

7. Referências bibliográficas

ALONSO-CONDE, A. B. *et al.* Public Private Partnerships: Incentives, Risk Transfer and Real Options. **Review of Financial Economics**, 2007

AMRAM, M.; KULATILAKA, N. **Real options: Managing strategic investment in an uncertain world**. Cambridge (USA): Harvard Business School Press. 1999

ARAUJO, R. **Avaliação de Opções Reais Através do Método dos Mínimos Quadrados de Monte Carlo**. Rio de Janeiro, 2004. Monografia (Dissertação de Mestrado) - Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio

BATISTA, F. R. S. **Estimação do Valor Incremental do Mercado de Carbono nos Projetos de Fontes Renováveis de Geração de Energia Elétrica no Brasil: Uma Abordagem pela Teoria das Opções Reais**. Rio de Janeiro, 2007. Monografia (Tese de Doutorado) - Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio

BERTRAND, P.; PRIGENT, J. Omega Performance Measure and Portfólio Insurance. **Working Paper**, University Montpellier, France, mar. 2006

BLACK, F.; SCHOLES, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. **The Journal of Political Economy**, v. 81, n. 3, p. 637-654, mai/jun 1973.

BLANK, F. F. **Teoria de Opções Reais Aplicada a Project Finance e Parceria Público-Privada**. Rio de Janeiro, 2009. Monografia (Tese de Mestrado) - Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio.

BOUSQUET, F.; FAYARD, A. Road infrastructure concession practice in Europe. **World Bank Policy Research Working Paper Series** n. 2.675, 2001

BOYLE, P. Options: A Monte Carlo Approach. **Journal of Financial Economics**, v. 4, p. 323-338, 1977

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. Monografia (Tese de Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, PUC-Rio.

_____.; CURY, M. Modelagem Híbrida para Concessões Rodoviárias pioneiras com o uso da teoria das opções reais: O caso da BR-163. In: **XIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET**, Recife. Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes. v. 1, p. 97-108, 2005b.

_____.; _____ **Avaliação da viabilidade econômica da concessão e análise dos riscos e incertezas do tráfego da BR-163, com o uso da Teoria das Opções Reais**. 2005c. (Relatório de Trabalho para o CNPq).

_____.; _____ 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.

_____.; DYER, J.; HAHN, W. Using Binomial Decision Trees to Solve Real Option Valuation Problems. **Decision Analysis**, 2005a

_____.; SARAIVA, E. C. G. Risco Privado em Infraestrutura Pública: Uma análise quantitativa de risco como ferramenta de modelagem de contratos. **Revista de Administração Pública**, v. 41, n. 6, nov/dez 2007a

_____.; _____ Garantias Governamentais em Projetos de PPP: Uma Avaliação por Opções Reais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 31, n. 3, p. 381-404, dez. 2007b

BREALLY, R.; MYERS, S. **Principles of Corporate Finance**. McGraw-Hill. New York. 2003

BROADIE, M.; GLASSERMAN, P. Pricing American-Style Securities Using Simulation. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 21, n. 8-9, p. 1323-1352, Jun.1997

CASCON, A., KEATING, C., SHADWICK, W. The Omega Function. **The Finance Development Centre**. London, 2003.

CASCON, A.; SHADWICK, W. New Statistical Tools From Omega Functions. **The Finance Development Centre**. London, 2005.

CASTRO, J. G. **Otimização da performance de um portfólio de ativos e opções reais utilizando a medida Omega (Ω)**. Rio de Janeiro, 2008. Monografia (Tese de Doutorado) - Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio

_____; BAIDYA, T. K.; AIUBE, F. A. Métodos de Apreçamento de Opções Americanas e Determinação da Curva de Gatilho através da Simulação de Monte Carlo. **Pesquisa Operacional**, v. 28, 2008.

CHAROENPORNATTANA, S.; MINATO, T.; NAKAHAMA, S. **Government supports as bundle of real options in built-operate-transfer Highways Projects**. Tóquio, 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Tóquio.

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**. Texere LLC Publishing. New York. 2001

COX, J.; ROSS, A.; RUBINSTEIN, M. Option Pricing: a Simplified Approach. **Journal of Financial Economics**, n. 7, p. 229-263, 1979.

_____. ; _____. The Valuation of Options for Alternative Stochastic Process. **Journal of Financial Economics**, v. 3, p. 145-166, 1976.

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

DAMODARAN, A. **Avaliação de investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo**. Qualitymark. Rio de Janeiro. 1997
_____. Disponível em: <<http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar>>. Acesso em: 13 mar. 2010.

DIAS, M. A. A Note on Bibliographical Evolution of Real Options. In: Trigeorgis, L. (Ed.). **Real Options and Business Strategy: Applications to Decision Making**. London: Risk Books, 1999, p. 357-362.

_____. **Opções Reais Híbridas com Aplicações em Petróleo**. Rio de Janeiro, 2005. Monografia (Tese de Doutorado) - Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio.

_____. **Análise de Investimentos com Opções Reais**. Slides da Matéria IND 2072 – Análise de Investimentos com Opções Reais. PUC-Rio, 2008. Disponível em: <<http://www.puc-rio.br/marco.ind/ind2072.html>>. Acesso em: 29 mar. 2010.

_____.; TEIXEIRA, J. P. Continuous-Time Option Games: Review of Models and Extensions – Duopoly under Uncertainty. Washington: **Proceedings of the 7th Annual International Conference on Real Options**, Julho de 2003. Versão revisada submetida para publicação.

_____.; _____. Continuous-Time Option Games – Oligopoly, War of Attrition and Bargaining under Uncertainty. Montreal: **Proceedings of the 8th Annual International Conference on Real Options**, June 2004. Versão revisada a ser submetida para publicação.

DIXIT, A. Investment and Hysteresis. **Journal of Economic Perspectives**, v. 6, n. 1, p. 107-132, Winter. 1992

_____.; PINDYCK, R. **Investment under uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1994

FAVRE-BULLE, A.; PACHE, S. **The Omega Measure: Hedge Fund Portfolio Optimization**. MBF Master Thesis. University Of Lausanne – Ecole Des HEC, France, 2003.

FISHBEIN, G.; BABBAR, S. Private financing of toll roads. Washington D. C.: **World Bank Discussion Paper Series**, n. 117, 1996.

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

GAMBA, A. Real Options Valuation: a Monte Carlo Approach. **Working Paper Faculty of Management University of Calgary**, 2002/03.

GESKE, R.; M. SHASTRI. Valuation by Aproximation: A comparison of alternative option valuation techniques. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 20, n. 1, p. 45-71, 1985.

GRENADIER, S. Option Exercise Games: The Valuation of Real Options and Game Theory. **Journal of Applied Corporate Finance**, n. 13, 1996.

GRENADIER, S. R. Option Exercise Games: An Application to the Equilibrium Investment Strategies of Firms. **Review of Financial Studies**, v. 15, p. 691-72, Summer. 2002

HAUNG, E. **The Complete Guide to Options Pricing: A Simplified Approach**. McGraw-Hill. New York. 1998.

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. **Opções, Futuros e Outros Derivativos**, tradução Orlando Saltini. 3ª ed. São Paulo: Bolsa Mercantil & de Futuros, 1998.

_____. **Options, futures and other derivatives**. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003.

IBÁÑEZ, A. Valuation by Simulation of Contingent Claims with Multiple Early Exercises Opportunities. **Mathematical Finance**, vol. 14, n. 2, p. 223-248, 2004

IMF. **Government guarantees and fiscal risk**. Affairs Department, Document prepared by The Fiscal. Apr. 1, 2005.

IRWIN, T. Public money for private infrastructure: deciding when to offer guarantees, output-based subsidies, and other fiscal support. **World Bank Working paper**, n. 10. aug. 2003

_____. **Public risk in private infrastructure**. World Bank, 2005. Mimeo.

_____.; KLEIN, M.; PERRY, G. E.; THOBANI, M. (Eds.). Dealing with public risk in private infrastructure. **Latin American and Caribbean Studies**, Washington, D.C.: World Bank, 1998.

J. P. Morgan. **RiskMetrics**. Technical Document, New York, 1996a.

_____. **CorporateMetrics**. Technical Document, New York, 1996b.

JAECKEL, P. **Monte Carlo Methods in Finance**. England: Jonh Wiley & Sons Ltd, 2002.

JAMES, B. R. **Probabilidade: Um Curso em Nível Intermediário**. Rio de Janeiro: IMPA Eds., Projeto Euclides, 2.ed., 1996, 299 p.

JORION, P. **Value at Risk**. New York: McGraw-Hill Co., 2.ed., 2001, 544 p.

KAZEMI, H.; SCHNEEWEIS, T.; GUPTA R. Omega as a Performance Measure. **Working Paper CISDM**. University of Massachusetts, Isenberg School of Management, 2003.

KEATING, C.; SHADWICK, W. A Universal Performance Measure. **Journal of Performance Measurement**, pp. 59-84. Spring. 2002.

KONNO, H.; YAMAZAKI, H. Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and its Application to Tokyo Stock Market. **Management Science**, v. 37 n. 5, p. 519-531, 1991.

LEWIS, C.; MODY, A. Risk management systems infrastructure liabilities. In: LUENBERGER, DAVID; **Investment Science**. New York: Oxford University Press, 1998.

LONGSTAFF, F. A.; SCHWARTZ, E. Valuing American Options by Simulation: a Simple Least-Squares Approach. **The Review of Financial Studies**, v. 14, n. 1, p. 113-147. 2001.

MAJD, S. e R. PINDYCK Time to Build, Option Value, and Investment Decisions. **Journal of Financial Economics**. v. 18, p. 7-27. 1987.

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**. v. 7, n. 1, p. 77-91. mar. 1952.

MCDONALD, R. & D. SIEGEL; The Value of Waiting to Invest. **Quarterly Journal of Economics** v. 101, n. 4, p. 707-727, nov. 1986.

MERTON, R. The Theory of Rational Option Pricing. **Bell Journal of Economics and Management Science**, v. 4, p. 141-183, 1973.

MINARDI, A. **Teoria de Opções Aplicada a Projetos de Investimento**. São Paulo: Atlas S.A. 2004.

NEFTCI, S. N. **An Introduction to the Mathematics of Financial Derivatives**. San Diego: Academic Press, 2.ed., 2000, 527 p.

PINDYCK, R. S. Irreversible Investment, Capacity Choice, and Value of the Firm. **American Economic Review**, v. 78, n. 5, p. 969-985, dec. 1988.

REBONATO, R.; JAECKEL, P. The most general methodology to create a valid correlation matrix for risk management and option pricing purposes. **Quantitative Research Centre of the NatWest Group. Working paper**. oct. 1999.

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

ROSS, S.; WESTERFIELD, R.; JAFFE, J. **Administração financeira**. São Paulo: Atlas. 1995.

SALGADO, M. S. **Avaliação do Projeto de Construção da Linha 4 do Metrô de São Paulo pela Metodologia de Opções Reais**. Rio de Janeiro. 2009. Monografia (Dissertação de Mestrado) – Departamento de Administração de Empresas, PUC-Rio.

SAMIS, M. R.; POULIN, R. Valuing management flexibility by derivative asset valuation, In: **98th Annual General Meeting of the Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum**. 1996.

SAMIS, M. R.; DAVIS, G. A.; LAUGHTON, D. G.; POULIN, R. Valuing uncertain asset cash flows when there are no options: A real options approach, **Resources Policy**, v. 30, p. 285-298, 2006.

SAMIS, M. R.; DAVIS, G. A.; LAUGHTON, D. G. Using Stochastic Discounted Cash Flow and Real Option Monte Carlo Simulation to Analyse the Impacts of Contingent Taxes on Mining Projects. **Project Evaluation Conference Melbourne**. p. 19-20, jun. 2007.

SAMUELSON, P. Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly. **Industrial Management Review**, v. 6, n. 2, p. 41-49, Spring. 1965.

SARAIVA, E. C. G. **Projeto de Infraestrutura Pública: Risco, Incerteza e Incentivos**. Rio de Janeiro, 2008. Monografia (Tese de Doutorado) – Escola de Pós-Graduação em Economia, FGV-Rio

SCHWARTZ, E. The Stochastic Behaviour of Commodity Prices: Implications for Pricing and Hedging. **The Journal of Finance**, v.52, p.923-973, 1997.

_____.; TRIGEORGIS, L. (Ed.) **Real Options and Investment under Uncertainty – Classical Readings and Recent Contributions**. Cambridge (EUA): MIT Press, 2001, 871 p.

SMITH, H.; ANKUM, L. A Real Options and Game-Theoretic Approach to Corporate Investment Strategy under Competition. **Financial Management**, n. 22, 1993.

SMITH, J. Alternative Approaches for Solving Real-Options Problems (Comment on Brandão et al. 2005). **Decision Analysis**, v. 2, n. 2, p. 89-102, jun. 2005.

TRIAANTIS, A., BORISON, A. Real options: state of practice. **Journal of Applied Corporate Finance**. sep. 2001.

TRIGEORGIS L. The Nature of Options Interactions and the Valuation of Investments with Multiple Real Options. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**. v. 28, n. 1, p. 1-21, mar. 1993.

_____. **Real Options in Capital Investment: Models, Strategies, and Applications**. London: Praeger. 1995.

_____. **Real Options - Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation**. USA: MIT Press. 1996. 427p.

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

WIBOWO, A. Valuing guarantees in BOT infrastructure project. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 11, n. 6, p. 395-406, 2004

WILMOTT, PAUL.; HOWISON, S.; DEWYNNE, JEFF. **The Mathematics of Financial Derivatives, A Student Introduction**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

Apêndices

I - Análises para testar o programa desenvolvido em MATLAB para implementar a metodologia proposta

O objetivo deste anexo é validar o modelo desenvolvido em MATLAB para implementação da metodologia proposta no presente trabalho. A comparação desses resultados com os constantes da literatura sobre o assunto poderá indicar a aderência e coerência do modelo.

Destaca-se que a análise se restringirá ao tipo de opção caracterizada pela Garantia Governamental de Receita Mínima, objeto do presente trabalho, que é uma Opção Européia de Venda com ou sem CAP (PUT com ou sem CAP).

A seguir, apresentamos as diversas análises que serão realizadas:

- (i) análise das características da opção que representa a garantia governamental de Receita Mínima: neste caso pretende-se avaliar a aderência da opção modelada (garantia governamental) com as características, amplamente caracterizadas na literatura, de uma opção Européia do tipo PUT;
- (ii) impacto no custo e no risco esperados pelo governo ao fornecer a Garantia de Receita Mínima e utilização da medida de performance Omega: neste caso pretende-se avaliar como o custo esperado da garantia, dado pelo valor da opção avaliada, e o risco esperado pelo governo, dado pela perda máxima do governo constante do 95º percentil da distribuição de probabilidade da opção, são afetados para diferentes valores: (i) do nível de risco do investidor; (ii) do nível de floor guarantee; e (iii) do nível de CAP. Adicionalmente, avalia-se como se comporta a medida de performance Omega em relação aos níveis de floor guarantee e de CAP e quando se compara garantias com ou sem CAP.
- (iii) impacto no Valor Presente Líquido (VPL) e no risco esperados do projeto para o investidor privado: neste caso pretende-se avaliar como o VPL e o risco esperados do projeto são afetados pelo (i)

nível de risco do investidor; (ii) nível de floor guarantee; e (iii) nível de CAP; e

- (iv) impacto no risco esperado pelo governo de uma carteira de projetos que estão recebendo Garantia Governamental: neste caso pretende-se avaliar como a percepção de risco do governo se altera quando a avaliação de risco dos projetos é realizada sob uma ótica de carteira.

Para facilitar o entendimento será utilizado um exemplo para a validação do programa. Desse modo, considere o fluxo de caixa (FC) de um projeto composto de um fator de risco com as seguintes características:

$FC_{t,w} = \bar{p} \cdot q_{t,w} - \overline{CF}$, onde q é o fator de risco que segue um processo estocástico do tipo MGB.

parâmetros do projeto	valor	descrição
T	25	prazo de vencimento do projeto
n	25	número de períodos
dt	1	periodicidade dos fluxos de caixa
I	(420.000)	Investimento
CF	(18.000)	custo fixo
p	11	preço unitário
q	6.500	quantidade vendida

Parâmetros da Variável Estocástica Quantidade (q)

α	8,50%	taxa de crescimento esperado
δ	7,00%	taxa de dividendos
$\lambda \cdot \sigma$	8,80%	prêmio pelo risco
r	6,70%	taxa livre de risco
μ	15,50%	taxa de desconto com risco
σ	25,00%	volatilidade

Avaliação do projeto sem garantia e parâmetros da garantia

VPLo	185.739	valor presente líquido sem garantia
risco do projeto	46,55%	nível de risco do projeto sem garantia
floor guarantee	20%	nível de floor guarantee
CAP	201.000	nível de CAP

Tabela 21 – Parâmetros do Projeto utilizado para validar o programa desenvolvido em MATLAB

O número de realizações do processo estocástico do fator de risco do projeto, com a finalidade de determinar a distribuição de probabilidade e o valor esperado do VPL e da PUT, considerando cada combinação [floor guarantee, CAP] avaliada, será de 50.000.

I.1

Análise das características da opção que representa a garantia governamental de receita mínima

Nesta seção, a referida validação será realizada por meio da análise de sensibilidade do preço da opção em relação as seguintes variáveis relevantes na precificação de opções:

- volatilidade;
- preço de exercício;
- taxa livre de risco; e
- taxa de dividendos.

Não se analisou o tempo até o vencimento, pois não existe um comportamento definido da relação entre esta variável e o valor da opção, podendo ser positiva ou negativa.

I.1.1

Volatilidade

Conforme Hull (1998) existe uma relação positiva entre o valor de uma PUT e a volatilidade dos retornos do seu ativo objeto, ou seja, quanto maior a volatilidade maior será o valor da opção. A explicação para esta relação é a de que quanto maior a volatilidade maior será a probabilidade de que os preços dos ativos tenham preços abaixo do preço de exercício, elevando, por conseguinte, o valor da PUT.

A Figura 27 apresenta a relação entre o valor da PUT sem ou com CAP para diferentes volatilidades.

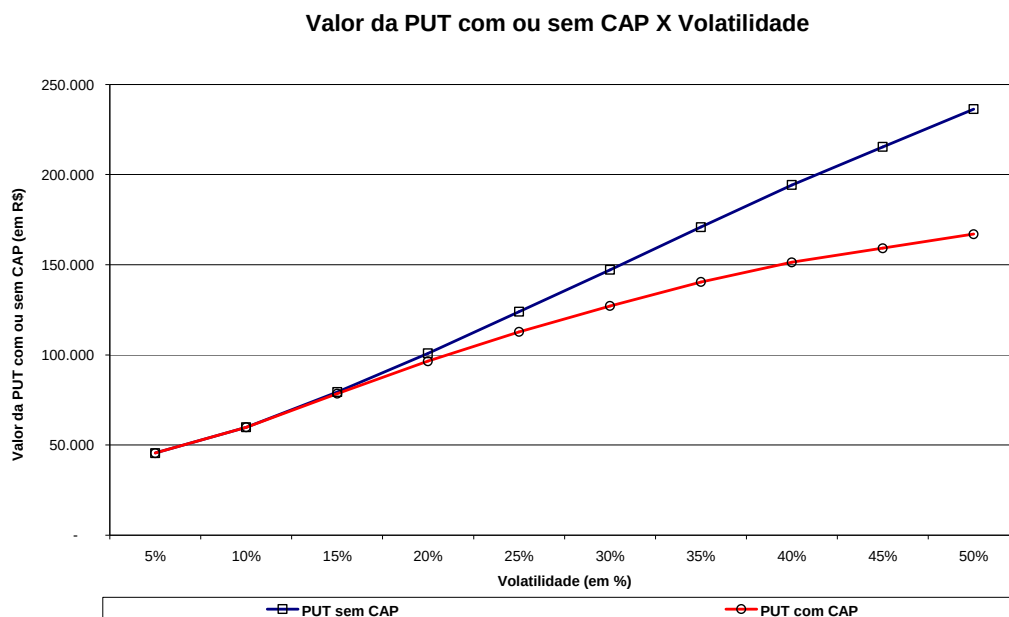


Figura 27 - Valor da PUT com ou sem CAP em relação à volatilidade

A conclusão é a de que os resultados apresentados estão consistentes com as referências constantes da literatura. O fato de existir um nível máximo para a PUT, dado pelo CAP, não impede que volatilidades maiores elevem o valor da PUT, mesmo que em menor intensidade. A Tabela 22 apresenta os valores da opção sem ou com CAP para diferentes níveis de volatilidade.

VOLATILIDADE	PUT sem CAP (A)	PUT com CAP* (B)	(B)/(A)
5%	45.539	45.539	100,00%
10%	59.800	59.781	99,97%
15%	79.322	78.443	98,89%
20%	100.879	96.410	95,57%
25%	124.353	113.101	90,95%
30%	147.175	127.117	86,37%
35%	170.852	140.354	82,15%
40%	194.169	151.344	77,94%
45%	215.366	159.105	73,88%
50%	236.360	166.951	70,63%

* CAP = R\$ 201.000

Tabela 22 - Comportamento da PUT com ou sem CAP em relação à volatilidade

I.1.2

Preço de exercício da opção

Conforme Hull (1998) existe uma relação positiva entre o valor de uma PUT e seu preço de exercício, ou seja, quanto maior o preço de exercício, maior será o valor da opção. Isto se deve ao fato de que quanto maior o preço de exercício da PUT maior será a probabilidade do preço do ativo estar abaixo do preço de exercício, elevando, assim, o valor da opção. A Figura 28 apresenta a relação entre o valor da PUT sem ou com *CAP* para diferentes preços de exercício. Estes foram determinados a partir do nível de *floor guarantee* aplicado sobre a receita esperada.

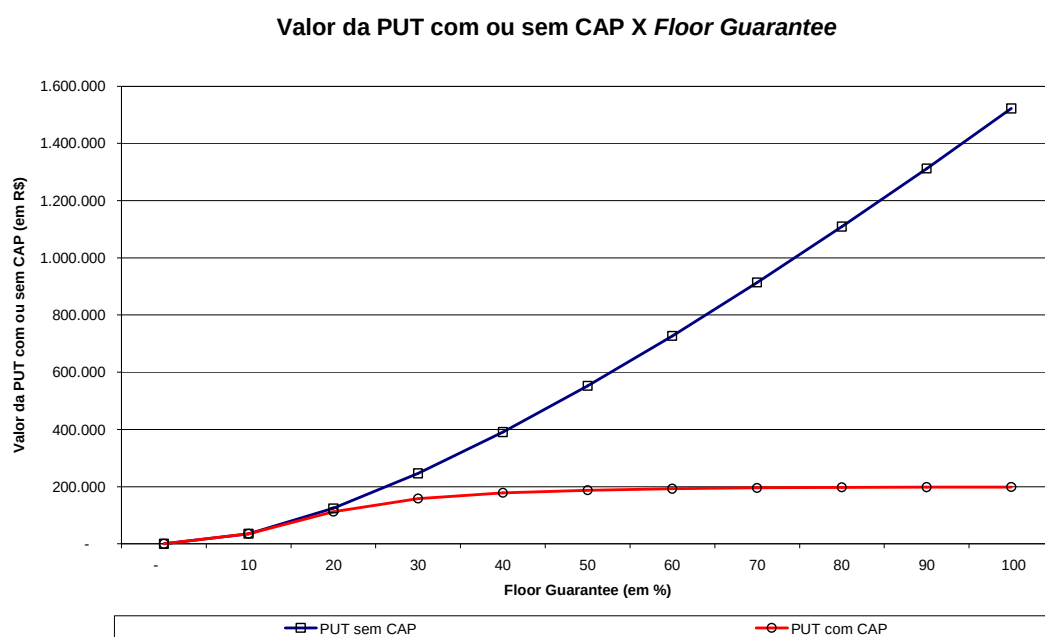


Figura 28 - Valor da PUT com ou sem CAP em relação ao nível de *Floor Guarantee*

A conclusão é a de que os resultados apresentados estão consistentes com as referências constantes da literatura. O fato de existir um nível máximo para a PUT, dado pelo CAP, não impede que preços de exercícios maiores elevem o valor da PUT, mesmo que em menor intensidade até o limite dado pelo CAP.

A Tabela 23 apresenta os valores da opção do tipo PUT sem e com CAP para diferentes níveis de *floor guarantee*.

Floor Guarantee	PUT sem CAP (A)	PUT com CAP* (B)	(B)/(A)
10%	34.664	34.664	100,00%
20%	124.353	113.101	90,95%
30%	246.174	158.279	64,30%
40%	390.670	178.168	45,61%
50%	552.173	187.567	33,97%
60%	727.210	192.631	26,49%
70%	913.361	195.574	21,41%
80%	1.108.923	197.273	17,79%
90%	1.312.424	198.273	15,11%
100%	1.522.170	198.896	13,07%

* CAP = R\$ 201.000

Tabela 23 - Comportamento da PUT com ou sem CAP em relação ao nível de *Floor Guarantee*

I.1.3 Taxa livre de risco

Conforme Hull (1998) existe uma relação negativa entre o valor de uma PUT e a taxa livre de risco, ou seja, quanto maior a taxa livre de risco menor será o valor da opção. A explicação para esta relação é a de que quanto maior a taxa livre de risco maior será a penalização no desconto dos fluxos de caixa da opção (*payoffs*), reduzindo, por conseguinte, o valor da PUT. A Figura 29 apresenta a relação entre o valor da PUT com ou sem CAP para diferentes taxas livre de risco.

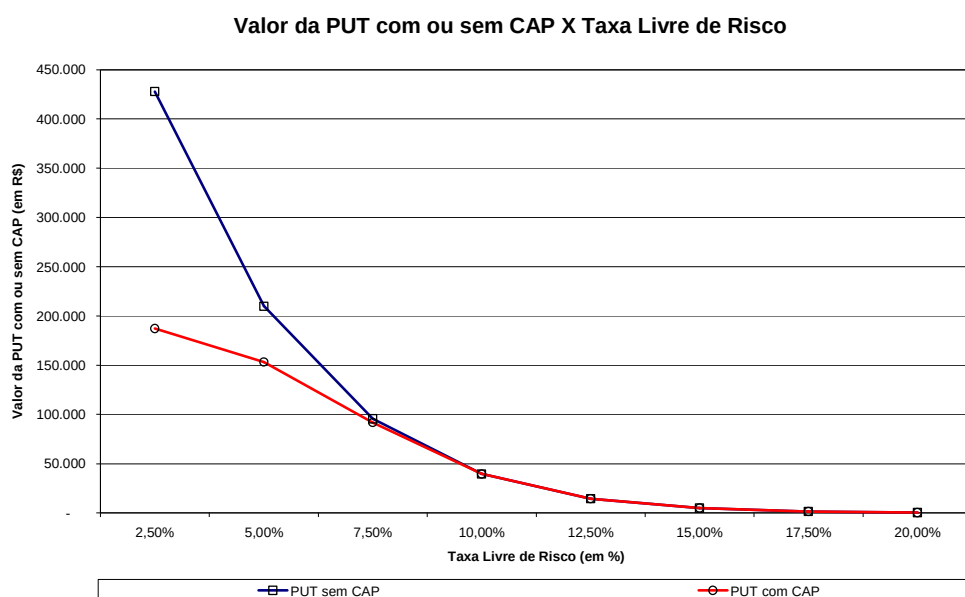


Figura 29 - Valor da PUT com ou sem CAP em relação à taxa livre de risco

A conclusão é a de que os resultados apresentados estão consistentes com as referências constantes da literatura. O fato de existir um nível máximo para a PUT, dado pelo CAP, faz com que haja um impacto maior na redução do valor da PUT. A Tabela 24 apresenta os valores da opção sem ou com CAP para diferentes níveis de taxa livre de risco.

Taxa Livre de Risco	PUT sem CAP (A)	PUT com CAP* (B)	(B)/(A)
2,50%	427.778	187.217	43,76%
5,00%	209.900	153.243	73,01%
7,50%	95.495	91.707	96,03%
10,00%	39.593	39.590	99,99%
12,50%	14.453	14.453	100,00%
15,00%	4.810	4.810	100,00%
17,50%	1.373	1.373	100,00%
20,00%	320	320	100,00%

* CAP = R\$ 201.000

Tabela 24 - Comportamento da PUT com ou sem CAP em relação à taxa livre de risco

I.1.4

Taxa de dividendos

Conforme Hull (1998) existe uma relação positiva entre o valor de uma PUT e a taxa de dividendos, ou seja, quanto maior a taxa de dividendos maior será o valor da PUT. A explicação para esta relação é a de que quanto maior a taxa de dividendos, menor será o tempo de recuperação do capital investido, aumentando, por conseguinte, o valor da PUT. A Figura 30 apresenta a relação entre o valor da PUT com ou sem CAP para diferentes taxas de dividendos.

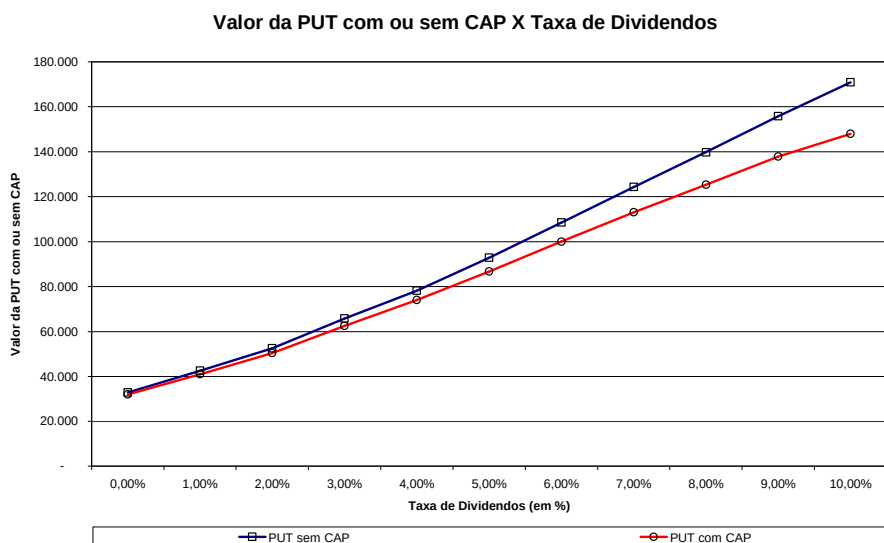


Figura 30 - Valor da PUT com ou sem CAP em relação à taxa de dividendos

A conclusão é a de que os resultados apresentados estão consistentes com as referências constantes da literatura. O fato de existir um nível máximo para a PUT, dado pelo CAP, faz com que haja um impacto menor no aumento do valor da PUT. A Tabela 25 apresenta os valores da opção sem ou com CAP para diferentes níveis de taxa de dividendos.

Taxa de Dividendos	PUT sem CAP (A)	PUT com CAP* (B)	(B)/(A)
0,00%	32.862	31.994	97,36%
1,00%	42.550	41.034	96,44%
2,00%	52.589	50.402	95,84%
3,00%	65.798	62.525	95,03%
4,00%	78.228	73.990	94,58%
5,00%	92.864	86.787	93,46%
6,00%	108.528	100.039	92,18%
7,00%	124.353	113.101	90,95%
8,00%	139.785	125.378	89,69%
9,00%	155.802	137.888	88,50%
10,00%	170.903	147.985	86,59%

* CAP = R\$ 201.000

Tabela 25 - Comportamento da PUT com ou sem CAP em relação à taxa de dividendos

A partir das análises anteriores, pode-se concluir que na presença de um nível de CAP a opção tende a apresentar resultados que se estabilizam nas relações positivas das variáveis com o valor da opção.

Isto é consistente na medida em que existe um limite superior para o valor da opção, assim, nas relações positivas o valor da opção tende a aumentar, contudo, como está limitado por um CAP, o valor da opção acaba convergindo para o próprio CAP.

Dessa forma, das análises realizadas nesta seção podemos concluir que o modelo desenvolvido em MATLAB apresentou resultados consistentes com os encontrados na literatura.

I.2

Impacto no custo e no risco esperados pelo governo ao fornecer a garantia de receita mínima e utilização da medida de performance Omega

As análises realizadas nesta seção avaliam as variáveis que podem afetar o custo e o risco esperados pelo governo medidos, respectivamente, a partir do valor esperado da PUT com ou sem *CAP* e da sua distribuição de probabilidade.

I.2.1

Custo e risco esperados da garantia governamental *versus* nível de risco do investidor

Esta análise tem a finalidade de avaliar como o nível de risco do investidor pode afetar o custo e o risco esperados pelo governo, considerando o nível de risco do projeto e a combinação ótima de [*floor guarantee* , *CAP*] de cada caso.

Espera-se que quanto maior o nível de risco aceitável pelo investidor, considerando um dado nível de risco do projeto, menor será o custo esperado pelo governo, dado que a garantia não precisará ser tão elevada para que a iniciativa privada se sinta atraída a realizar o investimento. A redução de risco do investidor decorrente da garantia governamental não precisará ser tão elevada. Dessa forma, considere que o projeto avaliado obteve um nível de risco, dado pela probabilidade do VPL ser menor do que zero, de 46,55%.

Assim, caso o nível de risco do investidor seja de 50%, o governo não incorrerá em nenhum custo na medida em que o risco do projeto estará menor do que o risco aceitável pelo investidor. A iniciativa privada se sentirá atraída a realizar o investimento, independentemente de garantia fornecida pelo governo.

Considere, por outro lado, que o nível de risco do investidor seja de 30%, neste caso, recomenda-se que o governo forneça garantia para que o nível de risco do investidor se reduza de 46,55% para pelo menos 30%. Assim, existirá um custo para o governo decorrente do risco do projeto ser maior do que o aceitável pelo investidor.

Agora, se o nível de risco do investidor for de 10%, o custo incorrido pelo governo para levar o nível de risco do projeto de 46,55% para 10% será muito maior do que se o nível de risco do investidor fosse de 30%, conforme verificada na Figura 31.

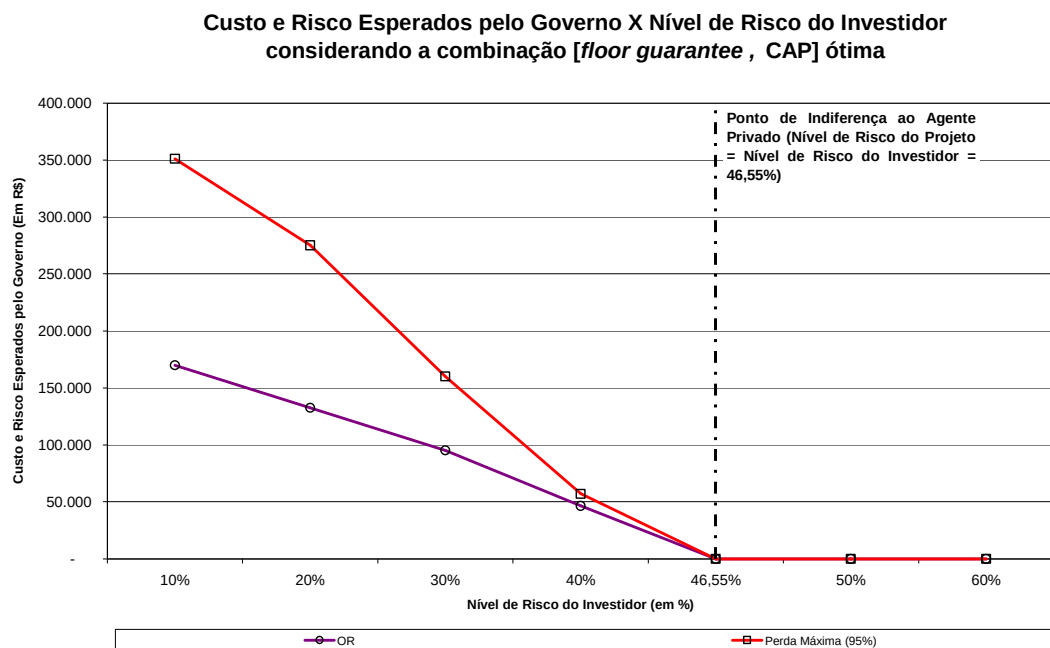


Figura 31 - Custo e Risco Esperados pelo governo em relação ao Nível de Risco do Investidor

Observe, ainda, que a perda máxima do governo, dado pelo 95º percentil da distribuição de probabilidade da opção, apresenta uma relação negativa com o nível de risco do investidor. Assim, podemos afirmar que quanto maior a aversão ao risco do investidor privado, refletida em um menor nível de risco do investidor, maior será o custo e o risco esperados pelo governo para que a iniciativa privada se sinta atraída a realizar o investimento.

A Tabela 26 apresenta o custo e o risco esperados pelo governo para diferentes níveis de risco do investidor.

Nível de Risco do Investidor	Opção Real (combinação ótima)	Perda Máxima (95o. percentil)
10,00%	169.747	351.122
20,00%	132.511	275.000
30,00%	113.101	201.000
40,00%	46.431	57.000
46,55%	-	-
50,00%	-	-
60,00%	-	-

Tabela 26 - Custo e Risco Esperados pelo governo em relação ao Nível de Risco do Investidor

I.2.2

Custo esperado da garantia governamental *versus* nível de *floor guarantee*

Outra variável que pode afetar o custo esperado pelo governo é o percentual da receita esperada do projeto dado em garantia, ou seja, o nível de *floor guarantee*. Assim, esta análise tem a finalidade de avaliar o efeito do nível de *floor guarantee* no custo esperado da garantia fornecida pelo governo. A análise utiliza, para tanto, diferentes níveis de CAPs.

Espera-se que quanto maior o percentual garantido maior será o valor da PUT e, por conseguinte, maior será o custo esperado da garantia governamental.

A Figura 32 apresenta como se comporta o valor da PUT (custo esperado pelo governo) para diferentes níveis de *floor guarantee*, considerando PUTs sem CAP e com diferentes níveis de CAP.

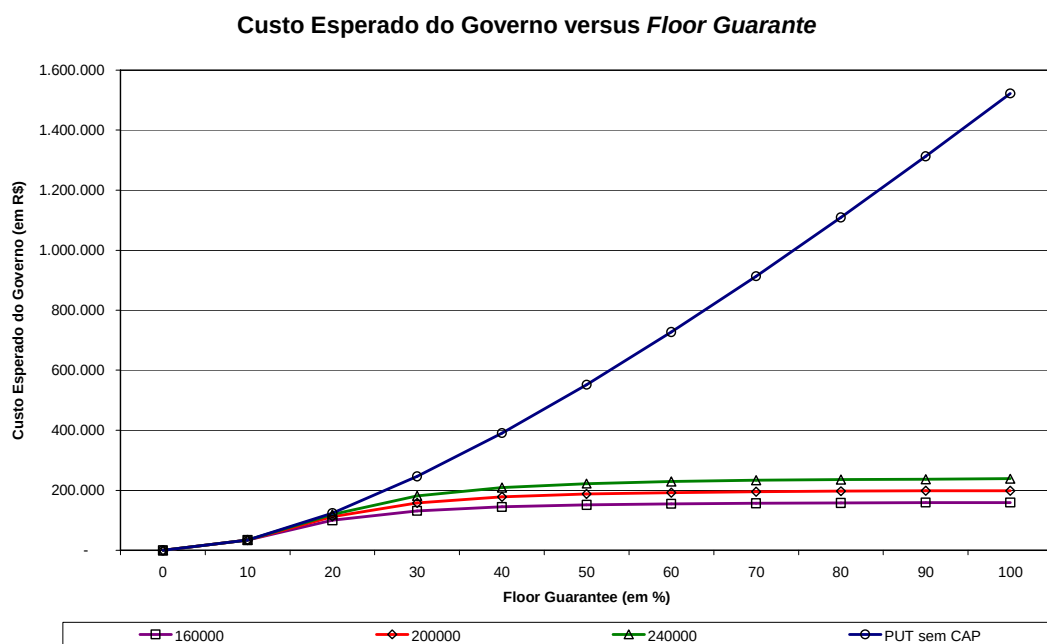


Figura 32 - Custo Esperado do governo em relação ao nível de *Floor Guarantee*

A Tabela 27 apresenta o comportamento do custo esperado pelo governo em relação ao nível de *floor guarantee*, considerando diferentes níveis de *CAP*.

<i>floor guarantee</i>	sem CAP (A)	CAP					
		160.000 (B)	(B) / (A)	201.000 (C)	(C) / (A)	240.000 (D)	(D) / (A)
10%	34.664	34.663	100,00%	34.664	100,00%	34.664	100,00%
20%	124.353	100.484	80,81%	113.101	90,95%	119.799	96,34%
30%	246.174	131.793	53,54%	158.279	64,30%	181.634	73,78%
40%	390.670	145.073	37,13%	178.168	45,61%	209.591	53,65%
50%	552.173	151.504	27,44%	187.567	33,97%	222.746	40,34%
60%	727.210	154.970	21,31%	192.631	26,49%	229.779	31,60%
70%	913.361	157.022	17,19%	195.574	21,41%	233.834	25,60%
80%	1.108.923	158.155	14,26%	197.273	17,79%	236.241	21,30%
90%	1.312.424	158.816	12,10%	198.273	15,11%	237.610	18,10%
100%	1.522.170	159.253	10,46%	198.896	13,07%	238.478	15,67%

Tabela 27 - Custo Esperado pelo governo em relação ao Nível de *Floor Guarantee*

Podem-se depreender as seguintes conclusões acerca da análise acima:

- para um dado nível de *CAP*, quanto maior o nível do *floor guarantee* maior será o valor da opção e, por conseguinte, maior será o custo esperado pelo governo;
- existe limitação no custo esperado pelo governo quando se introduz um nível de *CAP* na PUT, principalmente, quando se eleva o nível de *floor guarantee*; e
- para um dado nível de *floor guarantee*, quanto menor o nível de *CAP* menor será o custo esperado pelo governo, dado que a limitação será maior e o valor da opção será levado a patamares menores.

I.2.3

Custo esperado da garantia governamental *versus* nível de *CAP*

Outra variável que pode afetar o custo esperado da garantia governamental será o nível de *CAP*, dado que este estabelece o limite máximo que o governo pretende incorrer com a garantia fornecida. Assim, esta análise tem a finalidade de avaliar como o custo esperado pelo governo é afetado pelo nível de *CAP*, considerando diferentes níveis de *floor guarantee*.

Espera-se que quanto menor o nível de *CAP* menor será o valor da opção e, por conseguinte, menor o custo esperado da garantia oferecida pelo governo.

A Figura 33 apresenta como se comporta o valor da PUT (custo esperado pelo governo) em relação ao nível de CAP, considerando diferentes níveis de *floor guarantee*.

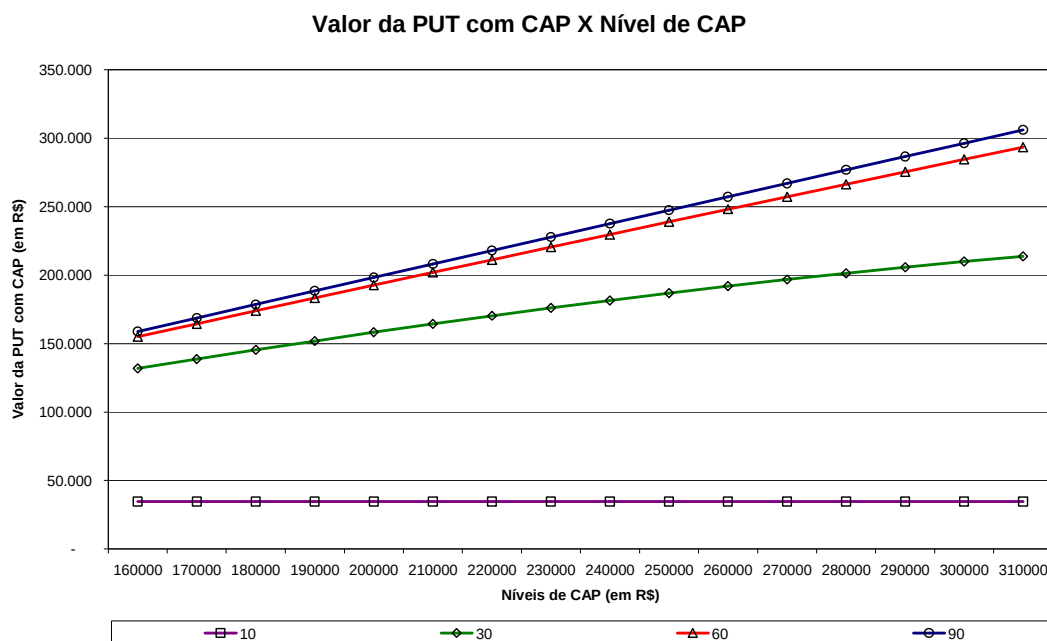


Figura 33 - Valor da PUT com CAP em relação ao Nível de CAP

A Tabela 28 apresenta o comportamento do custo esperado pelo governo em relação ao nível de CAP, considerando diferentes níveis de *floor guarantee*.

Nível de CAP	Nível de <i>floor guarantee</i>			
	10%	30%	60%	90%
160.000	34.663	131.793	154.970	158.816
170.000	34.664	138.686	164.433	168.692
180.000	34.664	145.407	173.862	178.561
190.000	34.664	151.940	183.262	188.421
201.000	34.664	158.279	192.631	198.273
210.000	34.664	164.442	201.969	208.119
220.000	34.664	170.399	211.272	217.958
230.000	34.664	176.137	220.541	227.790
240.000	34.664	181.634	229.779	237.610
250.000	34.664	186.901	238.986	247.420
260.000	34.664	191.963	248.159	257.221
270.000	34.664	196.807	257.297	267.010
280.000	34.664	201.416	266.397	276.792
290.000	34.664	205.773	275.460	286.567
300.000	34.664	209.895	284.486	296.335
310.000	34.664	213.773	293.475	306.096
sem CAP	34.664	246.174	727.210	1.312.424

Tabela 28 - Custo Esperado pelo governo em relação ao Nível de CAP

Podem-se depreender as seguintes conclusões da análise acima:

- para um dado nível de floor guarantee, quanto maior o nível de CAP maior será o custo esperado pelo governo, exceto nos casos em que o nível de floor guarantee seja insuficiente para alcançar o nível de CAP definido, a exemplo do nível de floor guarantee de 10%;
- corroborando a análise anterior, para um dado nível de CAP, quanto maior o nível de floor guarantee maior será o custo esperado pelo governo; e
- quanto maior o nível de floor guarantee, maior será a intensidade de mudança do custo esperado pelo governo quando se altera os níveis de CAP. Isso pode ser observado pelo aumento da inclinação da reta a medida que o nível de floor guarantee aumenta. A explicação deste fato é que nos níveis de floor guarantee elevados o valor da opção está mais próximo do nível de CAP estabelecido, o que não ocorre, necessariamente, com níveis de floor guarantee menores, devendo a inclinação da reta, neste caso, ser menos acentuada, conforme pode ser observado no gráfico anterior.

I.2.4

Perda máxima esperada pelo governo versus níveis de *floor guarantee*

Outra análise que pode ser feita é determinar como a parametrização da garantia afeta o risco esperado pelo governo, dado pela perda máxima esperada, calculada como o 95º percentil da distribuição de probabilidade da PUT com ou sem *CAP*.

A Figura 34 apresenta a perda máxima esperada pelo governo para diferentes níveis de *floor guarantee*, considerando PUTs sem *CAP* e com diferentes níveis de *CAP*.

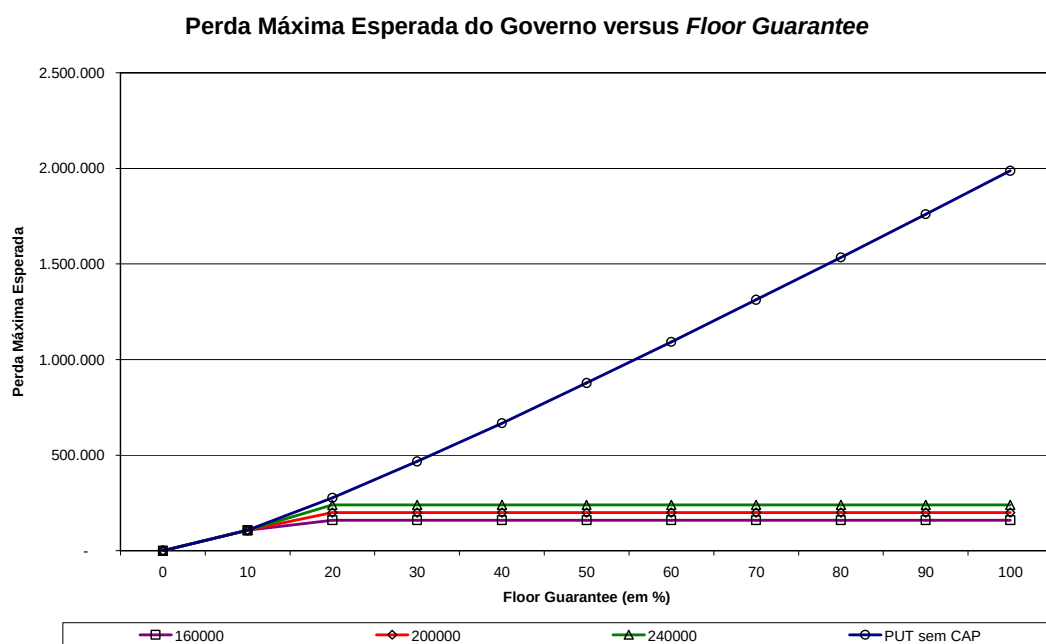


Figura 34 - Perda Máxima Esperada em relação ao nível de *Floor Guarantee*

Observe que os custos associados com a garantia oferecida pelo governo podem se tornar excessivamente elevados quando a PUT é estabelecida sem *CAP*. Não é conveniente para o governo oferecer uma garantia que poderá representar elevado ônus no futuro, dependendo do desempenho do projeto. Assim, a garantia deve ser suficiente para que a iniciativa privada realize o investimento, entretanto, sem representar riscos elevados ao governo. Dessa forma, o governo pode estabelecer algum nível de *CAP* para limitar sua perda máxima esperada, conforme o gráfico anterior. Dessa forma, é possível depreender que para o governo é interessante estabelecer algum nível de *CAP* na garantia.

A Tabela 29 apresenta o comportamento da perda máxima esperada pelo governo, dada pelo 95º percentil da distribuição de probabilidade da PUT, em relação ao nível de *floor guarantee*, considerando diferentes níveis de *CAP*.

<i>floor guarantee</i>	sem <i>CAP</i> (A)	<i>CAP</i>					
		160.000 (B)	(B) / (A)	201.000 (C)	(C) / (A)	240.000 (D)	(D) / (A)
10%	107.077	107.077	100,00%	107.077	100,00%	107.077	100,00%
20%	276.030	160.000	57,96%	201.000	72,82%	240.000	86,95%
30%	466.692	160.000	34,28%	201.000	43,07%	240.000	51,43%
40%	667.321	160.000	23,98%	201.000	30,12%	240.000	35,96%
50%	877.031	160.000	18,24%	201.000	22,92%	240.000	27,37%
60%	1.092.283	160.000	14,65%	201.000	18,40%	240.000	21,97%
70%	1.312.084	160.000	12,19%	201.000	15,32%	240.000	18,29%
80%	1.534.504	160.000	10,43%	201.000	13,10%	240.000	15,64%
90%	1.760.734	160.000	9,09%	201.000	11,42%	240.000	13,63%
100%	1.987.563	160.000	8,05%	201.000	10,11%	240.000	12,08%

Tabela 29 - Perda Máxima Esperada pelo governo em relação ao Nível de *Floor Guarantee*

Observa-se que quando se introduz um *CAP* na garantia, a perda máxima esperada pelo governo pode ser reduzida em até 91,95 pontos percentuais, quando a combinação for de 100% de *floor guarantee* e de 160.000 de *CAP*, indicando a importância do nível de *CAP* para a mitigação do risco esperado pelo governo. Contudo, deve-se avaliar se este nível de garantia fornecido é suficiente para atrair o investidor privado a realizar o investimento.

I.2.5

Medida de performance Omega versus nível de *floor guarantee* e nível de *CAP*

Esta seção tem o objetivo de analisar como se comporta a medida de performance Omega para diferentes níveis de *floor guarantee* e de *CAP*. A medida de performance Omega utilizada no presente trabalho teve o objetivo de minimizar o custo e o risco esperados pelo governo, assim, é natural esperar que esta medida tenha relação negativa com o nível de *floor guarantee*, dado que este possui relação positiva com o custo e o risco esperados pelo governo. De forma análoga, espera-se que a relação do nível de *CAP* com a medida de performance Omega também seja negativa, considerando os mesmos motivos apresentados para o nível de *floor guarantee*.

A Figura 35 e a Figura 36 apresentam a relação da medida de performance Omega com, respectivamente, o nível de *floor guarantee* e de *CAP*.

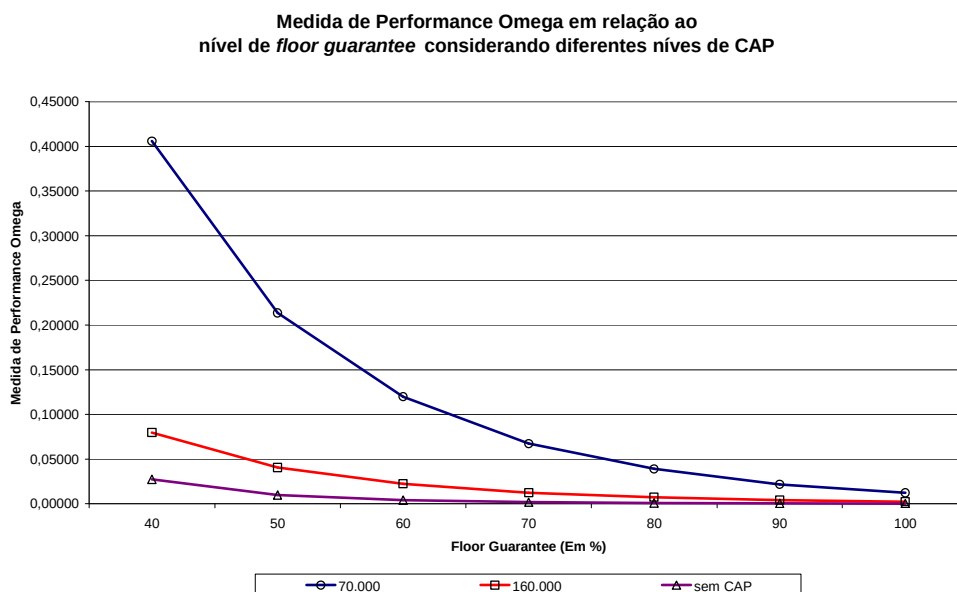


Figura 35 - Medida de Performance Omega em relação ao nível de *Floor Guarantee*

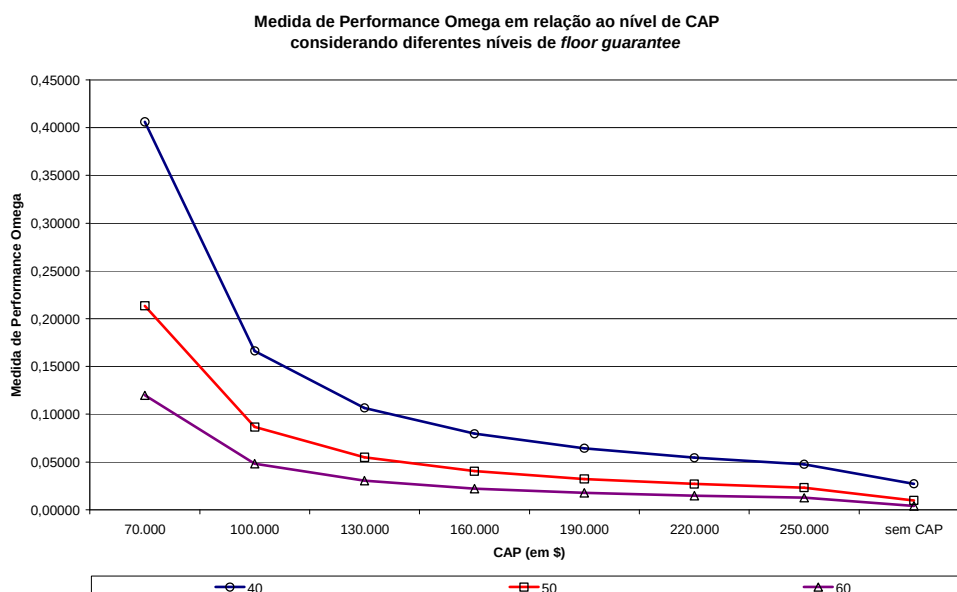


Figura 36 - Medida de Performance Omega em relação ao nível de *CAP*

Podem-se depreender as seguintes conclusões da análise acima:

- quanto maior o nível de *floor guarantee* menor será o valor da medida de performance Omega. Este resultado é coerente, pois para o governo quanto maior o nível de *floor guarantee*, maiores serão seu custo e risco esperados, ou seja, contrário ao alcance do objetivo relacionado com o governo. Considerando que quanto maior a medida Omega melhor será a relação risco-retorno para o governo, levando em conta o objetivo de

minimizar o custo e o risco esperados pelo governo, é natural esperar que com o aumento do nível de floor guarantee a medida de performance Omega diminua.

- para um dado nível de floor guarantee, a medida de performance Omega da PUT com CAP é maior do que a da PUT sem CAP. E das PUTs que apresentam CAP, quanto menor o nível de CAP, maior será a medida de performance Omega. A razão destas desigualdades vale-se do mesmo motivo da apresentada no item anterior, qual seja, de que a ausência de CAP ou elevados níveis de CAP aumentam o custo e o risco esperados pelo governo, afastando-se, assim, do alcance do objetivo relacionado com o governo.

I.2.6

Medida de performance Omega da PUT com CAP versus medida de performance Omega da PUT sem CAP

Esta seção tem o objetivo de apresentar como se comporta a relação entre a medida de performance Omega da PUT com CAP e da sem CAP, dada pela divisão da primeira pela segunda, na medida em que se aumenta o nível de *floor guarantee*, conforme demonstrada pela Figura 37.

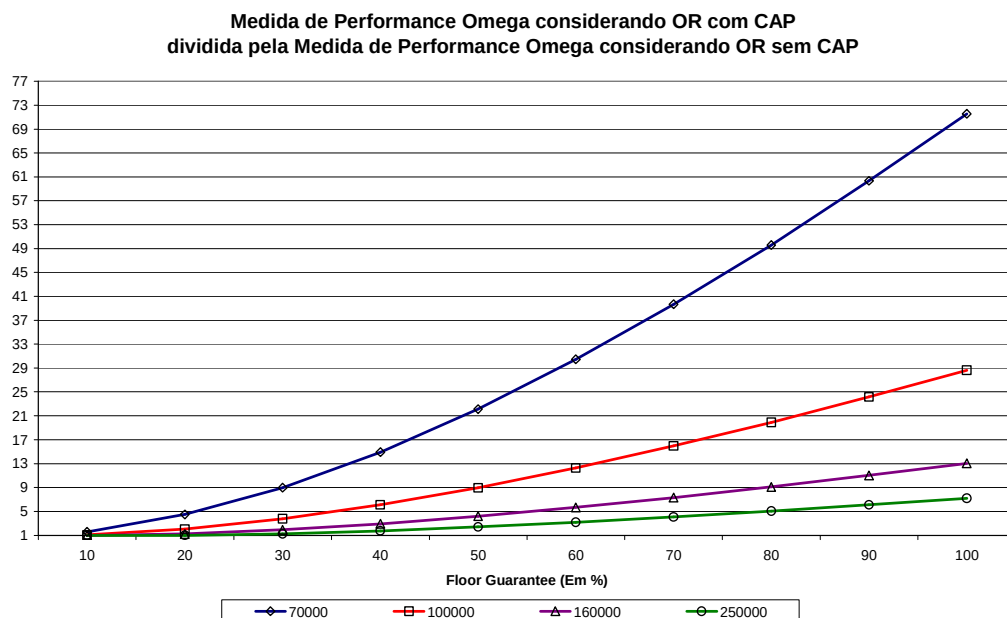


Figura 37 - Medida de Performance Omega da PUT com CAP em relação a da PUT sem CAP

Observa-se que a dominância das PUTs com *CAP* em relação à PUT sem *CAP* se intensifica na medida em que se aumenta o nível de *floor guarantee*, ou seja, indicando que a medida de performance Omega das PUTs com *CAP* é maior do que a das PUTs sem *CAP*.

Novamente, era de se esperar este resultado, considerando que uma garantia dada pelo governo sem *CAP* representa uma política mais arriscada e onerosa para o governo, quando comparada com uma PUT com *CAP*, já que neste caso existe um limite máximo da perda esperada pelo governo. O mesmo se aplica para PUTs com *CAP*, ou seja, as opções com níveis de *CAP* menores dominam as com níveis de *CAP* maiores.

Dessa forma, das análises realizadas nesta seção podemos concluir que o modelo desenvolvido em MATLAB apresentou resultados consistentes com os encontrados na literatura.

I.3

Impacto no valor presente líquido (VPL) e no risco esperados do projeto para o investidor privado

As análises realizadas nesta seção avaliam as variáveis que podem afetar a decisão de investimento por parte da iniciativa privada, que são o valor esperado do VPL e o nível de risco do projeto, calculados diretamente da distribuição de probabilidade do VPL do projeto com ou sem garantia.

I.3.1

VPL do projeto com ou sem garantia governamental *versus* nível de risco do investidor

Quando o governo fornece uma garantia de receita mínima à iniciativa privada existe um custo para o governo, dado pelo valor da opção e, como contrapartida, resulta em um aumento no valor do projeto em valor equivalente ao da opção.

Assim a redução do risco do investidor privado associado à garantia dada pelo governo é decorrente do deslocamento da distribuição de probabilidade do VPL do projeto para a direita. O VPL com garantia nada mais é do que o VPL somado com o valor da PUT fornecida pelo governo (custo esperado pelo governo ao fornecer a garantia à iniciativa privada).

O comportamento esperado do VPL em relação ao nível de risco do investidor dependerá da ausência ou presença de garantia no projeto. No primeiro caso, não haverá efeito sobre o VPL, pois, independentemente do nível de risco aceitável pelo investidor, não haverá garantias que resultem em diferentes valores do VPL. Assim, a decisão do investidor privado será realizar o investimento, caso o nível de risco do projeto seja menor do que o nível de risco do investidor, caso contrário, o agente privado não realizará o investimento, dado que não tem incentivo suficiente para isso. No segundo caso, como existe garantia do governo, diferentes níveis de risco do investidor resultará em diferentes custos esperados pelo governo e, conseqüentemente, afetará diferentemente o VPL do projeto.

A Figura 38 apresenta o comportamento do VPL (com ou sem garantia) de um projeto, considerando diferentes níveis de risco do investidor. Destaca-se que o nível de risco do projeto sem garantia é de 46,55%.

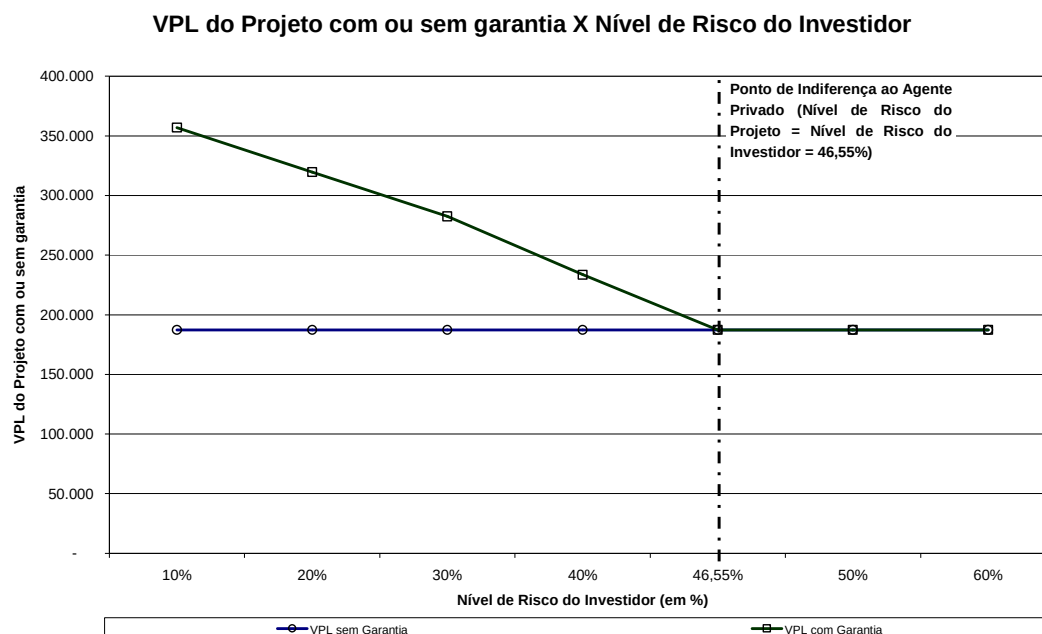


Figura 38 - VPL do projeto com ou sem garantia em relação ao Nível de Risco do Investidor

Podem-se depreender as seguintes conclusões da análise acima:

- o nível de risco do investidor não afeta o VPL do projeto quando o governo não fornece garantia, conforme explicitado anteriormente, contudo, pode afetar a decisão de investimento por parte do agente privado na medida em que a sua decisão será realizar o investimento, caso o nível de risco do projeto seja menor do que o nível de risco do investidor, caso contrário, o agente privado não realizará o investimento, dado que não tem incentivo suficiente para isso; e
- quanto maior o nível de risco do investidor, menor será o VPL com garantia, dado que o custo esperado pelo governo será menor, considerando que a compensação de risco será menor e, consequentemente, menor será o repasse ao VPL do projeto.

I.3.2

Nível de risco do projeto versus nível de *floor guarantee*

Outra avaliação que pode ser realizada é a de como as diferentes estratégias do governo (combinação de diferentes níveis de *floor guarantee* e CAP) afetam o nível de risco do projeto.

A partir desta análise pode-se identificar a efetividade de cada estratégia do governo para incentivar a iniciativa privada a realizar o investimento. Nesta relação, quanto maior o nível de *floor guarantee* maior será o suporte da garantia fornecida pelo governo e, portanto, menor será o risco do projeto. Dessa forma, espera-se que o nível de *floor guarantee* e o nível de risco do projeto apresentem uma relação negativa.

A Figura 39 apresenta a relação do nível de risco do projeto para diferentes níveis de *floor guarantee* considerando PUTs sem CAP e com diferentes níveis de CAPs.

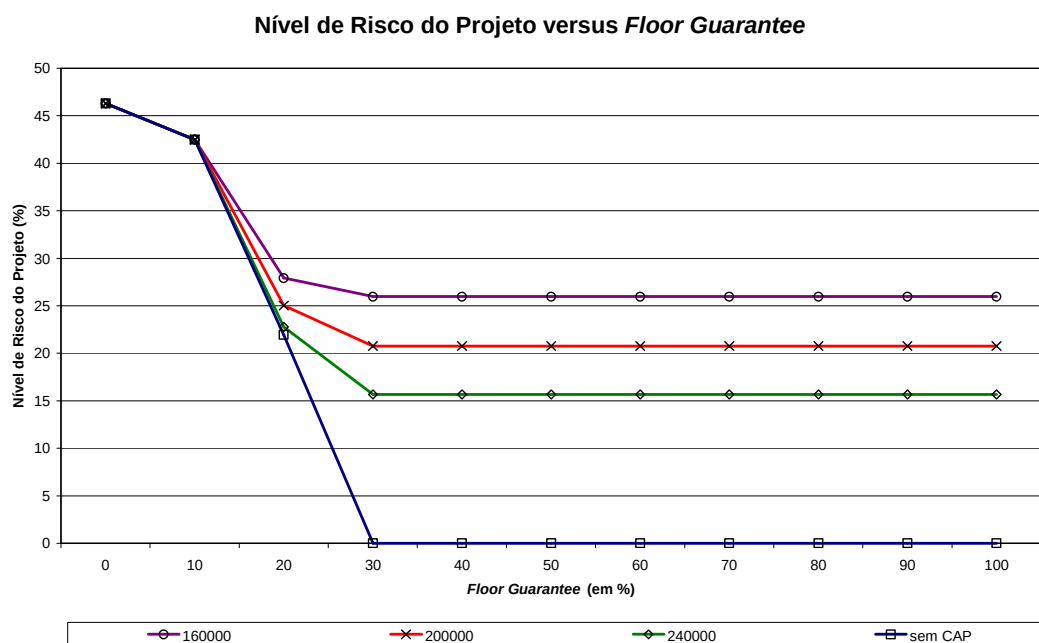


Figura 39 - Nível de Risco do Projeto em relação ao nível de *Floor Guarantee*

Podem-se depreender as seguintes conclusões da análise acima:

- O nível de risco do projeto diminui a medida que se eleva o nível de *floor guarantee*, sobretudo, na ausência de CAP ou para níveis de CAP elevados. Isso faz todo o sentido, considerando que quanto maior o valor da garantia menor será o risco do resultado não ser compensado pelo governo;

- O nível de risco do projeto diminui para níveis de CAP maiores; e
- A inexistência de CAP acelera a convergência do nível de risco do projeto à zero, sobretudo, para níveis elevados de floor guarantee.

Os resultados apresentados estão coerentes na medida em que quanto maior o nível de *floor guarantee* maior será o valor da opção, referência do preço da garantia dada pelo governo, e maior será o risco mitigado pela garantia, reduzindo, por conseguinte, o nível de risco no projeto.

Além disso, na inexistência de CAP o custo para o governo é muito elevado, conforme apresentado anteriormente, e a introdução do CAP permite mitigar de forma eficiente o risco esperado da garantia dada pelo governo.

Estas avaliações permitem ao governo atentar para o fato de que se pode encontrar uma estratégia que não penalize excessivamente o governo e ao mesmo tempo incentive o investimento da iniciativa privada.

I.3.3

VPL do projeto *versus* nível de *floor guarantee*

Assim como se pode avaliar o custo esperado pelo governo, dado pelo valor da PUT com ou sem CAP, para diferentes combinações de *floor guarantee* e CAP, pode-se avaliar como estas combinações adicionam valor ao projeto que recebeu a garantia do governo. A Figura 40 apresenta como se comporta o VPL do projeto com garantia para diferentes níveis de *floor guarantee*, considerando diferentes níveis de CAP.

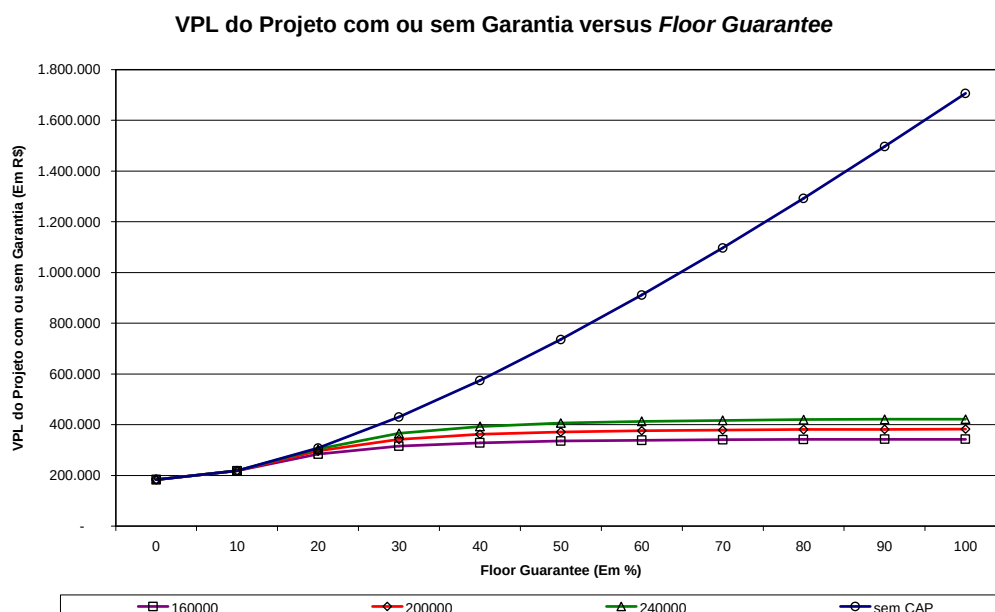


Figura 40 - VPL do projeto em relação ao nível de *Floor Guarantee*

Podem-se depreender as seguintes conclusões da análise acima:

- o VPL com garantia sem CAP, eleva-se rapidamente a medida que se aumenta os níveis de floor guarantee, tornando o ganho do projeto muito atrativo ao agente privado, corroborando com o resultado obtido na seção anterior, que leva o risco do projeto rapidamente para zero;
- o VPL apresenta limitação de valor para níveis elevados de floor guarantee quando se introduz um CAP na PUT. Neste caso, observa-se que o VPL converge para $VPL + CAP$ para níveis elevados de floor guarantee; e
- quanto menor o nível de CAP menor será o valor do VPL do projeto.

Novamente, podemos concluir que introduzir CAP na PUT representa uma estratégia prudente por parte do governo ao estabelecer os parâmetros da garantia a ser fornecida à iniciativa privada.

Dessa forma, das análises realizadas nesta seção podemos concluir que o modelo desenvolvido em MATLAB apresentou resultados consistentes com os encontrados na literatura.

I.4

Impacto no risco esperado pelo governo de uma carteira de projetos que estão recebendo garantia governamental

As análises realizadas nesta seção avaliam como a percepção de risco esperado pelo governo pode ser alterada quando se avalia a garantia em um contexto de carteira de projetos que estão recebendo garantia de receita mínima.

A seguir, será apresentado, a partir de um exemplo de uma carteira composta de dois projetos, como o efeito da diversificação, considerando diferentes estruturas de correlação, pode reduzir o risco esperado pelo governo quando as garantias são avaliadas em um contexto de carteira de projetos.

No caso, serão apresentados dois exemplos de carteiras de projetos com diferentes níveis de CAP, conforme descritos a seguir:

- **Carteira 01:** CAP do Projeto 01 = R\$ 301.000,00; e
CAP do Projeto 02 = R\$ 396.000,00.
- **Carteira 02:** CAP do Projeto 01 = R\$ 201.000,00; e
CAP do Projeto 02 = R\$ 296.000,00.

I.4.1

Perda máxima esperada pelo governo *versus* nível de correlação entre os projetos (Carteira 01)

Quando existe uma carteira de projetos que recebem garantia do governo, este pode avaliar seu risco dentro de um contexto de carteira, aproveitando-se do efeito da diversificação, decorrente da correlação entre os fatores de risco dos projetos.

A Figura 41 apresenta o efeito da diversificação em uma carteira composta por dois projetos, cada um dependente de um fator de risco, considerando:

- o comportamento da perda máxima esperada dos projetos, considerados individualmente (soma das perdas máximas de cada projeto); e
- o comportamento da perda máxima esperada da carteira (perda máxima esperada da carteira, para diferentes níveis de correlação entre os fatores de risco dos projetos).

Note que a avaliação do item (i) não se aproveita do efeito da diversificação, já que o risco é avaliado individualmente.

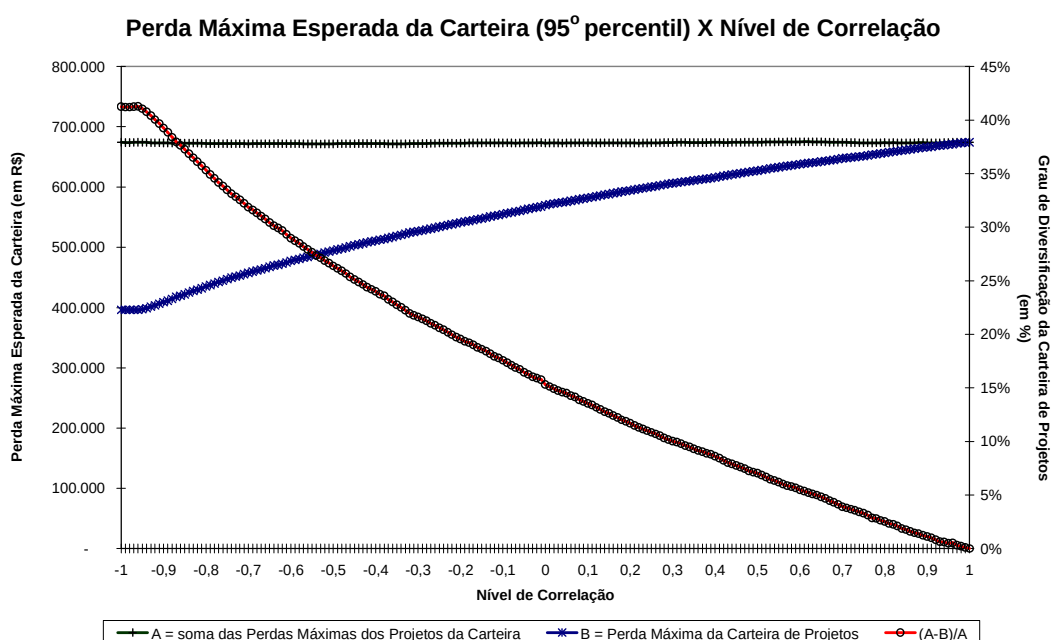


Figura 41 - Perda Máxima Esperada pelo governo em relação ao nível de correlação

Pode-se observar que na Carteira 01 a menor perda máxima esperada ocorre quando os fatores de risco entre os projetos apresentam o menor nível de correlação ($\rho = -1$).

Note que a medida que a correlação entre os projetos converge para +1, a perda máxima da carteira tende ao valor da soma da perda máxima de cada projeto considerado individualmente, dado que o efeito da diversificação diminui, confirmando o que se encontra na literatura sobre o assunto.

Observa-se, ainda, que no caso da Carteira 01 o nível de *CAP* não apresenta qualquer resistência para o aumento da perda máxima esperada a medida que o nível de correlação entre os projetos tende a +1, convergindo para o valor da soma das perdas máximas de cada projeto, quando a correlação alcança o valor de +1.

Neste caso, dizemos que os níveis de *CAP* de cada projeto foram insuficientes para apresentar qualquer resistência sobre a perda máxima da carteira a medida que a correlação entre os projetos tende a +1, considerando que o nível *CAP* estabelecido para cada projeto foi elevado demais para conter o aumento da perda máxima esperada da carteira.

É possível observar por meio do grau de diversificação da carteira que a percepção de risco do governo reduz-se quando a avaliação é realizada em um contexto de carteira. O grau de diversificação chega a até 40% quando o nível de correlação é de -1.

I.4.2

Perda máxima esperada do governo *versus* Nível de correlação entre os projetos (Carteira 02)

Diferentemente do caso anterior, os níveis de CAPs dos projetos da Carteira 02 apresentam níveis de resistência para a perda máxima da carteira a medida que o nível de correlação entre os projetos tende a +1, principalmente para nível de correlação maiores do que zero. Este efeito pode ser observado na Figura 42.

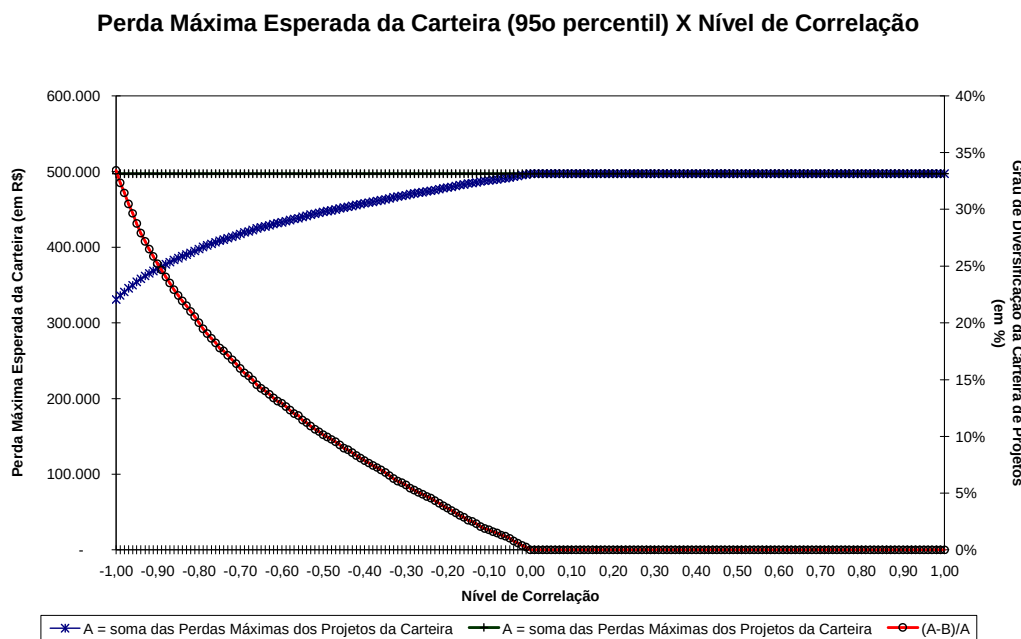


Figura 42 - Perda Máxima Esperada pela Carteira em relação ao nível de correlação

Note que o nível de perda máxima para a Carteira 02 é menor do que a perda máxima da Carteira 01, para todos os níveis de correlação, sendo que a medida que o efeito da diversificação diminui, com níveis de correlação dirigindo-se para +1, a perda máxima da Carteira 02 aumenta até um determinado nível de correlação, a partir do qual limita-se ao valor da soma dos CAPs de cada projeto da Carteira 02. Isso ocorreu, pois o CAP estabelecido para cada projeto foi menor e restringiu o aumento da perda máxima esperada da carteira ao valor de CAP da carteira, dado pela soma do CAP dos projetos 1 e 2, a medida que a correlação entre os fatores de risco dos projetos tendia a +1.

Podemos concluir das análises realizadas, que se considerarmos a avaliação de risco da garantia dada pelo governo em um contexto de carteira, pode-se reduzir a percepção de risco esperado pelo governo e, assim, alavancar o potencial de projetos realizados pela iniciativa privada que recebem a garantia do governo, como pode ser verificado pelo grau de diversificação da carteira.

Assim, é interessante que a análise por parte do governo seja realizada sob uma ótica de carteira.

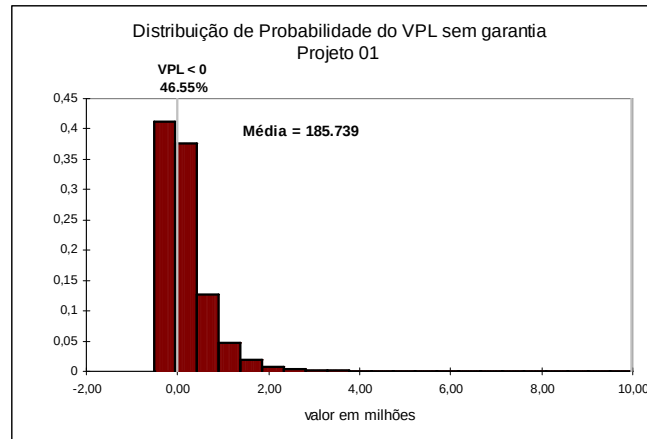
Dessa forma, das análises realizadas nesta seção podemos concluir que o modelo desenvolvido em MATLAB apresentou resultados consistentes com os encontrados na literatura.

II - Resultados da avaliação da garantia governamental de receita mínima com e sem CAP

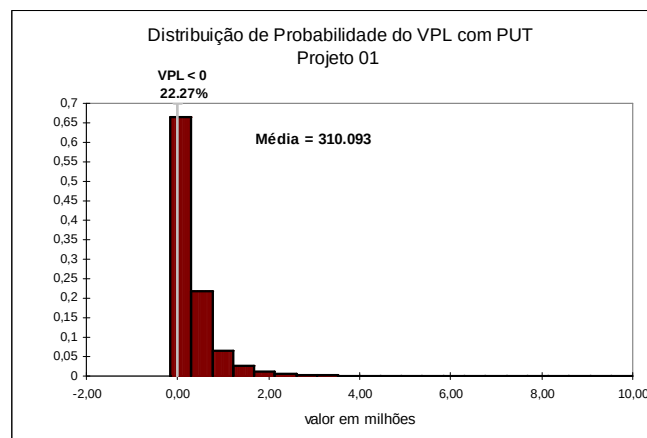
II.1

Projeto 01

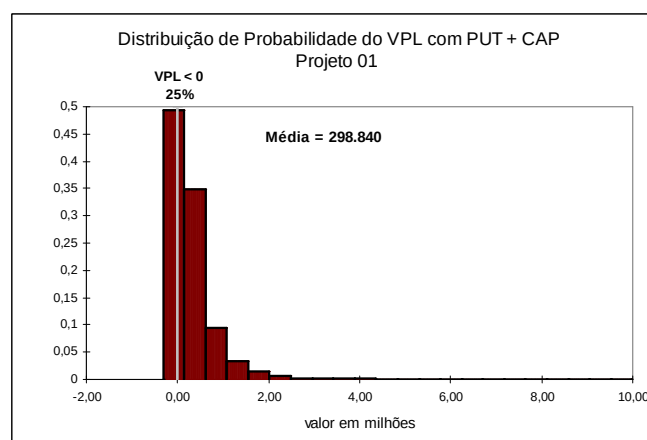
VPL sem garantia



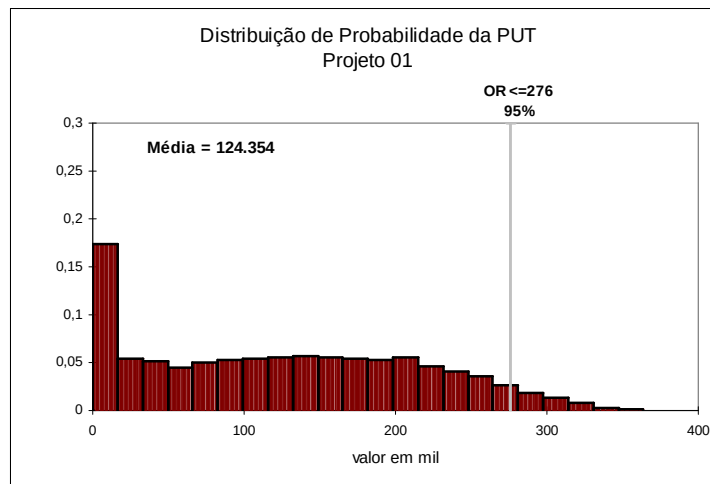
VPL com PUT sem CAP



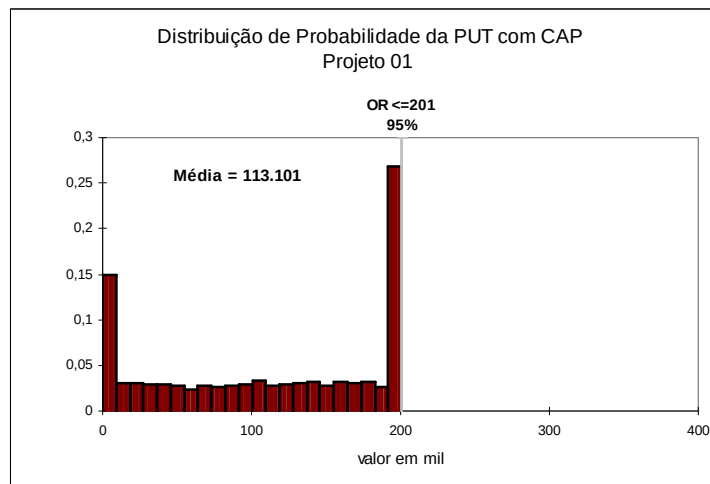
VPL com PUT + CAP



PUT sem CAP

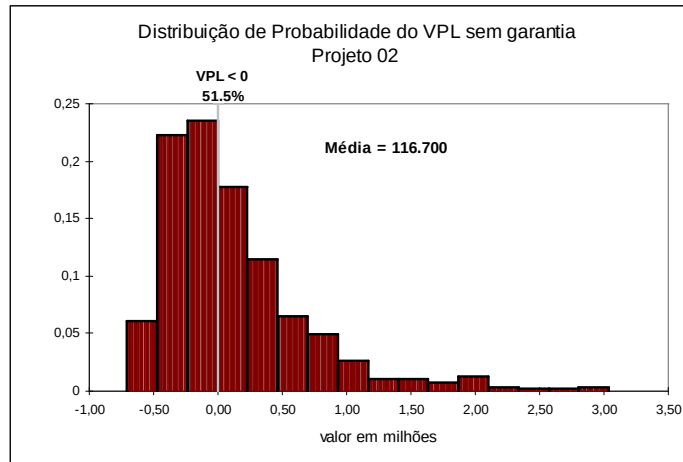


PUT com CAP

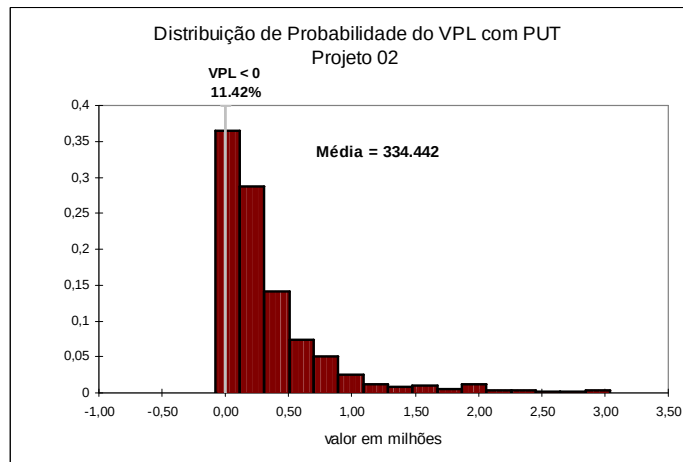


II.2 Projeto 02

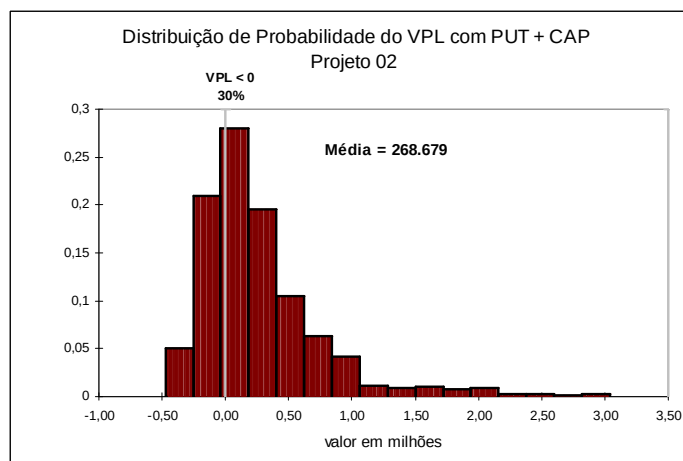
VPL sem garantia



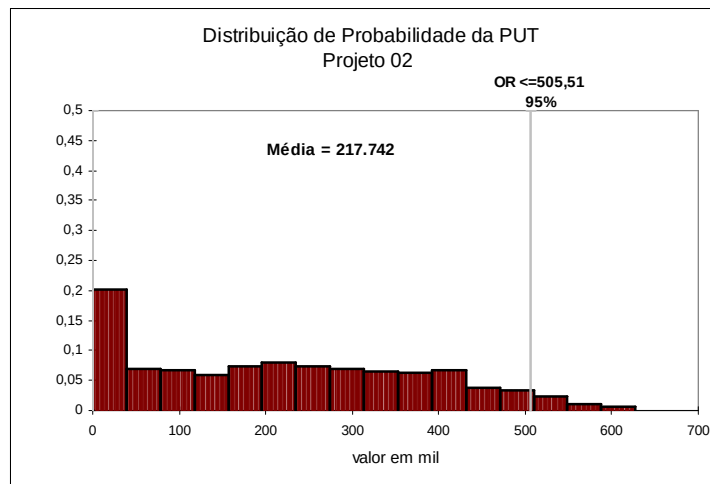
VPL com PUT sem CAP



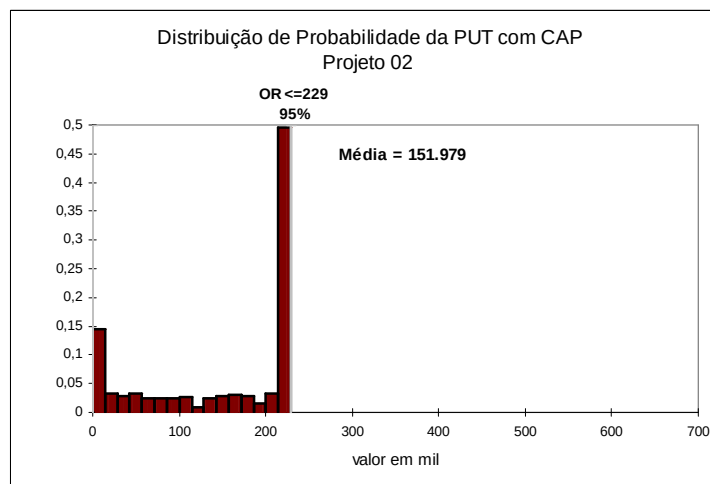
VPL com PUT + CAP



PUT sem CAP

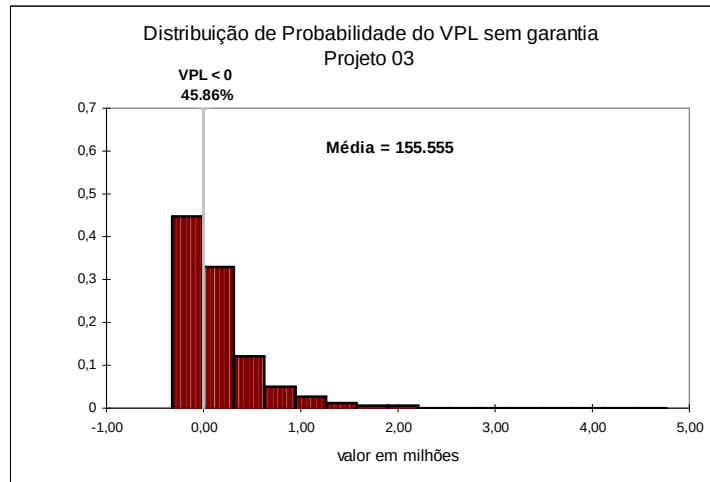


PUT com CAP

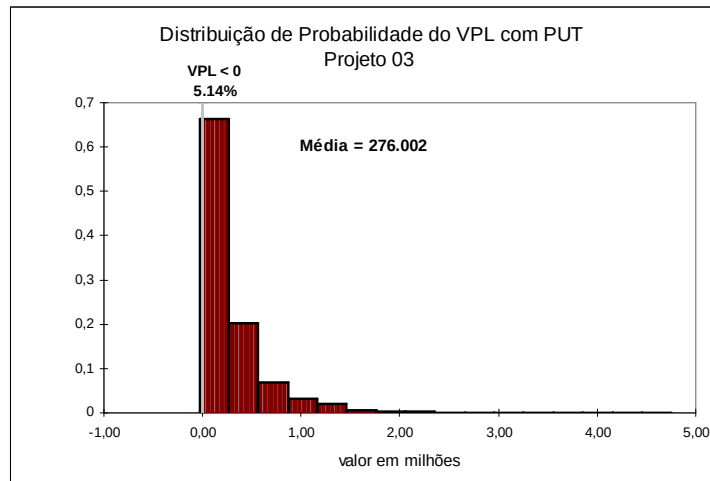


II.3 Projeto 03

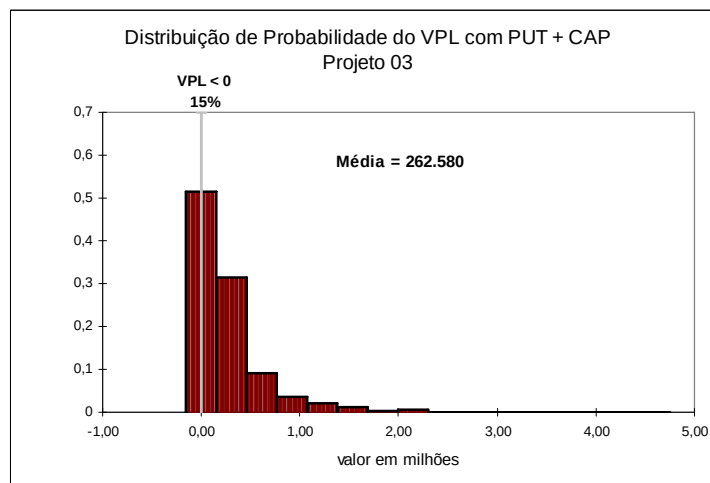
VPL sem garantia



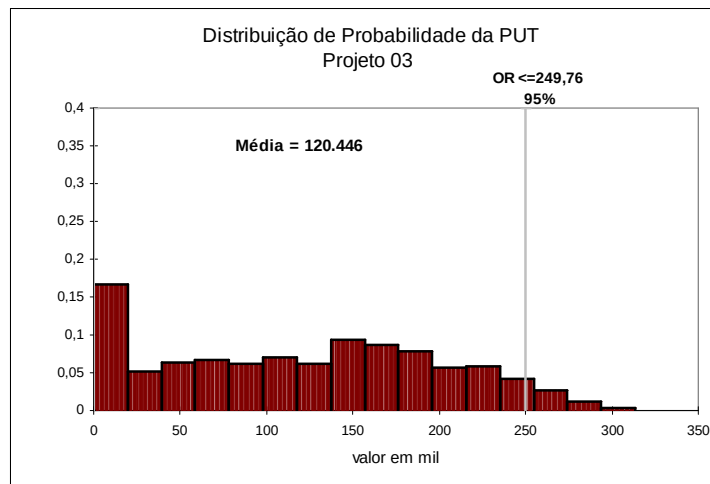
VPL com PUT sem CAP



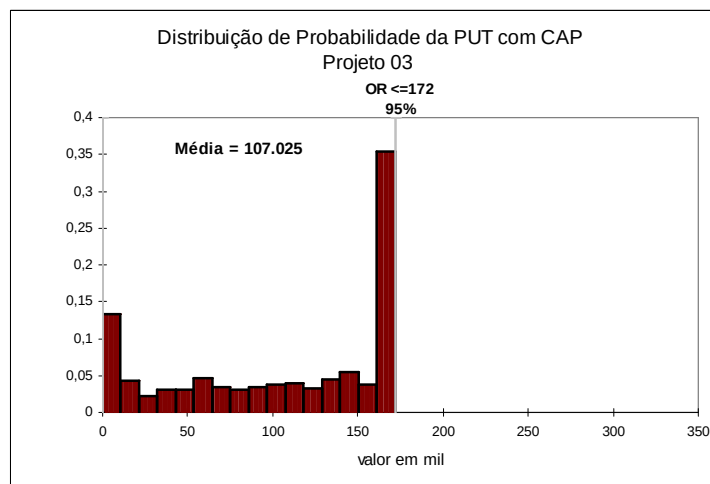
VPL com PUT + CAP



PUT sem CAP

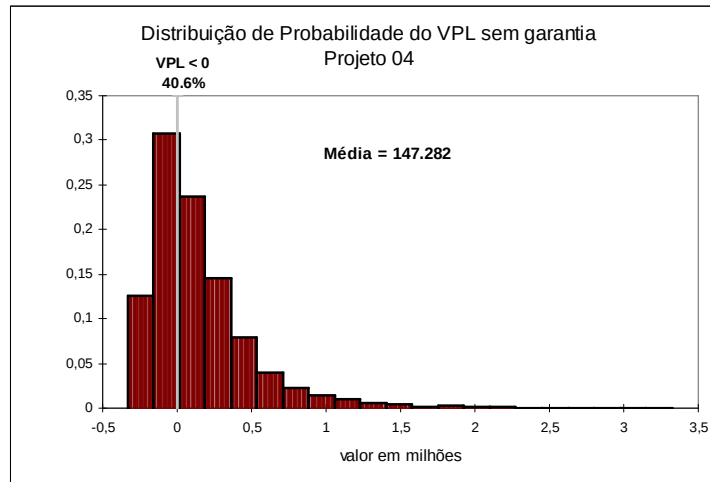


PUT com CAP

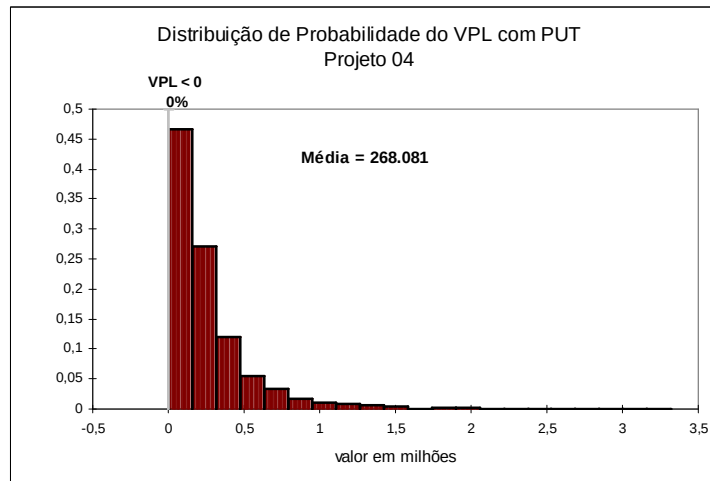


II.4 Projeto 04

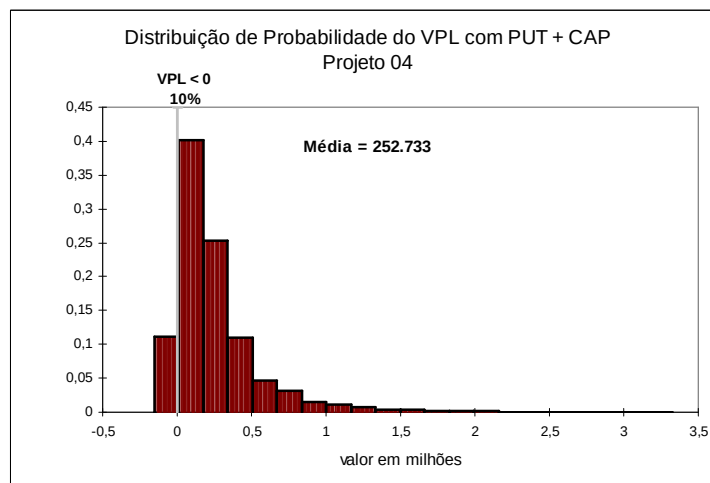
VPL sem garantia



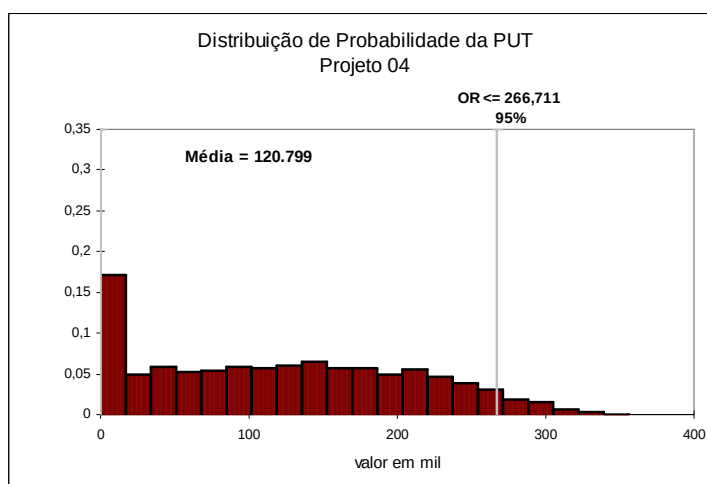
VPL com PUT sem CAP



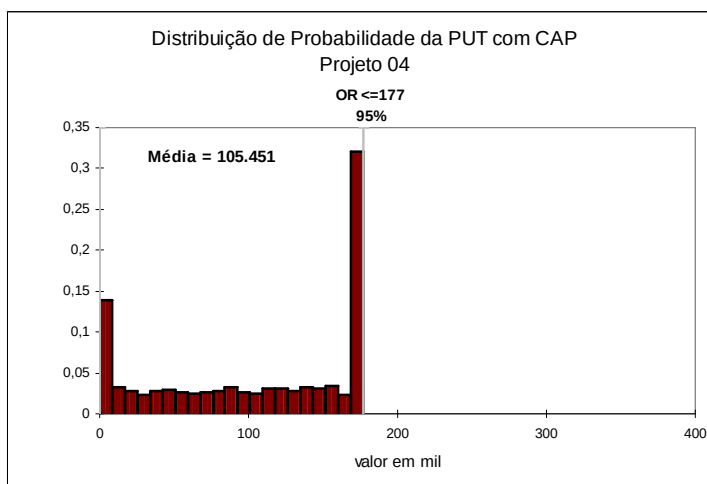
VPL com PUT + CAP



PUT sem CAP

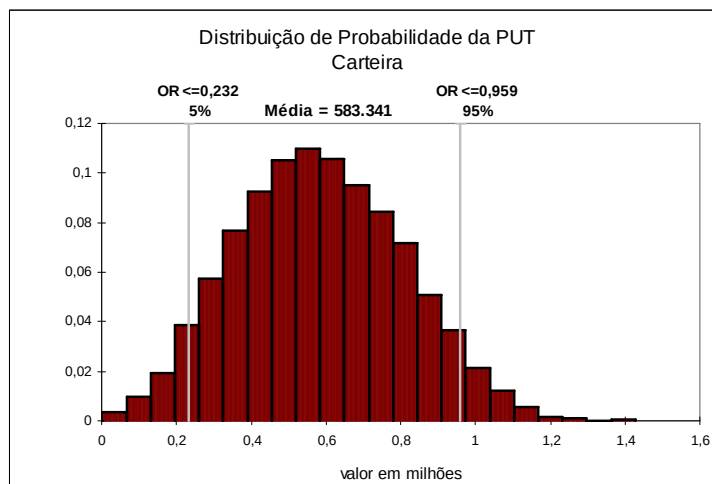


PUT com CAP

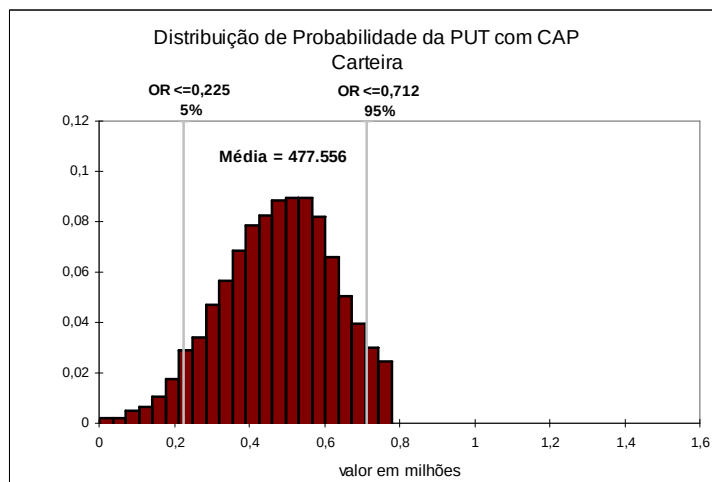


II.5 Carteira

PUT sem CAP



PUT com CAP



III - Código-fonte desenvolvido em MATLAB para implementar a metodologia proposta no presente trabalho

```
function MGRM
% PARAMETROS DOS PROJETOS
% numero de variaveis aleatoria
va=4;
% numero de simulacoes
sim=50000;
m=sim/2;
%taxa livre de risco
r=0.067;
% prazo de geracao dos fluxos de caixa
T=25;
% periodicidade dos fluxos de caixa
n=25;
% intervalo de tempo
dt=T/n;
% volatilidade va1
vol1=[.25 .18 .28 .22];
% taxa de desconto com risco
wacc=[0.155 0.13 0.15 0.14];
% taxa de crescimento
alfa=[0.085 0.1 0.08 0.09];
% delta va1
d1=[.07 .03 .07 .05];
% drift da va1
k1=[(r-d1(1)-(vol1(1)^2)/2)*dt (r-d1(2)-(vol1(2)^2)/2)*dt (r-d1(3)-(vol1(3)^2)/2)*dt
(r-d1(4)-(vol1(4)^2)/2)*dt];
% componente aleatorio da va1
s1=[vol1(1)*sqrt(dt) vol1(2)*sqrt(dt) vol1(3)*sqrt(dt) vol1(4)*sqrt(dt)];
% valor inicial da va1
va1=[6500 8000 5000 7000];
% Quantidade P1
Q1=[11 8 10 6];
%Custo Fixo P1
CF1=[18000 50000 7000 20000];
```

```

% investimento inicial
INV_INIC=[420000 400000 330000 200000];
% DECOMPOR A MATRIZ DE CORRELAÇÃO A PARTIR DA DECOMPOSIÇÃO
ESPECTRAL
% matriz de correlação
C = [ 1 0.1 0.1 0.1; 0.1 1 0.1 0.1; 0.1 0.1 1 0.1; 0.1 0.1 0.1 1] ;
[V,E]=eig(C); % V: autovetores e E: autovalores
G=V.*V; % autovetores ao quadrado
k=find(E<0); % encontra os autovalores negativos da matriz de autovalores E
E(k)=0; % atribuímos o valor de zero a todos os elementos negativos da matriz
% de autovalores negativos (matriz diagonal dos autovalores modificados)
I=diag(E)'; % autovalores modificados
H=(G*I)'; % calculo intermediario de cada ti
L=(sqrt(H).^ -1); % calculo de cada ti
M=diag(L); % matriz diagonal de T (formada por cada elemento ti)
N=sqrt(diag(I)); % matriz diagonal da raiz dos autovalores modificados
O=V*N; % decomposição antes da normalização da alteração realizada (B
% chapéu)
P=M*O; % decomposição após normalização da alteração realizada (B)
Q=P*P'; % matriz aproximada da correlação original (A chapéu)
C; % matriz de correlação original (A chapéu)
X=sum(sum((C-Q).*(C-Q))); % soma dos desvios ao quadrado
% FATOR DE DESCONTO LIVRE DE RISCO
% fator de desconto
indice=[1:1:n];
fator=exp(-r*indice);
% GERAR VARIÁVEIS ALEATORIAS CORRELACIONADAS
% geração de numeros aleatorios iid (dist. normal)
VA1=randn(va,m,n); % variavel aleatoria i.i.d - normalmente distribuida
%PARAMETROS DAS OPÇÕES
% probabilidade de risco aceitavel pelo ente privado para investir
inic_risk=0.3;
incr_risk=0.1;
final_risk=0.3;
Risco_Privado=zeros(va,7,((final_risk-inic_risk)/incr_risk)+1);
h=0;

```



```

for risk_private = inic_risk:incr_risk:final_risk
h=h+1;
Prob_Risk=[0.25 0.30 0.15 0.10];
% limite maximo aceito pelo governo (em cada projeto - va colunas - e na
carteira - ultima coluna)
Risk_GOV=[0.95 0.95 0.95 0.95 0.95]; % utilizado para calcular o OMEGA de
cada opcao
inic_limite=100000;
incr_limite=50000;
final_limite=100000;
Limite_Gov=zeros(va,7,((final_limite-inic_limite)/incr_limite)+1);
z=0;
for limite_governo = inic_limite:incr_limite:final_limite
z=z+1;
L_GOV=[limite_governo limite_governo limite_governo limite_governo
va*limite_governo]; % utilizado para calcular o omega
EST=zeros(70,7,va);
EST_OTIMA=zeros(va,7);
k=0;
inic=10000;
incr=1000;
final=310000;
for CAP=inic:incr:final
% limite de valor coberto pelo governo
CAP=[CAP CAP CAP CAP];
k=k+1;
RF=zeros(23,va+1);
w=0;
inic_perc=0;
incr_perc=0.05;
final_perc=1;
ARisk=zeros(((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,14,va); % agrupa os resultados
por Floor Guarantee Level
for perc=inic_perc:incr_perc:final_perc
controle=[perc final_perc CAP final_limite_governo final_limite risk_private
final_risk]

```

```

w=w+1;
% minimum guarantee
MGT_PUT=[perc perc perc perc];
% INICIALIZANDO AS MATRIZES DO MODELO
x1=zeros(sim,n,va); % valor estocastico NR  $(r-d-0,5.s^2).dt + s.raiz(dt).N(0,1)$ 
x2=zeros(n,va); % valor esperado (alfa).dt - base para o floor guarantee da
opcao
x3=zeros(n,va); % valor esperado NR  $(r-d).dt$  - utilizado no calculo do VE do
projeto
FC=zeros(sim,n,va); % fluxo de caixa aleatorio NR (baseado em x1)
FCE=zeros(n,va); % fluxo de caixa esperado NR (baseado em x3)
VT=zeros(sim,n,va); % valor do projeto aleatorio
VPL=zeros(sim,va); % VPL do projeto aleatorio
VPE=zeros(1,va); % valor esperado do projeto
VPLE=zeros(1,va); % VPL esperado do projeto
VP=zeros(sim,n); % valor da carteira aleatorio
VPLP=zeros(sim,va); % VPL da carteira aleatorio
OptPUT=zeros(sim,n,va); % payoffs da opcao
OptPUT_CAP=zeros(sim,n,va); % payoffs da opcao
RESULTPUTP=zeros(sim,1); % payoffs da PUT da carteira
RESULTPUT_CAPP=zeros(sim,1); % payoffs da PUT & CAP da carteira
VPLPUTP=zeros(sim,1); % VPL + PUT da carteira
VPLPUT_CAPP=zeros(sim,1); % VPL + PUT & CAP da carteira
OMEGA=zeros(4,2,va); % Indice Omega = EC/ES
ES=zeros(4,2,va); % Expected Shortfall
EC=zeros(4,2,va); % Excess Chance
for p=1:va
%PROJETO 01
% produto da decomposta com o vetor aleatorio iid -> gerou as va
correlacionadas
VAC1=P*VA1(:,1);
% insere variaveis antiteticas
VAC=[VAC1,-VAC1];
clear VAC1;
% valor esperado da va (para calcular o VPE)
x3(1,p)=va1(p)*exp((r-d1(p))*dt);
FCE(1,p) = Q1(p)*x3(1,p) - CF1(p);

```

```

% simula os preços da va1
x1(:,1,p)=va1(p)*exp(k1(p)+s1(p)*VAC(p,:));
FC(:,1,p) = Q1(p)*x1(:,1,p) - CF1(p);
% valor esperado da va (para calcular opção)
x2(1,p)=va1(p)*exp(alfa(p)*dt);
% payoff da PUT
OptPUT(:,1,p)= MGT_PUT(p)*Q1(p)*x2(1,p)-(Q1(p)*x1(:,1,p));
k_PUT=find(OptPUT(:,1,p)<0);
OptPUT(k_PUT,1,p)= 0;
end

for j=2:n
% produto da decomposta com o vetor aleatorio iid -> gerou as va
correlacionadas
VAC1=P*VA1(:,j);
% insere variaveis antiteticas
VAC=[VAC1,-VAC1];
clear VAC1;
% considere o periodo (t>1)
for p=1:va
% valor esperado da va (para calcular o VPE)
x3(j,p)=x3(j-1,p).*exp((r-d1(p))*dt);
FCE(j,p) = Q1(p)*x3(j,p) - CF1(p);
% simula os preços da va1
x1(:,j,p)=x1(:,j-1,p).*exp(k1(p)+s1(p).*VAC(p,:));
FC(:,j,p) = Q1(p)*x1(:,j,p) - CF1(p);
% valor esperado da va (para calcular a opção)
x2(j,p)=x2(j-1,p).*exp(alfa(p)*dt);
% payoffs da PUT
OptPUT(:,j,p)= MGT_PUT(p)*Q1(p)*x2(j,p)-(Q1(p)*x1(:,j,p));
k_PUT=find(OptPUT(:,j,p)<0);
OptPUT(k_PUT,j,p)= 0;
end
end
for p=1:va
ARisk(w,1,p)=perc*100;

```

```

% VP esperado de cada projeto
VPE(p) = sum(FCE(:,p).*fator');
% VPL esperado de cada projeto
VPLE(p) = VPE(p) - INV_INIC(p);
% VP aleatorio de cada projeto
VT(:,p) = FC(:,p).*repmat(fator,sim,1);
EVT = sum(VT(:,p));
% VPL aleatorio de cada projeto
VPL(:,p) = EVT' - INV_INIC(p);
RF(10,p) = mean(VPL(:,p));
RF(11,p) = std(VPL(:,p));
% extrai a probabilidade do VPL < 0 de cada projeto
VPL_ord = sort(VPL(:,p));
ord = find(VPL_ord < 0);
perc_risk = size(ord,1)/sim;
clear VPL_ord
clear ord
ARisk(w,2,p) = perc_risk*100;
ARisk(w,3,p) = mean(VPL(:,p));
ARisk(w,14,p) = mean(EVT');
% valor aleatorio da carteira
VP = VP + VT(:,p);
% VPL da carteira
VPLP(:,p) = VPLP(:,p) + VPL(:,p);
% distribuicao do valor da PUT de cada projeto
SOptPUT = sum((OptPUT(:,p).*repmat(fator,sim,1)));
% extrai o valor em risco (OMEGA e o Expected Shortfall (ES) para o governo
para um dado nivel de confianca - PUT de cada projeto
SOptPUT_ord = sort(SOptPUT);
L_GOV_PUT = SOptPUT_ord(1,Risk_GOV(p)*sim);
ECG_PUT = max(L_GOV(p) - SOptPUT', 0);
ESG_PUT = max(SOptPUT' - L_GOV(p), 0);
OG_PUT = mean(ECG_PUT)/mean(ESG_PUT);
ARisk(w,7,p) = L_GOV_PUT;
ARisk(w,8,p) = OG_PUT;
clear L_GOV_PUT
clear ES_PUT

```

```

% distribuicao do valor da PUT da carteira
RESULTPUTP=RESULTPUTP+SOptPUT';
% distribuicao do VPL com PUT de cada opcao
VPLOTPUT=VPL(:,p)+SOptPUT';
VPLOTPUT_ord = sort(VPLOTPUT);
ord=find(VPLOTPUT_ord<0);
perc_risk=size(ord,1)/sim;
clear VPLOTPUT_ord
clear ord
ARisk(w,4,p)=perc_risk*100;
ARisk(w,5,p)=mean(VPLOTPUT');
ARisk(w,6,p)=mean(SOptPUT');
% distribuicao do VPL com PUT da carteira
VPLPUTP=VPLPUTP+VPLOTPUT;

% selecionar os valores abaixo ou iguais ao limite de CAP estabelecido
y=find(SOptPUT > CAP(p));
SOptPUT(y)=CAP(p);
SOptPUT_CAP=SOptPUT;

% extrai o valor em risco (OMEGA e o Expected Shortfall (ES) para o governo
para um dado nivel de confianca - PUT_CAP de cada projeto
SOptPUT_CAP_ord = sort(SOptPUT);
L_GOV_PUT_CAP=SOptPUT_CAP_ord(1,Risk_GOV(p)*sim);

ECG_PUT_CAP=max(L_GOV(p)-SOptPUT',0);
ESG_PUT_CAP=max(SOptPUT'-L_GOV(p),0);
OG_PUT_CAP=mean(ECG_PUT_CAP)/mean(ESG_PUT_CAP);

ARisk(w,12,p)=L_GOV_PUT_CAP;
ARisk(w,13,p)=OG_PUT_CAP;

clear L_GOV_PUT_CAP
clear ES_PUT_CAP

% distribuicao do VPL com PUT_CAP de cada opcao
VPLOTPUT_CAP=VPL(:,p)+SOptPUT';

```

```

VPLOPTPUT_CAP_ord = sort(VPLOPTPUT_CAP);
ord=find(VPLOPTPUT_CAP_ord<0);
perc_risk=size(ord,1)/sim;
clear VPLOPTPUT_CAP_ord
clear ord

```

```

ARisk(w,9,p)=perc_risk*100;
ARisk(w,10,p)=mean(VPLOPTPUT_CAP');
ARisk(w,11,p)=mean(SOptPUT');

```

```

% distribuicao do VPL com PUT_CAP da carteira
VPLPUT_CAPP=VPLPUT_CAPP+VPLOPTPUT_CAP;

```

```

% distribuicao do valor da PUT_CAP da carteira
RESULTPUT_CAPP=RESULTPUT_CAPP+SOptPUT';

```

```

end
end

```

```

ARisk;

```

```

RISK_PRIV1=[ARisk(:,1,1) repmat(CAP(1),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,2,1) ARisk(:,4,1) ARisk(:,9,1)]
RISK_PRIV2=[ARisk(:,1,2) repmat(CAP(1),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,2,2) ARisk(:,4,2) ARisk(:,9,2)]
RISK_PRIV3=[ARisk(:,1,3) repmat(CAP(1),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,2,3) ARisk(:,4,3) ARisk(:,9,3)]
RISK_PRIV4=[ARisk(:,1,4) repmat(CAP(1),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,2,4) ARisk(:,4,4) ARisk(:,9,4)]

```

```

VPL1=[ARisk(:,1,1) repmat(CAP(2),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,3,1) ARisk(:,5,1) ARisk(:,10,1)]
VPL2=[ARisk(:,1,2) repmat(CAP(2),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,3,2) ARisk(:,5,2) ARisk(:,10,2)]
VPL3=[ARisk(:,1,3) repmat(CAP(2),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,3,3) ARisk(:,5,3) ARisk(:,10,3)]

```

```
VPL4=[ARisk(:,1,4) repmat(CAP(2),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,3,4) ARisk(:,5,4) ARisk(:,10,4)]
```

```
VAR1=[ARisk(:,1,1) repmat(CAP(3),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,7,1) ARisk(:,12,1)]
```

```
VAR2=[ARisk(:,1,2) repmat(CAP(3),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,7,2) ARisk(:,12,2)]
```

```
VAR3=[ARisk(:,1,3) repmat(CAP(3),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,7,3) ARisk(:,12,3)]
```

```
VAR4=[ARisk(:,1,4) repmat(CAP(3),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,7,4) ARisk(:,12,4)]
```

```
OR1=[ARisk(:,1,1) repmat(CAP(4),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,6,1) ARisk(:,11,1)]
```

```
OR2=[ARisk(:,1,2) repmat(CAP(4),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,6,2) ARisk(:,11,2)]
```

```
OR3=[ARisk(:,1,3) repmat(CAP(4),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,6,3) ARisk(:,11,3)]
```

```
OR4=[ARisk(:,1,4) repmat(CAP(4),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,6,4) ARisk(:,11,4)]
```

```
for p=1:va
```

```
    ARisk(:,1,p)
```

```
    ((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1
```

```
    repmat(0,((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
```

```
    ARisk(:,4:8,p)
```

```
    ARisk(:,1,p)
```

```
    repmat(CAP(p),((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
```

```
    ARisk(:,9:13,p)
```

```
    CONS=[ARisk(:,1,p) repmat(0,((final_perc-inic_perc)/incr_perc)+1,1)
ARisk(:,4:8,p) ; ARisk(:,1,p) repmat(CAP(p),((final_perc-
inic_perc)/incr_perc)+1,1) ARisk(:,9:13,p)];
```

```
    y= find(CONS(:,3)<=100*Prob_Risk(p));
```

```
    lin=find(CONS(y,7)==max(CONS(y,7))); % criterio omega
```

```
    if size(lin,1)>1
```

```

lin1=find(CONS(y(lin),1)==min(CONS(y(lin),1))&
CONS(y(lin),2)==max(CONS(y(lin),2)));
    if size(lin1,1)==0
        lin2=find(CONS(y(lin),2)==max(CONS(y(lin),2)));
        lin3=find(CONS(y(lin(lin2)),1)==min(CONS(y(lin(lin2)),1)));
        lin1=lin2(lin3);
    end

    EST(k, :, p)=CONS(y(lin(lin1)), :);
    else
        EST(k, :, p)=CONS(y(lin), :);
    end
end
CONS;
end
for p=1:va
    EST(:, :, p);
    lin=find(EST(:, 7, p)==max(EST(:, 7, p))); % criterio omega

    if size(lin,1)>1

        if size(find(EST(lin,2,p)==0),1)==size(lin,1)
            lin1=find(EST(lin,1,p)==min(EST(lin,1,p)));
        else
            lin2=find(EST(lin,2,p)~=0);
            lin3=find(EST(lin(lin2),2,p) == min(EST(lin(lin2),2,p)));
            lin4=find(EST(lin(lin2(lin3)),1,p)==min(EST(lin(lin2(lin3)),1,p)));
            lin1=lin2(lin3(lin4))
        end

        if size(lin1,1)>1
            lin1=1;
        elseif size(lin1,1)==0
            lin2=find(EST(lin,2,p)~=0);
            lin3=find(EST(lin(lin2),2,p)==min(EST(lin(lin2),2,p)));
            lin4=find(EST(lin(lin2(lin3)),1,p)== min(EST(lin(lin2(lin3)),1,p)));
            lin1=lin2(lin3(lin4));
        end
    end
end

```



```

end

EST_OTIMA(p,:)=EST(lin(lin1),:,p);
else
EST_OTIMA(p,:)=EST(lin,.,p);
end
end
EST_OTIMA;

Limite_Gov(:,z)=EST_OTIMA

end

Risco_Privado(:,h)=EST_OTIMA

end

CAP=EST_OTIMA(:,2)';
MGT_PUT=EST_OTIMA(:,1)'/100;

%CALCULAR O VALOR DAS OPÇÕES E DA CARTEIRA

% INICIALIZANDO AS MATRIZES DO MODELO
x1=zeros(sim,n,va); % valor estocastico NR  $(r-d-0,5.s^2).dt + s.raiz(dt).N(0,1)$ 
x2=zeros(n,va); % valor esperado (alfa).dt - base para o floor guarantee da
opção
x3=zeros(n,va); % valor esperado NR  $(r-d).dt$  - utilizado no calculo do VE do
projeto
FC=zeros(sim,n,va); % fluxo de caixa aleatorio NR (baseado em x1)
FCE=zeros(n,va); % fluxo de caixa esperado NR (baseado em x3)
VT=zeros(sim,n,va); % valor do projeto aleatorio
VPL=zeros(sim,va); % VPL do projeto aleatorio
VPE=zeros(1,va); % valor esperado do projeto
VPLE=zeros(1,va); % VPL esperado do projeto
VP=zeros(sim,n); % valor da carteira aleatorio
VPLP=zeros(sim,va); % VPL da carteira aleatorio
OptPUT=zeros(sim,n,va); % payoffs da opção

```

```

OptPUT_CAP=zeros(sim,n,va); % payoffs da opção
RESULTPUTP=zeros(sim,1); % payoffs da PUT da carteira
RESULTPUT_CAPP=zeros(sim,1); % payoffs da PUT & CAP da carteira
VPLPUTP=zeros(sim,1); % VPL + PUT da carteira
VPLPUT_CAPP=zeros(sim,1); % VPL + PUT & CAP da carteira
OMEGA=zeros(4,2,va); % Indice Omega = EC/ES
ES=zeros(4,2,va); % Expected Shortfall
EC=zeros(4,2,va); % Excess Chance
Carteira=zeros(3,4)

```

```

for p=1:va

```

```

%PROJETO 01

```

```

% produto da decomposta com o vetor aleatorio iid -> gerou as va
correlacionadas

```

```

VAC1=P*VA1(:,1);

```

```

% insere variaveis antiteticas

```

```

VAC=[VAC1,-VAC1];

```

```

clear VAC1;

```

```

% valor esperado da va (para calcular o VPE)

```

```

x3(1,p)=va1(p)*exp((r-d1(p))*dt);

```

```

FCE(1,p) = Q1(p)*x3(1,p) - CF1(p);

```

```

% simula os preços da va1

```

```

x1(:,1,p)=va1(p)*exp(k1(p)+s1(p)*VAC(p,:));

```

```

FC(:,1,p) = Q1(p)*x1(:,1,p) - CF1(p);

```

```

% valor esperado da va (para calcular opção)

```

```

x2(1,p)=va1(p)*exp(alfa(p)*dt);

```

```

% payoff da PUT

```

```

OptPUT(:,1,p)= MGT_PUT(p)*Q1(p)*x2(1,p)-(Q1(p)*x1(:,1,p));

```

```

k_PUT=find(OptPUT(:,1,p)<0);

```

```

OptPUT(k_PUT,1,p)= 0;

```

```

end

```

```

for j=2:n

% produto da decomposta com o vetor aleatorio iid -> gerou as va
correlacionadas
VAC1=P*VA1(:,j);
% insere variaveis antiteticas
VAC=[VAC1,-VAC1];
clear VAC1;

% considere o periodo (t>1)

for p=1:va

% valor esperado da va (para calcular o VPE)
x3(j,p)=x3(j-1,p).*exp((r-d1(p))*dt);
FCE(j,p) = Q1(p)*x3(j,p) - CF1(p);

% simula os preços da va1
x1(:,j,p)=x1(:,j-1,p).*exp(k1(p)+s1(p).*VAC(p,:));
FC(:,j,p) = Q1(p)*x1(:,j,p) - CF1(p);

% valor esperado da va (para calcular a opção)
x2(j,p)=x2(j-1,p).*exp(alfa(p)*dt);

% payoffs da PUT
OptPUT(:,j,p)= MGT_PUT(p)*Q1(p)*x2(j,p)-(Q1(p)*x1(:,j,p));
k_PUT=find(OptPUT(:,j,p)<0);
OptPUT(k_PUT,j,p)= 0;
end
end

for p=1:va

% VP esperado de cada projeto
VPE(p) = sum(FCE(:,p).*fator');
% VPL esperado de cada projeto

```

```
VPLE(p) = VPE(p) - INV_INIC(p);
```

```
% VP aleatorio de cada projeto
```

```
VT(:, :, p) = FC(:, :, p) * repmat(fator, sim, 1);
```

```
EVT = sum(VT(:, :, p));
```

```
RF(1, p) = mean(EVT');
```

```
RF(2, p) = std(EVT');
```

```
% VPL aleatorio de cada projeto
```

```
VPL(:, p) = EVT' - INV_INIC(p);
```

```
RF(3, p) = mean(VPL(:, p));
```

```
RF(4, p) = std(VPL(:, p));
```

```
% extrai a probabilidade do VPL < 0 de cada projeto
```

```
VPL_ord = sort(VPL(:, p));
```

```
ord = find(VPL_ord < 0);
```

```
perc_risk = size(ord, 1) / sim;
```

```
clear VPL_ord
```

```
clear ord
```

```
RF(5, p) = perc_risk * 100;
```

```
% valor aleatorio da carteira
```

```
VP = VP + VT(:, :, p);
```

```
% VPL da carteira
```

```
VPLP(:, p) = VPLP(:, p) + VPL(:, p);
```

```
% distribuicao do valor da PUT de cada projeto
```

```
SOptPUT = sum((OptPUT(:, :, p) * repmat(fator, sim, 1)));
```

```
RF(6, p) = mean(SOptPUT');
```

```
% extrai o valor em risco (OMEGA e o Expected Shortfall (ES) para o governo  
para um dado nivel de confiança - PUT de cada projeto
```

```
SOptPUT_ord = sort(SOptPUT);
```

```
L_GOV_PUT = SOptPUT_ord(1, Risk_GOV(p) * sim);
```

```
Carteira(1,1)=Carteira(1,1) + mean(SOptPUT')
```

```
Carteira(2,1)=Carteira(2,1) + L_GOV_PUT
```

```
ECG_PUT=max(L_GOV(p)-SOptPUT',0);
```

```
ESG_PUT=max(SOptPUT'-L_GOV(p),0);
```

```
OG_PUT=mean(ECG_PUT)/mean(ESG_PUT);
```

```
RF(7,p)= L_GOV_PUT;
```

```
RF(8,p)=OG_PUT;
```

```
% distribuicao do valor da PUT da carteira
```

```
RESULTPUTP=RESULTPUTP+SOptPUT';
```

```
% distribuicao do VPL com PUT de cada opcao
```

```
VPLOPTPUT=VPL(:,p)+SOptPUT';
```

```
RF(9,p)= mean(VPLOPTPUT');
```

```
RF(10,p)= std(VPLOPTPUT');
```

```
VPLOPTPUT_ord = sort(VPLOPTPUT);
```

```
ord=find(VPLOPTPUT_ord<0);
```

```
perc_risk=size(ord,1)/sim;
```

```
clear VPLOPTPUT_ord
```

```
clear ord
```

```
RF(11,p)= perc_risk*100;
```

```
% distribuicao do VPL com PUT da carteira
```

```
VPLPUTP=VPLPUTP+VPLOPTPUT;
```

```
% seleccionar os valores abaixo ou iguais ao limite de CAP estabelecido
```

```
y=find(SOptPUT > CAP(p));
```

```
SOptPUT(y)=CAP(p);
```

```
RF(12,p)= mean(SOptPUT');
```

```
SOptPUT_CAP=SOptPUT;
```

% extrai o valor em risco (OMEGA) e o Expected Shortfall (ES) para o governo
para um dado nível de confiança - PUT_CAP de cada projeto

SOptPUT_CAP_ord = sort(SOptPUT);

L_GOV_PUT_CAP=SOptPUT_CAP_ord(1,Risk_GOV(p)*sim);

Carteira(1,3)=Carteira(1,3) + mean(SOptPUT_CAP')

Carteira(2,3)=Carteira(2,3) + L_GOV_PUT_CAP

ECG_PUT_CAP=max(L_GOV(p)-SOptPUT',0);

ESG_PUT_CAP=max(SOptPUT'-L_GOV(p),0);

OG_PUT_CAP=mean(ECG_PUT_CAP)/mean(ESG_PUT_CAP);

RF(13,p)= L_GOV_PUT_CAP;

RF(14,p)=OG_PUT_CAP;

clear L_GOV_PUT_CAP

clear ES_PUT_CAP

% distribuição do VPL com PUT_CAP de cada opção

VPLOTPUT_CAP=VPL(:,p)+SOptPUT';

RF(15,p)= mean(VPLOTPUT_CAP');

RF(16,p)= std(VPLOTPUT_CAP');

VPLOTPUT_CAP_ord = sort(VPLOTPUT_CAP);

ord=find(VPLOTPUT_CAP_ord<0);

perc_risk=size(ord,1)/sim;

clear VPLOTPUT_CAP_ord

clear ord

RF(17,p)= perc_risk*100;

% distribuição do VPL com PUT_CAP da carteira

VPLPUT_CAPP=VPLPUT_CAPP+VPLOTPUT_CAP;

% distribuição do valor da PUT_CAP da carteira

```

RESULTPUT_CAPP=RESULTPUT_CAPP+SOptPUT';
end

% resultado - media e dp - do Valor de cada Projeto
EVP=sum(VP');
RF(1,va+1)= mean(EVP');
RF(2,va+1)= std(EVP');

% resultado - media e dp - do valor da PUT da carteira

RF(9,va+1)=mean(VPLPUTP');
RF(10,va+1)= std(VPLPUTP');

RESULTPUTP_ord = sort(RESULTPUTP);
L_GOV_PUT_P=RESULTPUTP_ord(Risk_GOV(va+1)*sim,1);

ECG_PUTP=max(L_GOV(va+1)-RESULTPUTP,0);
ESG_PUTP=max(RESULTPUTP-L_GOV(va+1),0);
G_PUTP=max(RESULTPUTP-L_GOV(va+1),0);
OG_PUTP=mean(ECG_PUTP)/mean(ESG_PUTP);

Carteira(1,2)=mean(RESULTPUTP);
Carteira(2,2)=L_GOV_PUT_P
ord=find(RESULTPUTP < Carteira(2,1));
perc_risk=size(ord,1)/sim;;
Carteira(3,2)=perc_risk*100
Carteira(3,1)=(Risk_GOV(va+1))*100

RF(6,va+1)= mean(RESULTPUTP);
RF(7,va+1)= L_GOV_PUT_P;
RF(8,va+1)= OG_PUTP;

% resultado - media e dp - do valor da PUT_CAP da carteira
RF(15,va+1)= mean(VPLPUT_CAPP');
RF(16,va+1)= std(VPLPUT_CAPP');

```

```

RESULTPUT_CAPP_ord = sort(RESULTPUT_CAPP);
L_GOV_PUT_CAPP=RESULTPUT_CAPP_ord(Risk_GOV(va+1)*sim,1);

```

```

ECG_PUT_CAPP=max(L_GOV(va+1)-RESULTPUT_CAPP,0);
ESG_PUT_CAPP=max(RESULTPUT_CAPP-L_GOV(va+1),0);
OG_PUT_CAPP=mean(ECG_PUT_CAPP)/mean(ESG_PUT_CAPP);

```

```

Carteira(1,4)=mean(RESULTPUT_CAPP);
Carteira(2,4)=L_GOV_PUT_CAPP
ord=find(RESULTPUT_CAPP < Carteira(2,3));
perc_risk=size(ord,1)/sim;;
Carteira(3,4)=perc_risk*100
Carteira(3,3)=(Risk_GOV(va+1))*100

```

```

RF(12,va+1)= mean(RESULTPUT_CAPP);
RF(13,va+1)= L_GOV_PUT_CAPP;
RF(14,va+1)= OG_PUT_CAPP;

```

% resultado - media e dp - do VPL da carteira

```

VPLP_ord = sort(VPLP);
ord=find(VPLP_ord<0);
perc_risk=size(ord,1)/sim;

```

```

EVPLP=sum(VPLP');
RF(3,va+1)= mean(EVPLP');
RF(4,va+1)= std(EVPLP');

```

```

VP=RF(1:2,:)
INV=[INV_INIC sum(INV_INIC')]
VPL=RF(3:5,:)
PUT=RF(6:8,:)
VPL_PUT=RF(9:11,:)
PUT_CAP=RF(12:14,:)
VPL_PUT_CAP=RF(15:17,:)
CAP
MGT_PUT

```



```
Prob_Risk_Governo=Risk_GOV*100
```

```
Prob_Risk_Privado=Prob_Risk*100
```

```
G_I_PUT=(PUT(1,:)./INV)*100
```

```
G_I_PUT_CAP=(PUT_CAP(1,:)./INV)*100
```

```
Valor_Carteira_PUT=Carteira(:,1:2)
```

```
Valor_Carteira_PUT_CAP=Carteira(:,3:4)
```

```
RF;
```

```
end
```