

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)**

<b>Com recomposição de (<math>y_I</math>)</b>						
<b>Percentual do tráfego esperado (<math>a_I</math>)</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>	<b>70%</b>	<b>80%</b>	<b>90%</b>	<b>100%</b>
<b>50%</b>	72.778	67.983	69.744	69.707	69.731	69.978
<b>60%</b>	71.850	71.708	68.875	67.895	69.092	69.921
<b>70%</b>	71.560	70.306	70.690	68.995	70.878	70.185
<b>80%</b>	71.736	67.787	70.921	71.560	70.379	70.593
<b>90%</b>	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)**

<b>Com recomposição de (<math>y_I</math>)</b>						
<b>Percentual do tráfego esperado (<math>a_I</math>)</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>	<b>70%</b>	<b>80%</b>	<b>90%</b>	<b>100%</b>
<b>50%</b>	84.849	81.398	84.820	88.471	89.526	91.679
<b>60%</b>	99.610	105.347	105.922	109.729	117.204	123.403
<b>70%</b>	127.907	137.837	148.535	158.266	170.649	180.422
<b>80%</b>	173.442	185.591	210.301	231.566	247.967	265.533
<b>90%</b>	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)**

<b>Com recomposição de (<math>y_I</math>)</b>						
<b>Percentual do tráfego esperado (<math>a_I</math>)</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>	<b>70%</b>	<b>80%</b>	<b>90%</b>	<b>100%</b>
<b>50%</b>	607.912	583.133	595.976	583.454	582.009	580.823
<b>60%</b>	588.350	573.867	566.608	552.288	552.494	549.153
<b>70%</b>	560.253	544.555	533.169	515.462	512.871	502.648
<b>80%</b>	520.980	491.549	490.790	474.918	459.400	448.401
<b>90%</b>	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