

**Cristina Pimenta de Mello Spinetti Luz**

**O mercado a termo de energia elétrica no Brasil:  
evidências sobre sua dinâmica a partir de um estudo  
exploratório**

**Dissertação de Mestrado**

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

Orientador: Leonardo Lima Gomes

Rio de Janeiro  
Julho de 2011

**Cristina Pimenta de Mello Spineti Luz**

**O mercado a termo de energia elétrica no Brasil:  
evidências sobre sua dinâmica a partir de um estudo  
exploratório**

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

**Leonardo Lima Gomes**

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

**Luiz Eduardo Teixeira Brandão**

Departamento de Administração – PUC-Rio

**Carlos de Lamare Bastian Pinto**

UniGranRio

**Mônica Herz**

Coordenadora Setorial do Centro de Ciências Sociais – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 05 de julho de 2011

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

### **Cristina Pimenta de Mello Spinetti Luz**

Graduou-se em Matemática Aplicada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 2008, tendo sido bolsista de iniciação científica do CNPq em 2006-2007 e estagiária do Núcleo de Pesquisas em Internacionalização de Empresas (NuPIIn/COPPEAD) em 2008. Trabalhou como escriturária no Banco do Brasil entre 2008 e 2010, exercendo diversas atividades negociais e administrativas. É analista da empresa Diferencial Comercializadora de Energia desde janeiro de 2011, executando atividades de acompanhamento do mercado de energia elétrica, previsão de preços, controle interno e contribuições a projetos de P&D.

#### Ficha Catalográfica

Luz, Cristina Pimenta de Mello Spinetti

O mercado a termo de energia elétrica no Brasil : evidências sobre sua dinâmica a partir de um estudo exploratório / Cristina Pimenta de Mello Spinetti Luz ; orientador: Leonardo Lima Gomes. – 2011.

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

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2011.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Comercialização de energia elétrica. 3. Mercado a termo. 4. Prêmio de risco. 5. Contango x normal backwardation. 6. Curva a termo de mercado. I. Gomes, Leonardo Lima. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD: 658

À minha família, que me deu todo o apoio e auxílio para concretização deste trabalho.

## Agradecimentos

A Deus, princípio e fim de tudo que existe.

Ao meu filho, que, em meu ventre, presenciou tantas aulas noturnas e cujos sorrisos dissipavam meu cansaço.

Ao meu esposo e minha mãe, cuja prontidão e disponibilidade foram indispensáveis para a realização deste trabalho.

Ao meu pai, que sempre contribuiu para o meu desenvolvimento acadêmico.

Ao meu irmão, primos, demais familiares e amigos, que direta ou indiretamente, através do estímulo e exemplo, colaboraram com a conclusão deste estudo.

Ao meu orientador, que me apresentou o Setor Elétrico Brasileiro e incentivou a desvendar suas particularidades.

À Diferencial Energia, pelo auxílio financeiro e pela maior vivência do mercado brasileiro de energia.

À Elektro, cujo projeto de P&D contribuiu para definição do tema desta dissertação.

Aos professores do IAG/PUC-Rio, que comigo compartilharam parte de seu saber, alimentando minha busca por conhecimento.

## Resumo

LUZ, Cristina Pimenta de Mello Spinetti; GOMES, Leonardo Lima (Orientador). **O mercado a termo de energia elétrica no Brasil: evidências sobre sua dinâmica a partir de um estudo exploratório.** Rio de Janeiro, 2011. 79 p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Na década de 1990, diversos países, inclusive o Brasil, entre 1996 e 2003, iniciaram a reestruturação de seus setores elétricos e criaram mercados livres para negociação de energia. O crescimento desses mercados tem demandado a adaptação de instrumentos financeiros de gestão de riscos e retornos as suas especificidades. No Brasil, o mercado tem, ainda, uma estrutura de balcão desorganizado e descentralizado, o que dificulta seu aprendizado. Os contratos a termo de energia elétrica, negociados bilateralmente, no país, são o principal instrumento para a mitigação de riscos e a avaliação de investimentos. Nesse contexto, o objetivo deste estudo é compreender melhor a dinâmica dos preços a termo de energia elétrica praticados no Brasil. Assim, é proposto um método para construção de curvas a termo com base apenas em informações de mercado e feita uma primeira aplicação dessa metodologia. Alguns indícios ficaram, então, evidentes sobre o comportamento do mercado brasileiro a termo de energia elétrica: configuração de *contango* em alguns períodos, presença de elevados prêmios de risco e aderência apenas relativa dos preços a termo às expectativas de futuros preços à vista. Estudos realizados a partir de mercados estruturados de energia elétrica suportam essas evidências.

## Palavras-chave

Comercialização de energia elétrica; mercado a termo; prêmio de risco; *contango x normal backwardation*; curva a termo de mercado.

## Abstract

LUZ, Cristina Pimenta de Mello Spinetti; GOMES, Leonardo Lima (Advisor). **The forward market of electricity in Brazil: evidence about his behavior from an exploratory study**. Rio de Janeiro, 2011. 79 p. MSc. Dissertation - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In the 1990s, several countries, including Brazil, between 1996 and 2003, began to restructure their electricity sectors and established free markets for energy trading. The growth of these markets has required the adaptation of financial instruments for risk management and return to their specifications. In Brazil, the market has still a disorganized and decentralized OTC (over the counter market) structure, which hinders their learning. The forward contracts for electricity, negotiated bilaterally, in the country, are the primary instrument to mitigate risks and evaluate investments. In this context, the objective of this study is to better understand the dynamics of the forward price of electricity negotiated in Brazil. Thus, we propose a method to construct the forward curve based only on market information and made a first application of this methodology. Some clues were then evident on the behavior of the Brazilian forward market of electricity: contango set in certain periods, presence of high risk premiums and only partial adherence of forward prices on the expectations of future spot prices. Studies based on structured electricity markets support these evidences.

## Keywords

Electricity trading; forward market; risk premium; contango x normal backwardation; the market forward curve.

## Sumário

1	Introdução	12
1.1.	Objetivos	14
1.2.	Delimitação do estudo	14
1.3.	Relevância do estudo	15
1.4.	Estrutura da dissertação	16
2	Revisão de literatura	17
2.1.	Mercados a termo e futuros	17
2.1.1.	Formação de preços a termo e futuros	18
2.1.2.	Comportamento dos mercados a termo e futuros	20
2.2.	Curva a termo de mercado	22
2.2.1.	Valor de um contrato a termo	23
2.2.1.1.	Taxa livre de risco	23
2.2.2.	Curva a termo de taxa de juros	24
2.3.	Energia elétrica como <i>commodity</i>	25
2.3.1.	Contrato a termo de energia elétrica	26
2.3.2.	Curva a termo de energia elétrica	26
2.4.	Mercados a termo e futuros de energia elétrica	28
2.4.1.	Comportamento dos mercados	29
3	O Setor Elétrico Brasileiro (SEB)	33
3.1.	Breve histórico	36
3.2.	Comercialização de energia no Sistema Interligado Nacional (SIN)	44
3.2.1.	Contratos bilaterais de compra e venda de energia elétrica negociados no ACL	45
3.3.	O Preço de Liquidação das Diferenças (PLD) e o preço à vista da energia elétrica	47
3.3.1.	Enfoque econômico da operação de um sistema hidrotérmico	48
3.3.2.	Cálculo do Preço de Liquidação das Diferenças (PLD)	50
4	Metodologia	53



4.1. Curva a termo de energia elétrica para o mercado brasileiro com base apenas em informações de mercado	53
4.2. Preço à vista atual e esperado para o futuro da energia elétrica	58
4.2.1. Filtro de PLD	60
4.3. Coleta de dados	62
4.4. Análise dos dados	62
5 Resultados	64
5.1. Eficiência do filtro de PLD	64
5.2. Evidências sobre o comportamento do mercado a termo de energia elétrica brasileiro	68
6 Conclusão e recomendações	73
6.1. Conclusão	73
6.2. Sugestões para trabalhos futuros	74
7 Referências bibliográficas	75

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Volatilidade histórica anual do PLD	16
Tabela 2 – Capacidade de geração hidroelétrica instalada nos principais rios brasileiros por região	34
Tabela 3 – Expansão anual da rede de transmissão brasileira em km	35
Tabela 4 – Histórico da formação do preço no Mercado de Curto Prazo	52
Tabela 5 – Resultados do 10º Leilão de Ajuste (2011)	49
Tabela 6 – Quantidade de séries filtradas por mês em 2010	65
Tabela 7 – Valores médios de PLD (R\$/MWh) observados em 2010/2011	65
Tabela 8 – Comparação de estimadores para os submercados Sudeste/Centro-Oeste e Sul	66
Tabela 9 – Comparação de estimadores para os submercados Nordeste e Norte	66

## Lista de figuras

Figura 1 – Capacidade de geração de energia elétrica instalada no Brasil em 31/12/2010 por tipo de fonte geradora	34
Figura 2 – Integração eletroenergética brasileira em 2010	36
Figura 3 – Diagrama das instituições do Setor Elétrico Brasileiro (SEB)	42
Figura 4 – Energia Comercializada no Mercado de Curto Prazo	45
Figura 5 – Processo de decisão em um sistema hidrotérmico	49
Figura 6 – Custos da operação: imediato e futuro	49
Figura 7 – Decisão ótima da operação sob ponto de vista econômico	50
Figura 8 – Evolução do ganho de eficiência por submercado do filtro de PLD (baseado no erro quadrático médio dos estimadores) em relação ao mês previsto	68
Figura 9 – Evolução do ganho de correlação por submercado do filtro de PLD em relação ao mês previsto	68
Figura 10 - Evolução do prêmio de risco em relação ao tempo até a maturidade quando a expectativa de preço à vista futuro é inferior a R\$ 100/MWh	69
Figura 11 - Evolução do prêmio de risco em relação ao tempo até a maturidade quando a expectativa de preço à vista futuro é superior a R\$ 100/MWh	70
Figura 12 - Evolução curva da curva a termo: fevereiro/março 2011	71
Figura 13 - Evolução da curva a termo: março/abril 2011	71