

## Referências bibliográficas

- [1] Mendes, A., “Impactos da Criação do Mercado Interruptível de Gás Natural”, Jun. 2006
- [2] Street A., Barroso L.A., Chabar R. M., Mendes A.T.S., Pereira M. V. “Pricing Flexible Natural Gas Supply Contracts Under Uncertainty in Hydrothermal Markets” IEEE Transactions on Power Systems, Vol.23(3), pp. 1009–1017, Aug. 2008.
- [3] Alexander C., Risk Management and Analysis – Measuring and Modelling Financial Risk, John Wiley&Sons, 1998.
- [4] Dembo R. “Mark to Future: A Consistent Firm-Wide Paradigm for Measuring Risk and Return”, Risk Management and Analysis, Vol. 1: Measuring and Modelling Financial Risk, John Wiley&Sons, 1998.
- [5] Markowitz H.M. “Portfolio Selection”, Journal of Finance, 7, 1952.
- [6] Markowitz H.M., “Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment”. John Wiley & Sons, Nova Iorque, 1959.
- [7] Harlow W.V. “Asset Allocation in a Downside-Risk Framework”, Financial Analysis Journal, 1991.
- [8] Hagle J., Wallace S., “Managing Risk in the New Power Business: a sequel”, IEEE Computer Applications in Power, 2001.
- [9] Pereira M.V.F., McCoy, M.F., Meryll H.M., “Managing Risk in the New Power Business”, IEEE Computer Applications in Power, Vol 13 (2), abril 2000, pp:18 – 24.
- [10] Jorion P., Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk, McGraw-Hill, 1997.
- [11] David P.A.M.S., Barroso L.A., Granville L. Filho A.V. “Contratação e Aversão a Risco no Despacho Competitivo da Geração” - XVII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Uberlândia, 2003.
- [12] P. Kall and J. Mayer. Stochastic Linear Programming: Models, Theory, and Computation, volume 80 of International Series in Operations Research and Management Science. Springer, 2005. 3.1,
- [13] Pereira M.V., Campodónico N., Kelman, R., Long Term Hydro Scheduling based on Stochastic Models, EPSOM '98, Zurique, Setembro 1998.
- [14] Pereira M.V., Pinto L.M., “Multi-Stage Stochastic Optimization Applied to Energy Planning”, Mathematical Programming, Vol. 52, pp. 359-375, 1991.
- [15] Street A. Equivalente Certo e Medidas de Risco em Decisões de Comercialização de Energia Elétrica, Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio, 2008.

- [16] Pereira, M.V., Granville, S., Gerência de Risco em Mercados de Energia Elétrica e Otimização Integrada de Ativos Físicos e Financeiros, Nota Técnica PSR, 2000.
- [17] Pereira, M. Barroso L.A., Rosenblatt J., Supply Adequacy in the Brazilian Power Market, Proceedings of the IEEE General Meeting, Denver, 2004 – Available at <http://www.psr-inc.com>
- [18] Barroso, L. A., Rosenblatt J., Bezerra B., Resende A., Pereira M. “Auctions of Contracts and Energy Call Options to Ensure Supply Adequacy in the Second Stage of the Brazilian Power Sector Reform,” in Proceedings of the IEEE PES General Meeting, Montreal, Canada 2006.
- [19] Bezerra B., Barroso L.A., Granville S., Guimarães A., Street, A., Pereira M., Energy Call Options Auctions for Generation Adequacy in Brazil, IEEE General Meeting, Montreal, Quebec, Canada, 2006.
- [20] Rockafellar R.T., Uryasev S.P., “Optimization of Conditional Value-at-Risk”, The Journal of Risk, 2000, pp. 21-41.
- [21] Acerbi, C., “Coherent Measures of Risk in Everyday Market Practice”, Quantitative Finance, Aug. 2007, Vol. 7(4), pp. 359–364.
- [22] Philippe A., Delbaen F., Eber, J.M., Heath D., “Coherent Measures of Risk”, Mathematical Finance, 9(3) 1999, pp. 203-228.
- [23] Sharpe W.F. “Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk”, Journal of Finance 19, 1964.
- [24] Fusaro P. Energy Risk Management: Hedging Strategies and Instruments for the International Energy Market, McGraw-Hill, 1998.
- [25] Duarte A.M. Jr., Maia, M.L.A., “Optimal Portfolios with Derivatives”, Derivatives Quarterly, Vol. 4(2), 1997.
- [26] Luemberger D., Investment Science, Oxford, 1998.
- [27] Dixit A.K. and Pindyck R.S., Investment under Uncertainty, Princeton University Press, 1994.
- [28] Hull J.C. Options, Futures and Other Derivative Securities, Prentice Hall, NJ, 1993.
- [29] Von Neumann, J., Morgenstern, O. “Theory of Games and Economic Behaviour” Princeton Press, 1947, ISBN 0-691-00362-9
- [30] Artzner, Philippe, Freddy Delbaen, Jean-Marc Eber, David Heath (1999). “Coherent Measures of Risk”, Mathematical Finance 9 no. 3, 203-228
- [31] C, e Malvessi, O. Project Finance no Brasil: Fundamentos e Estudo de Casos, FGV, Ed. Atlas, São Paulo, 2002
- [32] Moutinho, E., “A Regulação de Gasodutos no Brasil: O Dificil Equilíbrio entre Competição e Desenvolvimento de Mercado”, em Anuatti, F. e Mello, M. org. Regulação da Infraestrutura no Brasil: Casos Didáticos, BID, Ed. Singular, São Paulo, 2008

- [33] Viscusi, W. K.; J. Vernon e J. Harrington [2000] Economics of Regulation and Antitrust, MIT Press, Massachusetts Institute of Technology, E.U.A. 3a ed.
- [34] Website ONS: [www.ons.com.br](http://www.ons.com.br)
- [35] Maceira M.E.P., Programação Dinâmica Dual Estocástica aplicada ao Planejamento da Operação Energética de Sistemas Hidrotérmicos com Representação do Processo Estocástico de Afluências por Modelos Auto-regressivos Periódicos. Relatório técnico 237/93, Cepel, 1993.
- [36] Philippe A., Delbaen F., Eber J.M., Heath D. “Coherent Measures of Risk”, Mathematical Finance 9(3), 1999, pp. 203-228.
- [37] Sítio Abegás: [WWW.abegas.org.br](http://WWW.abegas.org.br)
- [38] Sítio Platts: [WWW.platts.com](http://WWW.platts.com)
- [39] Sítio ONS: [www.ons.com.br](http://www.ons.com.br)
- [40] Sítio PSR Consultoria: [www.psr-inc.com](http://www.psr-inc.com)
- [41] A.Street, "On the Conditional Value-at-Risk Probability Dependent Utility Function: A relativistic pricing point of view". Theory and Decision Journal, 2009.

## **ANEXO A – Cálculo da Curva de Disposição a Contratar dos Consumidores Industriais**

Esse anexo trata da metodologia para cálculo da curva de demanda por contratos flexíveis (ou interruptíveis), desenvolvida em Street A., Barroso L.A., Chabar R. M., Mendes A.T.S., Pereira M. V. “Pricing Flexible Natural Gas Supply Contracts Under Uncertainty in Hydrothermal Markets” IEEE Transactions on Power Systems, Vol.23(3), pp. 1009–1017, Aug. 2008.

O resultado do trabalho (que é a curva de disposição a contratar no mercado interruptível) se pauta na premissa de que os participantes estarão maximizando uma medida de desempenho, para cada um dos cenários possíveis de “leilão”<sup>38</sup>. Ou seja, haveria uma demanda para cada preço possível de resultado desse leilão.

Assim, o espaço de preços é discretizado e para cada cenário de preço o consumidor irá minimizar o valor esperado do gasto com a compra de combustível considerando a possibilidade de comprar tanto no mercado flexível quanto no firme, mas lembrando que apesar de o mercado interruptível oferecer um desconto em relação ao preço do firme, ele carrega a possibilidade de interrupção do fornecimento, obrigando o consumidor a usar um combustível alternativo presumivelmente mais caro.

Analisando o modelo, o que se espera é que na medida em que o desconto dos contratos interruptíveis for aumentando, aumente a disposição a contratar por parte dos consumidores, e vice-versa.

Os autores desenvolvem então uma metodologia para o cálculo das despesas (que serão então minimizadas pela escolha ótima da quantidade a ser demandada desse tipo de contrato), o detalhamento encontra-se em [1]

Por fim, a formação da curva de disposição a contratar de cada consumidor se dá na resolução do problema de otimização descrito para uma faixa de preços dos contratos interruptíveis, que varia de zero ao preço do contrato firme.

Para aplicar a metodologia desenvolvida ao caso real, analisou-se o perfil dos potenciais compradores do gás. Utilizou-se como potenciais compradores os

---

<sup>38</sup> Haveria leilões entre ofertantes e demandantes de contratos interruptíveis, dos quais sairia o preço e a quantidade de equilíbrio para esse tipo de contrato.

clientes industriais que utilizam o gás natural para geração de energia, conforme representado pelo seguinte gráfico:

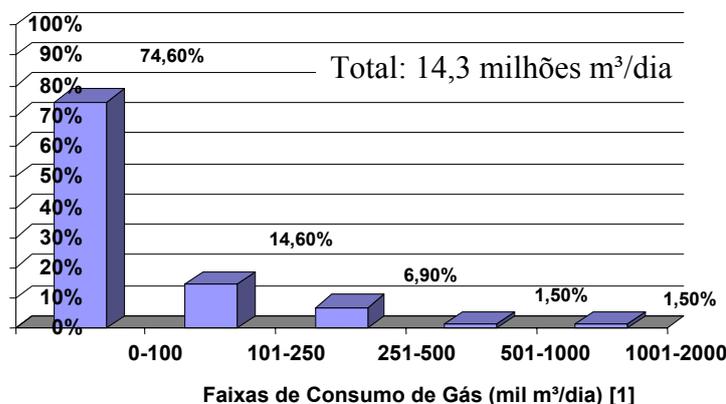


Figura A.1 – Distribuição do consumo industrial de gás para geração de energia

Figura Fonte: Ministério das Minas e energia

Das premissas utilizadas no modelo, apenas as seguintes foram alteradas para compatibilização com o trabalho desenvolvido aqui:

1 - Horizonte temporal: o modelo original calcular a demanda para os anos de 2010 a 2012, enquanto no modelo aqui desenvolvido foram analisados os anos de 2013 a 2016.

2 - os cenários de despacho termoeletrico.

Como resultado, obteve-se a seguinte curva de demanda:

Tabela A.1 – Curva de Demanda por contratos interruptíveis como função do preço.

Preço Interruptível (US\$/MMBtu)	0,0	0,5	1,1	1,6	2,1	2,7	3,2	3,8	4,3	4,8	5,4	5,9	6,4	7,0	7,5
Quantidade Demandada (MMm³/dia)	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	10,7	8,8	7,3	6,2	0,0	0,0