Wiley & Sons, 2007. 476 p.

GALERA, A.L.L. **Desarrollo de un Modelo de Valoración de Concesiones de Autopistas basado en la Teoría de Opciones Relaes. Validación mediante el Análisis de Series Históricas de Datos de Concesiones en Servicio.** Madrid, 2006. 360f. Tese de Doutorado. E.T.S.I. Caminos Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid

GARVIN, M.J. *et al.* Valuing Flexibility in Private Toll Road Development: Analysis of the Dulles Greenway. **The Journal of Structured and Project Finance**, winter, n.8331, p. 25-36, 2002

GARVIN, M.J.; CHEAH, Y.J. Valuation techniques for infrastructure investment decisions. **Construction Management e Economics**, v.22, n.4, p.373-383, mai. 2004

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**, 2a ed. Bookman, 2004. 610 p.

GRIMSEY, D.; LEWIS, M. **Public Private Partnerships: The Worldwide Revolution in Infrastructure Provision and Project Finance.** Edward Elgar, 2004. 268 p.

HUANG, Y.; CHOU, S. Valuation of the Minimum Revenue Guarantee and the Option to Abandon in BOT Infrastructure Projects. **Construction Management & Economics**, v. 24, p.379-389, abr. 2006

HULL, J.C. **Options, Futures and Other Derivatives**, 6a ed. Prentice Hall, 2006. 789 p.

HULL, J.C. **Student Solutions Manual (Options, Futures and Other Derivatives)**, 6a ed. Prentice Hall, 2006. 221 p.

IRWIN, T. Public Money for Private Infrastructure. **World Bank Working Paper**, n.10, ago. 2003

IRWIN, T. e EHRHARDT, D. Policy toward Leverage, Risk Allocation, and Bankruptcy. **World Bank Policy Research Working Paper** n.3274, abr.2004

IRWIN, T. **Government Guarantees: Allocating and Valuing Risk in Privately Financed Infrastructure Projects.** The World Bank, 2007. 213 p.

LONGSTAFF, F.A.; SCHWARTZ, E.S. Valuing American options by simulation: A simple least-squares approach. **The Review of Financial Studies**, v.14, n.1, p.113-147, 2001

MACHADO, L.C.K. **Concessões de Rodovias – Mito e Realidade.** 2a ed. Prêmio, 2005. 219 p.

MCDONALD, R.; SIEGEL, D. The Value of Waiting to Invest. **Quarterly Journal of Economics**, v.101, n.4, p.707-727, nov. 1986

MCDONALD, R. L. **Derivatives Markets**, 2a ed., Pearson – Addison Wesley, 2006. 964 p.

MERTON, R. Theory of Rational Option Pricing, **Bell Journal of Economics and Management Science**, v.4, n.1, p.141-183, 1973

MIORANDO, R.F. **Desenvolvimento e Aplicação de um Modelo de Avaliação de Rodovias Federais Concedidas: Uma Abordagem voltada aos Usuários**. Porto Alegre, 2005. 171f. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

MUN, J. **Real Options Analysis – Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions**, 2a ed. John Wiley & Sons, 2006. 667 p.

POLLIO, G. Project Finance and International Energy Development. **Energy Policy**, v.26, n.9, p.687-697, nov.1998

ROSE, S. Valuation of Interacting Real Options in a Tollroad Infrastructure Project. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v.38, edição especial, p.711-725,1998

SÃO PAULO. Governo do Estado. Concessão Patrocinada para Exploração da Operação dos Serviços de Transporte de Passageiros da Linha 4 (Amarela) do Metrô de São Paulo, abrangendo de Luz até Taboão da Serra. **Edital da Concorrência Internacional** n° 42325212. São Paulo, 2006

SCHMITZ, R. **Uma Contribuição Metodológica para Avaliação da Tarifa de Pedágio em Rodovias**. Florianópolis, 2001. 283f. Tese de Doutorado. Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina

SCHWARTZ, E.S.; MOON M. Rational Pricing of Internet Companies. **Financial Analysts Journal**, v.56, n.3, p.62-75, mai/jun 2000

SOARES, R.P.; CAMPOS NETO, C.A.S. Parcerias Público-Privadas do Plano Plurianual: Proposta de um Conceito. **IPEA**, Texto para Discussão n° 924, dez. 2002

SOARES, R.P.; CAMPOS NETO, C.A.S. Considerações sobre o Projeto de Lei de Parceria Público-Privada (PPP) em face da Experiência Recente no Brasil. **IPEA**, Texto para Discussão n° 1010, mar. 2004

TAVARES, M. TCU pede checagem de contratos vigentes com concessionárias de rodovias. **Jornal O Globo**, Brasília, 10 out. 2007. Plantão acessado em <http://www.oglobo.com.br>.

TRIGEORGIS, L. **Real Options – Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation**. The MIT Press, 1996. 427 p.

VASSALO, J. Traffic Risk Mitigation in Highway Concession Projects – The Experience of Chile. **Journal of Transport Economics and Policy**, v.40, n.3, p.359-381, set. 2006

WEI-HUA, Y.; DA-SHUANG, D. Concession Decision Model of BOT Projects Based on a Real Options Approach, **International Conference on Management Science and Engineering (ICMSE'06)**, 2006

WIBOWO, A. Valuing guarantees in BOT infrastructure project. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v.11, n.6, p.395-406, 2004

YESCOMBE, E.R. **Principles of Project Finance**. Academic Press, 2002. 344 p.

ZHAO, T.; SUNDARARAJAN, S. K.; TSENG, C. Highway Development Decision-Making under Uncertainty: A Real Options Approach. **Journal of Infrastructure Systems**, v.10, n.1, p.23-32, mar. 2004

#### SÍTIOS NA INTERNET:

<http://www.antt.gov.br>: Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Acesso em 10 out. 2007.

<http://www.abcr.org.br>: Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (ABCR) Acesso em 11 out. 2007.

<http://www.ponte.com.br>: Concessionária Ponte S/A (1/12/2007). Acesso em 15 out. 2007.

<http://www.ccrnet.com.br>: Empresa CCR – Companhia de Concessões Rodoviárias. Acesso em 03 dez. 2007.

<http://www.ohlbrasil.com.br>: Empresa OHL Brasil. Acesso em 03 dez. 2007.

[www.puc-rio.br/marco.ind](http://www.puc-rio.br/marco.ind): *Real Options in Petroleum*, desenvolvido pelo Prof. Marco Antonio Guimarães Dias. Acesso em 01 out. 2007.

<http://www.puc-rio.br/marco.ind/ind2072.html>: Notas de aula do Prof. Marco Antonio Guimarães Dias. Acesso em 01 out. 2007.

[www.planejamento.org.br/ppp](http://www.planejamento.org.br/ppp): Sobre PPP, do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Acesso em 02 out. 2007.

<http://www.pppbr116.org/estudos.html>: Sobre projeto da BR 116/324, com informações e dados. Acesso em 02 out. 2007.

<http://www.planejamento.sp.gov.br/ppp/default.asp>: Sobre PPP no Estado de São Paulo. Acesso em 23 out. 2007.

[http://www.planejamento.sp.gov.br/PPP/proj/Carteira\\_Proj\\_Port.pdf](http://www.planejamento.sp.gov.br/PPP/proj/Carteira_Proj_Port.pdf): Apresentação do Governo do Estado de São Paulo sobre a carteira de projetos do Programa Estadual de Parcerias Público-Privadas. Acesso em 23 out. 2007.

[www.metro.sp.gov.br/expansao/sumario/ppp/pdf/linha4apresentacao.pdf](http://www.metro.sp.gov.br/expansao/sumario/ppp/pdf/linha4apresentacao.pdf): Apresentação sobre o Estudo de Caso da PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo. Acesso em 23 out. 2007.

[http://www.tesouro.fazenda.gov.br/siafi/atribuicoes\\_01\\_01.asp](http://www.tesouro.fazenda.gov.br/siafi/atribuicoes_01_01.asp): Definição de PPA (Plano Plurianual). Acesso em 03 dez. 2007.

## 10 Apêndices

### 10.1 Demonstrações do Capítulo 5

#### 10.1.1 Preço de Mercado do Risco para Ativo com Dividendos ou Fluxo

Seja um ativo  $f$  que gera um fluxo à taxa  $\delta$ , de forma análoga a uma taxa de conveniência ou de dividendos, cujo processo é dado por:

$$\frac{df}{f} = \mu dt + \sigma dz \quad (10.1)$$

onde  $\mu$  é a taxa de crescimento esperada de

$\theta$

$\sigma$  é a volatilidade de  $\theta$

$dz$  é um processo de Wiener

Suponha um novo ativo  $f^*$  seguindo o mesmo processo de  $f$ , que não apresenta taxa de conveniência, mas cuja receita seja reinvestida em  $f$  à taxa  $\delta$ .

Assumindo que isso ocorra a partir de  $t=0$  de forma contínua à taxa  $\delta$ , a relação entre  $f$  e  $f^*$  será:

$$f^* = f e^{\delta t} \quad (10.2)$$

Aplicando o Lema de Itô a  $f^*$ , tem-se:

$$df^* = e^{\delta t} df + \delta f e^{\delta t} dt$$

$$\therefore df^* = e^{\delta t} (\mu f dt + \sigma f dz) + \delta f e^{\delta t} dt$$

$$\therefore df^* = (\mu + \delta) f^* dt + \sigma f^* dz \quad (10.3)$$

O processo para o derivativo  $f^*$  será:

$$\frac{df^*}{f^*} = (\mu + \delta)dt + \sigma dz \quad (10.4)$$

Logo:

$$\mu^* = \mu + \delta \quad (10.5)$$

$$\sigma^* = \sigma \quad (10.6)$$

Tomando a relação do conceito de prêmio de risco:

$$\mu^* - r = \lambda\sigma^* \quad (10.7)$$

$$\therefore \mu + \delta - r = \lambda\sigma \quad (10.8)$$

### 10.1.2

#### Preço de Mercado do Risco para Variável Financeira ou Não

Seja uma variável  $\theta$  qualquer, financeira ou não, seguindo o processo:

$$\frac{d\theta}{\theta} = mdt + sdz \quad (10.9)$$

onde  $m$  é a taxa de crescimento esperada de  $\theta$ , função de  $\theta$  e  $t$

$s$  é a volatilidade de  $\theta$ , função de  $\theta$  e  $t$

$dz$  é um processo de Wiener

Tome-se um ativo  $f$  cujo preço dependa de uma variável  $\theta$  e do tempo  $t$ , que siga um processo na forma:

$$\frac{df}{f} = \mu dt + \sigma dz \quad (10.10)$$

Pelo Lema de Itô, pode-se escrever:

$$df = \frac{\partial f}{\partial \theta} d\theta + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial \theta^2} d\theta^2 + \frac{\partial f}{\partial t} dt \quad (10.11)$$

$$\therefore df = \left( m\theta \frac{\partial f}{\partial \theta} + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} s^2 \theta^2 \frac{\partial^2 f}{\partial \theta^2} \right) dt + s\theta \frac{\partial f}{\partial \theta} dz \quad (10.12)$$

Como o processo seguido por  $f$  é:

$$df = \mu f dt + \sigma f dz \quad (10.13)$$

pode-se concluir que:

$$\mu f = m\theta \frac{\partial f}{\partial \theta} + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} s^2 \theta^2 \frac{\partial^2 f}{\partial \theta^2} \quad (10.14)$$

e

$$\sigma f = s\theta \frac{\partial f}{\partial \theta} \quad (10.15)$$

Pela equação (5.13), o preço de mercado do risco da variável  $\theta$  é dado por:

$$\frac{\mu - r}{\sigma} = \lambda \quad (10.16)$$

onde  $r$  é a taxa livre de risco.

$$\therefore \mu = r + \lambda \sigma \quad (10.17)$$

Substituindo as equações (10.15) e (10.17) na equação (10.14), tem-se:

$$\begin{aligned} (r + \lambda \sigma) f &= m\theta \frac{\partial f}{\partial \theta} + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} s^2 \theta^2 \frac{\partial^2 f}{\partial \theta^2} \\ \therefore \frac{1}{2} s^2 \theta^2 \frac{\partial^2 f}{\partial \theta^2} + \theta(m - \lambda s) \frac{\partial f}{\partial \theta} + \frac{\partial f}{\partial t} + r f &= 0 \quad (10.18) \end{aligned}$$

Esta equação apresenta a estrutura similar à de Black & Scholes (1973) em que  $\theta$  é análogo à ação  $S$  que não paga dividendos (como na equação (5.6)). Neste caso, é como se  $\theta$  fosse o preço de um ativo de investimento, de forma que deve satisfazer a equação:

$$\frac{m - r}{s} = \lambda \quad (10.19)$$

$$\therefore m - \lambda s = r \quad (10.20)$$

e a equação diferencial se torna igual a de Black & Scholes:

$$\frac{1}{2}s^2\theta^2 \frac{\partial^2 f}{\partial \theta^2} + r\theta \frac{\partial f}{\partial \theta} + \frac{\partial f}{\partial t} + rf = 0 \quad (10.21)$$

Quando se considera na equação (10.18) que  $\theta$  é análogo a um ativo que apresenta um fluxo como dividendos, à taxa  $q$ , devemos compará-la com equação de Black, Scholes e Merton, em que  $\theta$  é análogo à ação  $S$  que paga dividendos (como na equação (5.7)). Escrevendo a taxa de dividendos  $q$  como sendo:

$$q = r - m + \lambda s \quad (10.22)$$

tem-se:

$$\therefore r - q = m - \lambda s \quad (10.23)$$

Deste modo, a equação diferencial se torna igual a de Black, Scholes e Merton (para o caso de haver taxa de dividendos):

$$\frac{1}{2}s^2\theta^2 \frac{\partial^2 f}{\partial \theta^2} + (r - q)\theta \frac{\partial f}{\partial \theta} + \frac{\partial f}{\partial t} + rf = 0 \quad (10.24)$$

Para o caso geral em que a variável base  $\theta$  apresente um fluxo à taxa  $q$  análogo ao dividendo de uma ação ou à taxa de conveniência de um *commodity*, o preço de mercado do risco desta variável será então:

$$\lambda = \frac{m + q - r}{s} \quad (10.25)$$

**10.2****Dados de Tráfego de Rodovias Administradas pelas Empresas CCR e OHL Brasil**

As informações a seguir são trimestrais, em milhares de veículos equivalentes.

<b>Concessionárias da CCR</b>						
<b>Período</b>	<b>AutoBAn</b>	<b>NovaDutra</b>	<b>Rodonorte</b>	<b>Ponte</b>	<b>Via Lagos</b>	<b>Consolidado</b>
1T00	27.426	17.772	10.638	6.450	1.620	70.356
2T00	28.473	17.859	10.325	6.471	931	70.529
3T00	28.637	18.156	10.258	6.180	851	70.262
4T00	30.605	18.360	10.196	6.300	1.108	72.869
1T01	31.119	17.700	10.310	6.262	1.608	73.261
2T01	34.818	17.250	10.528	6.229	894	75.948
3T01	36.145	22.064	11.773	6.424	967	83.798
4T01	36.294	27.727	10.806	6.603	1.135	89.169
1T02	35.280	26.263	10.820	6.491	1.555	86.900
2T02	37.474	26.039	11.047	6.499	861	88.419
3T02	40.219	27.495	12.631	6.808	937	94.898
4T02	40.435	28.747	11.493	6.991	1.201	95.860
1T03	35.796	25.992	11.322	6.432	1.545	87.520
2T03	38.440	25.480	11.994	6.366	949	89.595
3T03	39.496	27.150	13.075	6.666	922	93.973
4T03	40.472	29.235	12.571	6.938	1.149	97.303
1T04	38.154	28.299	12.755	6.601	1.513	93.922
2T04	40.438	28.757	13.657	6.539	997	96.928
3T04	44.721	30.275	13.915	6.671	1.068	103.322
4T04	44.757	30.990	12.129	6.852	1.321	102.900
1T05	42.059	28.635	12.945	6.388	1.673	106.850
2T05	44.790	29.110	12.825	6.485	1.074	126.084
3T05	46.420	29.795	12.936	6.640	1.122	129.920
4T05	45.665	30.592	12.395	6.811	1.478	130.085
1T06	42.927	29.055	12.665	6.493	1.676	124.839
2T06	44.495	28.731	12.305	6.363	1.070	125.610
3T06	47.895	30.319	13.136	6.701	1.107	133.386
4T06	48.220	31.744	12.593	6.788	1.257	135.853
1T07	45.431	29.555	13.591	6.530	1.674	130.584
2T07	47.583	30.036	13.164	6.571	1.131	133.574

Tabela 18 – Dados de tráfego de rodovias administradas pela CCR

<b>Concessionárias OHL</b>					
<b>Período</b>	<b>Autovias</b>	<b>Centrovias</b>	<b>Intervias</b>	<b>Vianorte</b>	<b>Total</b>
1T03	4.125	3.816	9.262	5.265	22.468
2T03	4.440	4.020	10.525	6.083	25.068
3T03	4.342	4.329	11.036	6.328	26.035
4T03	4.445	4.399	10.852	6.085	25.781
1T04	4.199	4.120	10.282	5.482	24.083
2T04	4.403	4.282	11.039	6.069	25.792
3T04	4.582	4.912	12.074	6.469	28.036
4T04	4.608	4.931	11.576	6.247	27.362
1T05	4.344	4.549	10.579	5.543	25.016
2T05	4.650	4.608	11.771	6.360	27.388
3T05	4.661	4.864	12.262	6.590	28.377
4T05	4.642	4.840	11.666	6.483	27.632
1T06	4.448	4.466	10.704	5.853	25.471
2T06	4.617	4.473	11.535	6.380	27.004
3T06	4.830	4.986	12.580	6.812	29.208
4T06	5.009	5.199	12.240	6.665	29.113
1T07	5.036	4.940	11.384	6.257	27.617
2T07	5.139	4.811	12.278	6.568	28.796

Tabela 19 – Dados de tráfego de rodovias administradas pela OHL Brasil

### 10.3

#### Modelagem Analítica para Dois Níveis Pisos e Tetos de Tráfego

De forma análoga ao caso de um nível de piso de garantia (primeira *put*), na seção 7.2.1.1, caso fosse considerado um segundo piso de garantia de tráfego (segunda *put*), como na PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo, sendo a condição de contorno o *payoff* em cada vencimento  $t = i$  descrita na seção 7.2.1, o valor da receita garantida para um determinado período seria:

$$RG_{2i}(t = 0) = 365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \cdot (y_2 - y_1) [a_2 \bar{\theta}_i e^{-rt} N(-d_2) - \theta_0 e^{(\alpha - \lambda\sigma - r)t} N(-d_1)] \quad (10.26)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{a_2 \bar{\theta}_i}\right) + \left(\alpha - \lambda\sigma + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$\text{e } d_2 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{a_2 \bar{\theta}_i}\right) + \left(\alpha - \lambda\sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

Caso fosse considerado um segundo teto de repasse de tráfego (segunda *call*), sendo a condição de contorno o *payoff* em cada vencimento  $t = i$  descrita na seção 7.2.1, o valor da receita a ser repassada para um determinado período seria:

$$RG_{2i}(t = 0) = -365 \cdot (1 - \tau) \cdot p \cdot (y_2 - y_1) [\theta_0 e^{(\alpha - \lambda\sigma - r)t} N(d_1) - b_2 \bar{\theta}_i e^{-rt} N(d_2)] \quad (10.27)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{b_2 \bar{\theta}_i}\right) + \left(\alpha - \lambda\sigma + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$\text{e } d_2 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{b_2 \bar{\theta}_i}\right) + \left(\alpha - \lambda\sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

## 10.4 Dados do Índice ABCR e do IBovespa

As informações a seguir são trimestrais. O índice ABCR é produzido pela Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias em conjunto com a Tendências Consultoria Integrada e a série utiliza número índice igual a 100 no início do ano de 1999.

Trimestre	Índice ABCR	IBovespa
<b>Dez/99</b>	111,99	17.091,60
<b>Mar/00</b>	102,16	17.820,37
<b>Jun/00</b>	93,70	16.727,95
<b>Set/00</b>	93,22	15.928,39
<b>Dez/00</b>	109,83	15.259,29
<b>Mar/01</b>	99,22	14.438,45
<b>Jun/01</b>	94,49	14.559,79
<b>Set/01</b>	95,73	10.635,74
<b>Dez/01</b>	108,74	13.577,57
<b>Mar/02</b>	104,79	13.254,55
<b>Jun/02</b>	92,49	11.139,16
<b>Set/02</b>	99,08	8.622,54
<b>Dez/02</b>	111,44	11.268,47
<b>Mar/03</b>	98,45	11.273,63
<b>Jun/03</b>	94,48	12.972,58
<b>Set/03</b>	96,60	16.010,67
<b>Dez/03</b>	114,71	22.236,39
<b>Mar/04</b>	101,08	22.142,26
<b>Jun/04</b>	98,30	21.148,91
<b>Set/04</b>	104,33	23.245,24
<b>Dez/04</b>	118,31	26.196,25
<b>Mar/05</b>	108,49	26.610,65
<b>Jun/05</b>	100,83	25.051,21
<b>Set/05</b>	102,26	31.583,79
<b>Dez/05</b>	120,46	33.455,94
<b>Mar/06</b>	106,38	37.951,97
<b>Jun/06</b>	98,70	36.630,66
<b>Set/06</b>	106,54	36.449,40
<b>Dez/06</b>	124,35	44.473,71
<b>Mar/07</b>	111,70	45.804,66
<b>Jun/07</b>	107,45	54.392,06
<b>Set/07</b>	116,19	60.465,06

Tabela 20 – Dados do Índice ABCR e do IBovespa

## 10.5

## Resultados do Projeto do Capítulo 7

## 10.5.1

## Caso de um Nível de Garantia de Piso por Tráfego Mínimo

## VPL esperado sem opções por simulação (em R\$ mil)

Com recomposição de ( $y_I$ )						
Percentual do tráfego esperado ( $a_I$ )	50%	60%	70%	80%	90%	100%
50%	72.778	67.983	69.744	69.707	69.731	69.978
60%	71.850	71.708	68.875	67.895	69.092	69.921
70%	71.560	70.306	70.690	68.995	70.878	70.185
80%	71.736	67.787	70.921	71.560	70.379	70.593
90%	67.978	71.219	68.077	68.174	69.963	70.319

Tabela 21 – VPL esperado sem opções por simulação

## VPL esperado com garantia por simulação (em R\$ mil)

Com recomposição de ( $y_I$ )						
Percentual do tráfego esperado ( $a_I$ )	50%	60%	70%	80%	90%	100%
50%	84.849	81.398	84.820	88.471	89.526	91.679
60%	99.610	105.347	105.922	109.729	117.204	123.403
70%	127.907	137.837	148.535	158.266	170.649	180.422
80%	173.442	185.591	210.301	231.566	247.967	265.533
90%	229.769	265.834	290.908	320.267	352.922	382.503

Tabela 22– VPL esperado com garantia por simulação

## Desvio-padrão do VPL com garantia (em R\$ mil)

Com recomposição de ( $y_I$ )						
Percentual do tráfego esperado ( $a_I$ )	50%	60%	70%	80%	90%	100%
50%	607.912	583.133	595.976	583.454	582.009	580.823
60%	588.350	573.867	566.608	552.288	552.494	549.153
70%	560.253	544.555	533.169	515.462	512.871	502.648
80%	520.980	491.549	490.790	474.918	459.400	448.401
90%	469.729	458.617	431.711	412.862	389.705	381.016

Tabela 23 – Desvio-padrão do VPL com garantia

**TIR esperada**

Com recomposição de ( $y_I$ )						
Percentual do tráfego esperado ( $a_I$ )	50%	60%	70%	80%	90%	100%
50%	9,98%	9,93%	9,95%	9,97%	9,97%	9,98%
60%	10,04%	10,07%	10,06%	10,06%	10,11%	10,14%
70%	10,21%	10,26%	10,32%	10,36%	10,43%	10,48%
80%	10,53%	10,57%	10,74%	10,87%	10,95%	11,05%
90%	10,97%	11,22%	11,36%	11,53%	11,76%	11,93%

Tabela 24 – TIR esperada do caso com garantia

**10.5.2****Caso de um Nível de Garantia por Tráfego Mínimo e um Nível de Repasse por Tráfego Máximo****VPL esperado com garantia e repasse por simulação (em R\$ mil)**

Com recomposição e repasse de ( $y_I$ )						
Percentual do tráfego esperado ( $a_I / b_I$ )	50%	60%	70%	80%	90%	100%
50% / 150%	70.493	67.286	66.758	70.957	67.708	66.987
60% / 140%	80.841	83.874	81.522	82.984	86.814	87.891
70% / 130%	101.127	107.424	112.012	119.358	124.701	129.766
80% / 120%	135.130	142.521	156.979	169.842	180.234	189.535
90% / 110%	175.716	197.582	214.254	232.149	252.707	269.629

Tabela 25 – VPL esperado com garantia e repasse por simulação

**Desvio-padrão do VPL com garantia e repasse (em R\$ mil)**

Com recomposição e repasse de ( $y_I$ )						
Percentual do tráfego esperado ( $a_I / b_I$ )	50%	60%	70%	80%	90%	100%
50% / 150%	568.022	545.800	542.667	541.109	527.811	519.038
60% / 140%	540.123	521.735	504.830	487.896	478.497	464.547
70% / 130%	496.430	473.455	446.160	425.793	408.815	387.522
80% / 120%	439.100	393.927	370.003	342.627	309.027	279.688
90% / 110%	363.399	324.464	275.102	229.477	188.203	148.801

Tabela 26 – Desvio-padrão do VPL com garantia e repasse

**TIR esperada**

<b>Com recomposição e repasse de (<math>y_l</math>)</b>						
<b>Percentual do tráfego esperado (<math>a_l / b_l</math>)</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>	<b>70%</b>	<b>80%</b>	<b>90%</b>	<b>100%</b>
<b>50% / 150%</b>	9,68%	9,61%	9,55%	9,54%	9,47%	9,42%
<b>60% / 140%</b>	9,65%	9,61%	9,53%	9,47%	9,44%	9,37%
<b>70% / 130%</b>	9,67%	9,63%	9,58%	9,55%	9,49%	9,44%
<b>80% / 120%</b>	9,80%	9,75%	9,73%	9,71%	9,67%	9,62%
<b>90% / 110%</b>	9,98%	10,00%	9,98%	9,97%	9,99%	9,96%

Tabela 27 – TIR esperada do caso com garantia e repasse

**10.5.3****Presença de Capacidade Máxima de Tráfego na Rodovia****VPL esperado sem opções (R\$ mil)**

<b>Capacidade Máxima</b>	<b>VPL sem opções</b>
<b>200.000</b>	(46.257)
<b>300.000</b>	40.353
<b>400.000</b>	60.696
<b>500.000</b>	66.504

Tabela 28 – VPL esperado sem opções com capacidade máxima

**Valor das opções de garantia, sem considerar repasse (R\$ mil)**

<b>Recomposição 100%</b>	<b>Com piso de tráfego garantido de</b>				
<b>Capacidade Máxima</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>	<b>70%</b>	<b>80%</b>	<b>90%</b>
<b>200.000</b>	14.149	37.761	86.635	158.490	266.905
<b>300.000</b>	22.002	53.830	108.654	196.136	312.143
<b>400.000</b>	21.680	52.971	110.009	197.192	311.299
<b>500.000</b>	20.334	54.116	110.059	195.338	310.509
<b>sem capacidade</b>	21.701	53.482	110.236	194.940	312.184

Tabela 29 – Valor das opções de garantia com capacidade máxima

**Valor conjunto de garantias e repasses (R\$ mil)**

<b>Recomposição 100%</b>	<b>Com piso de tráfego garantido de</b>				
<b>Capacidade Máxima</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>	<b>70%</b>	<b>80%</b>	<b>90%</b>
<b>200.000</b>	13.720	35.997	80.313	142.569	227.558
<b>300.000</b>	14.631	40.179	83.878	148.881	228.297
<b>400.000</b>	6.410	28.909	68.272	130.407	209.864
<b>500.000</b>	(2.367)	21.696	61.896	123.531	203.787
<b>sem capacidade</b>	(2.991)	17.970	59.581	118.942	199.310

Tabela 30 – Valor conjunto das opções de garantia e repasse com capacidade máxima

### 10.5.4 Dados de Gatilho de Tráfego

#### Gatilhos de tráfego para projeto sem opções

Ano	Tráfego mínimo (veículos equivalentes / dia)
0	-
1	-
2	74.082
3	81.873
4	81.873
5	81.873
6	81.873
7	81.873
8	81.873
9	81.873
10	81.873
11	81.873
12	81.873
13	81.873
14	81.873
15	81.873
16	81.873
17	81.873
18	70.469
19	74.082
20	74.082
21	74.082
22	77.880
23	77.880
24	81.873
25	86.071

Tabela 31 – Gatilhos de tráfego para projeto sem opções

## 10.5.5

## VPL e Valor das Opções na Presença da Opção de Abandono

Piso / Teto de tráfego com recomposição e repasse de 90%	Caso com garantia sem abandono		Caso com garantia e repasse, sem abandono		Caso com garantia com abandono		Caso com garantia e repasse, com abandono	
	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções
50% / 150%	89.526	19.795	67.708	(2.023)	108.310	38.579	86.629	16.898
60% / 140%	117.204	48.112	86.814	17.722	124.174	55.082	3.791	24.699
70% / 130%	170.649	99.771	124.701	53.823	171.157	100.279	125.210	54.332
80% / 120%	247.967	177.588	180.234	109.855	247.967	177.588	180.234	109.855
90% / 110%	352.922	282.958	252.707	182.744	352.922	282.958	252.707	182.744

Tabela 32 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomp./repasse de 90%)

Piso / Teto de tráfego com recomposição e repasse de 80%	Caso com garantia sem abandono		Caso com garantia e repasse, sem abandono		Caso com garantia com abandono		Caso com garantia e repasse, com abandono	
	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Prêmio das opções
50% / 150%	88.471	18.764	70.957	1.251	110.410	40.704	92.911	23.205
60% / 140%	109.729	41.834	82.984	15.089	115.363	47.469	88.718	20.823
70% / 130%	158.266	89.272	119.358	50.364	158.839	89.844	119.968	50.973
80% / 120%	231.566	160.006	169.842	98.282	231.566	160.006	169.842	98.282
90% / 110%	320.267	252.092	232.149	163.975	320.267	252.092	232.149	163.975

Tabela 33 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomp./repasse de 80%)

Piso / Teto de tráfego com recomposição e repasse de 70%	Caso com garantia sem abandono		Caso com garantia e repasse, sem abandono		Caso com garantia com abandono		Caso com garantia e repasse, com abandono	
	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções
50% / 150%	84.820	15.076	66.758	(2.986)	106.097	36.353	88.131	18.387
60% / 140%	105.922	37.046	81.522	12.647	116.127	47.252	91.776	22.900
70% / 130%	148.535	77.845	112.012	41.322	149.719	79.029	113.260	42.570
80% / 120%	210.301	139.380	156.979	86.058	210.311	139.390	156.989	86.069
90% / 110%	290.908	222.830	214.254	146.176	290.908	222.830	214.254	146.176

Tabela 34 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomp./repasse de 70%)

Piso / Teto de tráfego com recomposição e repasse de 60%	Caso com garantia sem abandono		Caso com garantia e repasse, sem abandono		Caso com garantia com abandono		Caso com garantia e repasse, com abandono	
	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções
50% / 150%	81.398	13.415	67.286	(698)	104.459	36.476	90.387	22.403
60% / 140%	105.347	33.639	83.874	12.166	118.583	46.875	97.187	25.479
70% / 130%	137.837	67.531	107.424	37.118	141.775	71.469	111.378	41.072
80% / 120%	185.591	117.805	142.521	74.735	185.673	117.886	142.603	74.816
90% / 110%	265.834	194.615	197.582	126.364	265.834	194.615	197.582	126.364

Tabela 35 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomp./repasse de 60%)

Piso / Teto de tráfego com recomposição e repasse de 50%	Caso com garantia sem abandono		Caso com garantia e repasse, sem abandono		Caso com garantia com abandono		Caso com garantia e repasse, com abandono	
	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções	VPL	Valor das opções
50% / 150%	84.849	12.072	70.493	(2.285)	109.441	36.663	95.168	22.390
60% / 140%	99.610	27.759	80.841	8.990	115.536	43.685	96.899	25.048
70% / 130%	127.907	56.347	101.127	29.567	132.885	61.325	106.157	34.597
80% / 120%	173.442	101.706	135.130	63.394	174.126	102.390	135.818	64.083
90% / 110%	229.769	161.791	175.716	107.739	229.827	161.849	175.774	107.796

Tabela 36 – VPL e valor das opções com opção de abandono (recomp./repasso de 50%)

### 10.5.6 Probabilidade e Tempo Médio de Abandono

Piso / Teto de Tráfego (recomposição e repasse de 100%)	Probabilidade	Tempo médio (anos)
50% / 150%	12,03%	5,21
60% / 140%	3,40%	4,32
70% / 130%	0,09%	2,22
80% / 120%	0,00%	
90% / 110%	0,00%	

Tabela 37 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomp./repasso de 100%)

Piso / Teto de Tráfego (recomposição e repasse de 90%)	Probabilidade	Tempo médio (anos)
50% / 150%	12,16%	5,38
60% / 140%	4,36%	4,62
70% / 130%	0,42%	2,10
80% / 120%	0,00%	
90% / 110%	0,00%	

Tabela 38 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomp./repasso de 90%)

Piso / Teto de Tráfego (recomposição e repasse de 80%)	Probabilidade	Tempo médio (anos)
50% / 150%	12,46%	5,37
60% / 140%	4,58%	4,93
70% / 130%	1,14%	2,77
80% / 120%	0,00%	
90% / 110%	0,00%	

Tabela 39 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomp./repasso de 80%)

<b>Piso / Teto de Tráfego recomposição e repasso de 70%</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Tempo médio (anos)</b>
50% / 150%	12,88%	5,53
60% / 140%	7,28%	4,79
70% / 130%	2,48%	3,62
80% / 120%	0,02%	3,00
90% / 110%	0,00%	

Tabela 40 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomp./repasso de 70%)

<b>Piso / Teto de Tráfego recomposição e repasso de 60%</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Tempo médio (anos)</b>
50% / 150%	13,26%	5,63
60% / 140%	7,38%	5,10
70% / 130%	3,04%	4,03
80% / 120%	0,22%	3,36
90% / 110%	0,00%	

Tabela 41 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomp./repasso de 60%)

<b>Piso / Teto de Tráfego recomposição e repasso de 50%</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Tempo médio (anos)</b>
50% / 150%	13,18%	5,94
60% / 140%	9,02%	4,81
70% / 130%	4,12%	4,82
80% / 120%	1,56%	3,79
90% / 110%	0,06%	4,00

Tabela 42 – Probabilidade e tempo médio de abandono (recomp./repasso de 50%)

### 10.5.7 Análise de Sensibilidade

<b>Pedágio</b>	<b>VPL sem abandono</b>	<b>VPL com abandono</b>
5,00	(132.311)	(70.774)
5,20	(52.276)	2.254
5,40	35.172	79.452
5,60	109.953	136.605
5,80	187.212	207.196
6,00	264.638	281.347

Tabela 43 – Sensibilidade VPL x Pedágio

<b>Tráfego Inicial Esperado</b>	<b>VPL sem abandono</b>	<b>VPL com abandono</b>
50	(1.132.396)	(345.791)
75	(509.759)	(283.182)
100	70.921	111.091
125	591.698	596.095
150	1.081.369	1.082.801

Tabela 44 – Sensibilidade VPL x Tráfego Inicial Esperado

<b>Drift Esperado</b>	<b>VPL sem abandono</b>	<b>VPL com abandono</b>
3,0%	(165.152)	(87.287)
4,0%	70.179	104.397
5,0%	344.974	360.440
6,0%	646.299	650.309
7,0%	1.008.330	1.009.892

Tabela 45 – Sensibilidade VPL x *Drift* Esperado do Tráfego

<b>Volatilidade</b>	<b>VPL sem abandono</b>	<b>VPL com abandono</b>
4%	248.300	248.300
6%	188.742	188.522
8%	130.418	139.882
10%	68.021	105.038
12%	6.859	76.308
14%	(49.572)	70.837

Tabela 46 – Sensibilidade VPL x Volatilidade do Tráfego

<b>Correlação</b>	<b>VPL sem abandono</b>	<b>VPL com abandono</b>
0,0	319.526	330.089
0,2	191.362	207.208
0,4	64.825	104.280
0,6	(50.466)	(8.134)
0,8	(157.700)	(81.436)
1,0	(255.702)	(135.087)

Tabela 47 – Sensibilidade VPL x Correlação do Tráfego com o IBovespa

# 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](#)