



Atilla Djan Erkan

**Valoração dos swaps de contratos de energia
elétrica no Brasil à luz da Teoria da Utilidade**

Dissertação de Mestrado

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

Orientador: Prof. Leonardo Lima Gomes

Rio de Janeiro
Abril de 2013



Atilla Djan Erkan

**Valoração dos swaps de contratos de energia
elétrica no Brasil à luz da Teoria da Utilidade**

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

Prof. Leonardo Lima Gomes

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Luiz Eduardo Teixeira Brandão

Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Carlos de Lamare Bastian-Pinto

IBMEC - RJ

Prof^a. Mônica Herz

Vice-Decana de Pós-Graduação do CCS

Rio de Janeiro, 02 de abril de 2013

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

Atilla Djan Erkan

Graduou-se em Administração de Empresas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) em 2002. Exerceu os cargos de analista de marketing e analista de interconexão na Embratel entre 2002 e 2007. Trabalha desde 2009 no departamento de comercialização de energia da Eletrobras.

Ficha Catalográfica

Erkan, Atilla Djan

Valorização dos swaps de contratos de energia elétrica no Brasil à luz da teoria da utilidade / Atilla Djan Erkan ; orientador: Leonardo Lima Gomes. – 2013.

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

Dissertação (mestrado)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2013.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Swaps. 3. Teoria da utilidade. 4. Equivalente certo. 5. Valor esperado. I. Gomes, Leonardo Lima. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD: 658

Agradecimentos

A Deus: o Alfa e o Ômega. Por tudo.

À minha mãe, Nazan, por ter me ensinado o valor e a importância da educação.

À minha esposa, Fabiana, pelo carinho, pela compreensão e pela paciência.

Ao professor Leonardo Lima Gomes, pela orientação e estímulo para a realização deste trabalho.

Ao Mário José Pires, pelo incentivo em iniciar este programa de mestrado.

Aos meus colegas de equipe do departamento de comercialização da Eletrobras.

À Eletrobras, por ter investido e ter feito desse um sonho possível.

Resumo

Erkan, Atilla Djan; Gomes, Leonardo Lima. **Valoração dos swaps de contratos de energia elétrica no Brasil à luz da Teoria da Utilidade**. Rio de Janeiro, 2013. 62 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As impactantes transformações pelas quais o Brasil passou durante o início da década de 1990 exigiram mudanças profundas no setor elétrico. O Decreto nº 5.163/2004 introduziu ao mercado brasileiro de energia elétrica o Ambiente de Contratação Livre (ACL), onde os agentes passaram a poder negociar livremente contratos bilaterais de compra e venda de energia. No Brasil, os agentes participantes estão expostos às bruscas variações do preço da energia no curto prazo, chamado de Preço de Liquidação das Diferenças – PLD. Devido às restrições existentes na malha de transmissão, os valores do PLD se distinguem entre os quatro Submercados existentes: Norte, Nordeste, Sul e Sudeste/Centro-Oeste. Ao fechar contratos em Submercados diferentes, o gerador deve vender a energia ao PLD local e comprá-la ao preço spot do Submercado de destino. Desta forma, o vendedor corre o risco de vender a um PLD mais baixo do que deverá comprar. O swap de submercado pode ser utilizado para anular esta exposição, mas cabe investigar o preço que cada parte deve estar disposta a pagar para fechar o negócio. Assim, é proposta uma abordagem pela Teoria da Utilidade para se chegar a estes valores. Dado que os Submercados Sudeste/Centro-Oeste e Nordeste atualmente transacionam entre si a maior carga, estes foram selecionados para avaliação. O ano de 2015 foi utilizado para delimitar o estudo. Presume-se que ambas as partes são avessas ao risco de forma decrescente e que há equilíbrio de forças na negociação. O valor final do contrato é estimado em R\$10,66/MWh.

Palavras-chave

Swaps; teoria da utilidade; equivalente certo; valor esperado.

Abstract

Erkan, Atilla Djan; Gomes, Leonardo Lima (Advisor). **Valuating electricity swap contracts in Brazil with Utility Theory**. Rio de Janeiro, 2013. 62 p. MSc. Dissertation – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The impacting transformations suffered by Brazil during the 1990s demanded profound changes in the electrical sector. Decree 5.163/2004 established the Ambiente de Contratação Livre (ACL), allowing participants to freely negotiate bilateral energy contracts. In Brazil, those who do so are exposed to extreme variations in spot prices, called Preço de Liquidação das Diferenças – PLD. Due to transmission capacity restrictions, PLD prices vary between the four existing submarkets: North, Northeast, South, and Southeast/Central-West. Dealing in different submarkets requires electricity generators to sell energy for local PLD and buy it for the spot price of the destination submarket. By doing so the seller may end up selling energy for a lower PLD than the buying price. Submarket swaps can be used for hedging, but what each party should be willing to pay requires investigation. Thus, to discover these prices, the Utility Theory is applied. Given that submarkets Southeast/Central-West and Northeast are currently the ones concentrating the greatest amount of transactions, these were selected for evaluation. Year 2015 was used to delimit the study. It is assumed that both parties are risk averse in a decreasing manner and that there is an equilibrium of forces in the negotiation. The final value of the contract is estimated at R\$ 10,66/MWh.

Keywords

Swaps; utility theory; certainty equivalent; expected consequence.

Sumário

1	Introdução	11
1.1.	Objetivos	15
1.2.	Delimitação do estudo	15
1.3.	Relevância do estudo	16
1.4.	Estrutura da dissertação	16
2	Revisão da Literatura	17
2.1.	Teoria da utilidade	17
2.2.	<i>Swaps</i>	24
2.2.1.	Caso ilustrativo de <i>swap</i> de submercado	25
2.3.	A Zona de Possível Acordo (ZOPA)	27
3	O Setor Elétrico Brasileiro (SEB)	30
3.1.	Histórico recente	30
3.2.	Os agentes institucionais do setor elétrico brasileiro	32
3.3.	O sistema hidrotérmico brasileiro	35
3.4.	Ambientes de Contratação	36
3.4.1.	Ambiente de Contratação Regulada (ACR)	37
3.4.2.	Ambiente de Contratação Livre (ACL)	37
3.5.	Preço de Liquidação das Diferenças (PLD)	38
4	Metodologia	41
4.1.	O modelo NEWAVE	41
4.2.	Metodologia de cálculo	42
5	Resultados	44
5.1.	Estatísticas Descritivas dos PLDs	44
5.1.1.	Submercado Nordeste	44
5.1.2.	Submercado Sudeste/Centro-Oeste	46
5.1.3.	Exposição NE versus SE/CO	47

5.2. Aplicação da Função Utilidade	50
5.2.1. Seleção da função utilidade	50
5.2.2. Cálculo e Valor Esperado do Equivalente Certo	51
5.2.3. Prêmio de Risco	53
5.2.4. Cálculos da Contraparte no Submercado Sudeste	53
5.3. Negociação entre os Agentes Geradores	55
6 Considerações Finais	58
7 Referências bibliográficas	60

Lista de Tabelas

Tabela 1- Montante de energia negociada entre Submercados no Ambiente Regulado – 2012 (em GWh)	13
Tabela 2– Diagrama da exposição contratual da venda de 100 MWh do gerador Submercado NE para cliente Submercado SE/CO sem swap	26
Tabela 3– Diagrama da exposição contratual da venda de 100 MWh do gerador Submercado NE para cliente Submercado SE/CO com swap	26
Tabela 4 – Estatísticas descritivas dos PLDs Submercado NE ano 2015	45
Tabela 5 – Estatísticas descritivas dos PLDs Submercado SE/CO ano 2015	46
Tabela 6 – Estatísticas descritivas dos PLDs Submercado NE vs.SE/CO ano 2015	47
Tabela 7 - Cenários possíveis para o PLD 2015 NE vs. SE	48

Lista de Figuras

Figura 1- Curvaturas da função utilidade	21
Figura 2– A geometria da negociação distributiva	27
Figura 3– ZOPA existente vs. ZOPA percebida	28
Figura 4 – Agentes institucionais do setor elétrico	33
Figura 5 – Integração eletroenergética brasileira em 2012	35
Figura 6 – Função Custo Imediato e Custo Futuro	36
Figura 7 - Preços Médios do PLD (R\$/MWh)	40
Figura 8 - PLD Submercado NE ano 2015: probabilidades de ocorrência	45
Figura 9 - PLD Submercado SE/CO ano 2015: probabilidades de ocorrência	46
Figura 10 - Exposição ao PLD Submercado NE vs. SE/CO – média 2015	48
Figura 11- Histórico PLD médio (R\$/MWh) – SE/CO e NE	49
Figura 12 - Análise de sensibilidade em função do parâmetro a	52
Figura 13 - Análise de sensibilidade em função do parâmetro b	52
Figura 14 - Zona de possível acordo entre as partes	57