



Alexandre Street de Aguiar

**Equivalente Certo e Medidas de Risco em Decisões
de Comercialização de Energia Elétrica**

Tese de Doutorado

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio como parte dos requisitos parciais para obtenção do título de Doutor em Engenharia Elétrica.

Orientador: Dr. Álvaro de Lima Veiga Filho

Co-orientador: Dr. Sérgio Granville

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2008



Alexandre Street de Aguiar

**Equivalente Certo e Medidas de Risco em Decisões
de Comercialização de Energia Elétrica**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Dr. Álvaro de Lima Veiga Filho
Orientador

Departamento de Engenharia Elétrica - PUC-Rio

Dr. Sérgio Granville
Co-Orientador

Psr Consultoria Ltda

Dr. Pedro A. Moretz-Sohn David
EPE – Empresa de Pesquisa Energética

Dr. José Heleno Faro
IMPA

Dr. Oscar Porto
Gapso

Dr. Silvio Hamacher
Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro
Técnico Científico

Rio de Janeiro, 07 de fevereiro de 2008

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

Alexandre Street de Aguiar

Alexandre Street é formado em Engenharia Telecomunicações e Métodos de Apoio à Decisão (Pesquisa Operacional) pela PUC-Rio (2002) e obteve seu título de MSc em Métodos de Apoio à Decisão também pela PUC-Rio (2004). Atualmente, finaliza o seu doutorado (2008) na mesma instituição. Durante o período de 2006/2007, realizou um estágio no exterior (doutorado sanduíche), onde atuou como pesquisador visitante na universidade UCLM, Espanha. Dentre os temas de sua linha de pesquisa destacam-se: medidas de risco para modelos de decisão sob incerteza, modelagem de estratégias de contratação para os leilões de contratos de suprimento de energia (energia existente e nova), análise de risco de portfólios de contratos de longo e médio prazo, análise de impactos de medidas regulatórias, estudos econômico-financeiros de investimento em centrais de geração de energia (fontes convencionais e alternativas) e estudos de integração gás-eletricidade.

Ficha Catalográfica

<p>Aguiar, Alexandre Street de</p> <p>Equivalente certo e medidas de risco em decisões de comercialização de energia elétrica / Alexandre Street de Aguiar ; orientador: Álvaro de Lima Veiga Filho; co-orientador: Sérgio Granville. – 2008.</p> <p>174 f. ; 30 cm</p> <p>Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.</p> <p>Inclui bibliografia</p> <p>1. Engenharia elétrica – Teses. 2. Equivalente certo. 3. Função utilidade. 4. Otimização estocástica. 5. Programação linear inteira. 6. Medidas de risco. 7. Conditional Value at Risk (CVaR). I. Veiga Filho, Álvaro de Lima. II. Granville, Sérgio. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. IV. Título.</p>
--

CDD: 621.3

A minha esposa Cristiane Lopes Street pelo apoio e amor incondicional.

A meus pais e irmão, Evelyn Reis Friede de Aguiar, Cláudio Street de Aguiar, e André Street de Aguiar, pelo carinho, dedicação e presença em toda minha vida.

A Deus, por me conceder esta família, sem eles seria impossível dar este passo, e por todas as oportunidades concedidas durante minha vida, nas quais incluo este trabalho.

Agradecimentos

Ao grande amigo e Mestre Sergio Granville, pela excelente orientação e pelos ensinamentos e aprimoramentos acadêmicos. Agradeço ainda por todas as oportunidades concedidas e pela grande amizade.

Ao orientador Álvaro Veiga Filho, pela amizade, motivação, ensinamentos e oportunidades concedidas durante toda minha vida acadêmica.

Ao orientador Mario Veiga Ferraz Pereira, pela oportunidade concedida, confiança nas responsabilidades envolvidas e por toda a minha formação acadêmica durante o Mestrado e Doutorado, a qual sem dúvidas, é em sua essência devida a ele.

Aos grandes amigos, Bruno da Costa Flach e Eduardo Thomaz Faria, por estarem sempre presentes nos momentos bons e difíceis, compartilhando os mesmos sonhos acadêmicos desde a graduação, passando pelo mestrado até o doutorado.

Aos amigos de infância, com os quais Deus me presenteou, Robinson Friede, Cauã Reymond, Guilherme Carneiro e Leandro Passos pela amizade incondicional e apoio em todos os momentos.

A todos os amigos da PSR. Um especial agradecimento ao Gustavo Ayala e ao Bernardo Bezerra, pelas discussões diárias sobre os mais diversos temas relacionados a esta tese.

Ao CNPq e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos e pelo ótimo ambiente de estudo.

Agradezco a Javier Contreras por todas las oportunidades y excelente ambiente laboral. Y a todos los amigos de UCLM por la ayuda y amistad.

Por último, mas não menos importante, um especial agradecimento ao grande amigo Luiz Augusto Barroso. Pela grande amizade e pelo tempo dedicado à minha orientação. Agradeço também pela constante preocupação em estar sempre abrindo portas e me incentivando academicamente.

Créditos

Como fruto dos esforços não só de uma pessoa, mas de diversos amigos que ao longo dos últimos anos pesquisam na linha desta tese, reservo esta sessão para identificá-los e apontar suas devidas contribuições. É importante evidenciar que este trabalho foi moldado ao longo de muitas discussões e reflexões não só da minha parte, mas de todo um grupo de pessoas.

Primeiramente o modelo proposto no Capítulo 3 nasceu de uma extensão e de muitas discussões da aplicabilidade do modelo utilizado em [2] e [3], na minha tese de Mestrado. Neste sentido devo muito às contribuições do Dr. Luiz Augusto Barroso (D.LA), por me introduzir ao meio acadêmico, me guiar na contextualização da literatura e ajudar em quase todas as partes do texto, ao Dr. Sérgio Granville (D.SG) por toda a ajuda na formulação dos modelos matemáticos e ao Dr. Mario Veiga (D.MV) por sua excelente orientação e brilhantes idéias que conduziram à formulação do problema proposto nestes trabalhos. Além disso, é importante salientar a crucial contribuição na formulação matemática do modelo de programação linear inteira mista, apresentado nesta tese para o funcional proposto (Capítulo 3) pelo D.MV., pois inicialmente o caminho escolhido levava a um modelo desnecessariamente mais complexo que o aqui apresentado.

No que diz respeito às interpretações da função utilidade linear por partes apresentadas no item 2.4.1 em sua maioria nasceram de discussões com o Dr. Pedro David (D.PD), que teve um papel fundamental em diversas correções e interpretações. Neste sentido, importantes sugestões e minuciosas correções em toda a parte de teoria da utilidade e medidas de risco são devidas ao DSc. José Heleno Faro, que agregou bastante valor a este trabalho.

Com relação à utilidade implícita ao CVaR, o D.MV contribuiu com muitas idéias e discussões. Basicamente a idéia da utilidade por trás do CVaR nasceu do paralelo entre as curvas de déficit (penalizações do déficit de geração dadas por uma função linear por partes) em modelos de operação e planejamento do sistema elétrico e restrições de risco percebidas pelo D.MV. Em paralelo, ao estudar a formulação do CVaR em [48] percebi a presença de uma função linear por partes que poderia ser comparada a uma utilidade. Após algumas iterações as duas idéias convergiram para a relação entre funções utilidades e problemas de maximização de renda com restrições de CVaR mínimo, apresentada neste trabalho no item 4.3.

Com relação ao desenvolvimento do capítulo 4, o D.SG contribui bastante no desenvolvimento da prova de existência do limite inferior para a penalização λ que garantisse que a métrica Φ , proposta em 4.4, proporcionasse a mesma solução ótima que o problema de maximização da renda esperada sujeito a uma restrição de CVaR mínimo. Além disso, os exemplos da violação do axioma da Independência e do Paradoxo de Allais, deste mesmo capítulo, foram baseados no texto dos exemplos dados em [16] e tiveram grandes contribuições do D.MV e do MSc. Gustavo Ayala. Agradeço aos dois pelas idéias de como mostrar os

resultados e transmitir a idéia da não linearidade do funcional Φ com relação às probabilidades.

Por fim, peço desculpas aos demais amigos que contribuíram com este trabalho e não foram mencionados nesta seção, porém deixo aqui a minha mais profunda gratidão a todos estes.

Resumo

Aguiar, Alexandre Street de; Veiga Filho, Álvaro de Lima (Orientador). **Equivalente Certo e Medidas de Risco em decisões de Comercialização de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro. 2008. 174p. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Em problemas de decisão sob incerteza que dependam da preferência entre fluxos multi-período, como é o caso dos problemas de comercialização de contratos de energia elétrica no Brasil, o agente deve saber expressar sua preferência por diferentes distribuições em cada período e, além disso, deve também especificar uma preferência entre períodos. Classicamente a abordagem utilizada é definir um funcional de preferência de von Neumann e Morgenstern separável entre os períodos, composto pela soma da esperança de utilidades que modelam a preferência em cada período. Então, para expressar a preferência entre períodos, esta soma é ponderada por um fator de desconto que visa expressar a impaciência do agente no consumo entre os períodos. Nesta abordagem, a especificação do fator de desconto torna-se uma tarefa bastante subjetiva, uma vez que estamos ponderando utilidades esperadas e não valores monetários. Devido a essa subjetividade e da dificuldade de se especificar a própria função utilidade de cada período, os grupos de finanças divergiram para uma abordagem mais pragmática, baseada na análise e controle dos riscos assumidos em suas decisões. Neste sentido, a empresa que busca maximizar a expectativa de lucro, especifica em valores monetários, um conjunto de restrições sobre as perdas que esta está disposta a incorrer, baseando-se para isso em suas probabilidades de ocorrência. Assim, durante as últimas quatro décadas, muitas pesquisas e desenvolvimentos foram realizados nesta área, no sentido de se estabelecer medidas de risco que proporcionassem propriedades desejáveis para essa classe de problemas. Desta forma, criou-se um “*gap*” entre as duas abordagens, financeira e econômica, as quais possuem raízes em comum: modelar o comportamento de agentes frente ao risco. Assim sendo, esta tese tem três objetivos: (i) propor uma abordagem alternativa para o uso de funções utilidades em problemas de comercialização de energia elétrica multi-período, baseada no valor presente dos equivalentes certos de cada período; (ii) mostrar como tal abordagem pode ser modelada matematicamente e formulada através de um problema de programação linear inteira mista (PLIM) ao considerarmos uma função utilidade linear por partes, e (iii) mostrar a conexão entre a teoria de utilidade e problemas de maximização da renda esperada sujeito a restrições de risco do tipo α -CVaR.

Palavras-chave

Engenharia Elétrica, Equivalente Certo, Função Utilidade, Conditional Value at Risk (CVaR), Otimização Estocástica, Programação Linear Inteira, Medidas de Risco, Comercialização de Energia Elétrica.

Abstract

Aguiar, Alexandre Street de; Veiga Filho, Álvaro de Lima (Advisor). **Certainty Equivalent and Risk Measures in electrical energy trade decisions.** Rio de Janeiro, 2008. 174p. PhD. Thesis – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

In decision under uncertainty problems that depend on multi-period preferences, as the case of trading electricity contracts in Brazil, agents should express their inter and intratemporal preferences. The classical economical approach is to define a time separable von Neumann and Morgenstern utility functional. This functional is composed by the sum of the expected utility of each period times an impatience factor that should express the agent's intertemporal preference. This approach demands the specification of a subjective impatience factor, which should weight utilities units. Due to this subjectiveness and its estimation difficulties, the applied financial groups started to develop more pragmatic approaches based on risk control. In this sense, companies that maximize expected profit will impose constraints on acceptable losses using estimated occurrence probabilities of different outcomes. In this sense, the economical and applied financial approaches have been diverging in the last four decades and, during this time, many studies and developments have been done in the risk metrics field to generate and prove stability and coherence properties for the proposed metrics. This thesis has three main objectives: (i) propose an alternative approach for multi-period decisions problems based on the present value of the certainty equivalent of each period; (ii) show how this approach can be modeled as a mixed integer linear programming problem (MILP) when adopting a piecewise linear utility function; and (iii) provide connections between utility theory and expected maximization problems constrained to α -CVaR risk metrics.

Keywords

Electrical Engineering, Certainty Equivalent, Utility Function, Stochastic Optimization, Integer Linear Programming, Risk Measures, Energy Trade.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Comercialização de energia	17
1.2	Perfil de Risco e decisões de contratação	18
1.3	Teoria de Utilidade e Equivalente Certo em problemas de decisão sob incerteza	19
1.4	Estratégias de decisão com conseqüências multi-período	20
1.5	Medidas de Risco e Teoria da Utilidade	21
1.6	Objetivo	21
1.7	Visão Geral da Metodologia	22
1.8	Organização da Tese	25
2	DECISÃO SOB INCERTEZA	28
2.1	Modelagem das incertezas	31
2.2	Teoria de Utilidade	32
2.3	O coeficiente de aversão a risco (CAR)	35
2.4	Função Utilidade Linear por Partes (FULP)	36
3	EQUIVALENTE CERTO (EC)	41
3.1	Propriedades do Equivalente Certo	43
3.2	Modelo de Programação Linear Inteira para o problema de maximização do Equivalente Certo	45
3.3	Generalização para o problema multi-período	51
3.4	Exemplo de Aplicação – Contratação de Longo Prazo	53
4	RELAÇÃO ENTRE UTILIDADE, EQUIVALENTE CERTO E MEDIDAS DE RISCO	62
4.1	Medidas de Risco como perfil de aversão a risco	62
4.2	Conditional Value at Risk (CVaR)	63
4.3	Relação entre problemas de maximização de renda com restrições de Conditional Value-at-Risk (CVaR) e problemas de maximização da Utilidade Esperada	68
4.4	O Equivalente Certo em problemas de maximização de renda com restrições de CVaR mínimo	76
5	ESTUDO DE CASO: Estratégia de comercialização de energia de fontes alternativas complementares (BIOMASSA E PCH)	94
5.1	O Portfolio Biomassa e PCH	95
5.2	Modelo de comercialização	97
5.3	Resultados	105
6	CONCLUSÕES	120

7	TRABALHOS FUTUROS	122
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
9	ANEXO A: FORMAÇÃO DE PREÇOS NO MERCADO DE CURTO PRAZO	131
9.1	Sistemas Puramente Térmicos	131
9.2	Sistemas Hidrotérmicos	134
9.3	Cálculo da Função de Custo Futuro	141
9.4	Mecanismo de Realocação de Energia (MRE)	144
9.5	MRE: Motivação	144
9.6	O Mecanismo de Realocação de Energia	146
9.7	Exemplo de Aplicação do MRE	147
9.8	Vantagens e Limitações do MRE	153
10	ANEXO B: CONTRATOS DE COMPRA E VENDA DE ENERGIA	154
10.1	Volatilidade dos preços spot	154
10.2	Riscos de preço e quantidade	157
11	ANEXO C: FORMAS DE FUNÇÕES UTILIDADE	160
11.1	Função Utilidade Quadrática	160
11.2	Função Utilidade Exponencial (EXP)	161
11.3	Função Utilidade Logarítmica (LN)	163
11.4	Utilidade Generalizada de Machina	164
12	ANEXO D: RELAÇÕES ENTRE AS SOLUÇÕES DA UTILIDADE ESPERADA E DO EQUIVALENTE CERTO NO CASO MULTI-PERÍODO	167
13	ANEXO E: A UTILIDADE POR TRÁS DO FUNCIONAL CVAR	170
13.1	O CVaR e o Equivalente Certo de Ben Tal	173

Lista de Figuras

Figura 2-1 – Decisões de primeiro estágio em problemas de decisão sob incerteza...	30
Figura 2-2 – Diagrama de decisões (primeiro vs segundo estágio) em problemas de decisão sob incerteza.	30
Figura 2-3 – Função de Utilidade e perfil de risco.....	33
Figura 2-4 – Características do perfil de aversão a risco.....	33
Figura 2-5 – Características do perfil de neutralidade a risco.	34
Figura 2-6 – Características do perfil de propensão ao risco.	35
Figura 2-7 – Função de utilidade linear por partes com 4 segmentos.	37
Figura 3-1 – Cálculo do Equivalente Certo.....	43
Figura 3-2 – Possível Função Utilidade.....	44
Figura 3-3 – Função Utilidade Linear por Partes (FULP).....	47
Figura 3-4 – Inversa da Função Utilidade Linear por Partes (InvFULP).....	47
Figura 3-5 – Distribuição de Probabilidade do valor presente líquido do resultado no período (2010 a 2014), para a solução de contratação com perfil neutro a risco.	55
Figura 3-6 – Distribuição de Probabilidade da renda líquida, ou resultado operacional do contrato, de cada período (2010 a 2014), para a solução de contratação com perfil neutro a risco.	55
Figura 3-7 – Função Utilidade Linear por Partes com três segmentos (dois pontos de quebra).....	56
Figura 3-8 – Distribuição de Probabilidade da renda líquida, ou resultado operacional do contrato, de cada período (2010 a 2014), para a solução de contratação com perfil de aversão a risco.....	58
Figura 3-9 – Distribuição de Probabilidade do valor presente líquido do resultado no período (2010 a 2014), para a solução de contratação. Comparação entre as soluções obtidas para os perfis de aversão e neutralidade a risco.....	59
Figura 3-10 – Distribuição de Probabilidade do valor presente líquido do resultado no período (2010 a 2014), para a solução de contratação. Comparação entre as soluções obtidas para os perfis de aversão e neutralidade a risco.....	60

Figura 4-1 – Comparação de $CVaR_\alpha$ para duas distribuições com o mesmo valor de VaR_α , porém com diferentes curtoses.	64
Figura 4-2 – Componentes da Função Utilidade Linear por Partes implícita ao problema de maximização da renda esperada sujeito a um conjunto de restrições do tipo $CVaR$	71
Figura 4-3 – Função Utilidade Linear por Partes implícita ao problema de maximização da renda esperada sujeito a um conjunto de restrições do tipo $CVaR$	72
Figura 4-4 – Distribuição da Renda para um perfil neutro a risco – 100% do Lastro contratado – Preço de contrato igual a 120R\$/MWh – início em 2010 – duração de um ano.	74
Figura 4-5 – Distribuição da Renda para um perfil avesso a risco ($CVaR_{95\%}(R_{2010}) \geq 85 \text{ MMR\$}$) – 95.1% do Lastro contratado – Preço de contrato igual a 120R\$/MWh – início em 2010 – duração de um ano.	75
Figura 4-6 – Função Utilidade de dois segmentos (M+1) implícita para o caso de uma (M) restrição de $CVaR$	76
Figura 4-7 – Forma que o funcional de preferência $\Phi_{\alpha,\lambda}(\cdot)$ assume ao avaliar um valor determinístico $\mu \in \mathfrak{R}$ - caso particular com duas restrições de $CVaR$ mínimo.....	81
Figura 4-8 – Mistura das variáveis aleatórias R^A e R^B com uma terceira variável R . ..	89
Figura 4-9 – Funções de densidade de probabilidade das variáveis aleatórias R^A e R^B	90
Figura 4-10 – Funções de densidade de probabilidade das variáveis aleatórias R^C e R^D	91
Figura 5-1 – Esquema de compra de lastro e capacidade de geração de fontes alternativas complementares por parte de uma comercializadora.	97
Figura 5-2 – Esquema de contratação de fontes alternativas complementares por parte de uma comercializadora para venda no ACL.....	98
Figura 5-3 – Geração física <i>versus</i> crédito de energia alocado pelo MRE à usina Paraibuna ao longo de 10 anos.	103
Figura 5-4 – Disponibilidade futura de energia ao longo do período (PCH e Biomassa) em % do lastro físico de cada usina.....	104

Figura 5-5 – Valor esperado dos preços spot e créditos de energia ao longo período de estudo. Estimativa de coeficiente de correlação = -0.51.	106
Figura 5-6 – Custo líquido de compras menos vendas no curto prazo. Valor esperado e intervalo de confiança de 90%.....	108
Figura 5-7 – Distribuição de Probabilidade da renda líquida dos períodos 2010 e 2011. Estratégia neutra a risco (maximizar o VPL(10%) esperado da renda). .	109
Figura 5-8 – Distribuição de Probabilidade do VPL(10% a.a.) para a estratégia neutra a risco.....	109
Figura 5-9 – Utilidade Linear por Partes com 6 segmentos.	110
Figura 5-10 – Distribuição de Probabilidade do VPL(10% a.a.) para a estratégia avessa a risco, baseadas na maximização do VPL dos equivalentes certos de cada período e para estratégia neutra a risco, baseada na maximização do valor esperado do VPL.	113
Figura 5-11 – Curva de Disposição a Contratar no ACL (valore em % da demanda máxima requisitada, 15 MW médios).	115
Figura 5-12 – Sensibilidade do mix de contratação ótimo entre as fontes (PCH e Biomassa) com relação ao preço de venda no ACL (valore em % da compra total).....	116
Figura 9-1 – Processo Decisório em Sistemas Hidrotérmicos	135
Figura 9-2 – Custos Imediatos e Futuros contra Armazenamento Final	135
Figura 9-3 – Cálculo da FCF	136
Figura 9-4 – Programação Hidrelétrica Ótima.	137
Figura 9-5 – Balanço hídrico do reservatório	138
Figura 9-6 – Função de Custo Futuro.....	140
Figura 9-7 – Definição dos Estados do Sistema.	141
Figura 9-8 – Cálculo da Decisão Ótima por Cenário - Último Estágio.....	142
Figura 9-9 – Cálculo do primeiro segmento da FCF	142
Figura 9-10 – FCF Linear por partes para o Estágio T-1	143
Figura 9-11 – Cálculo do custo operativo para o estágio T-1 e FCF para T-2.....	143
Figura 10-1 – Sistema Brasileiro – Custo marginal de curto prazo.	154
Figura 10-2 – Cenários simulados do Preço “spot”– Janeiro de 2002	155
Figura 10-3 – Uso de Contratos para Redução de Volatilidade	157
Figura 10-4 – Preços “spot” x Nível de Armazenamento (II) – situação seca	158
Figura 10-5 – Preços “spot” x Nível de Armazenamento (III) – situação úmida.....	159

Figura 11-1 – Função de utilidade quadrática	160
Figura 11-2 – Função de utilidade exponencial negativa	162
Figura 11-3 – Função de utilidade logarítmica.....	163
Figura 13-1 – Função de utilidades implícita no CVaR – (a) Análise da função U no domínio da família, fixado o ponto de renda $r = r_0$; e (b) análise da função U no domínio da renda, fixado a utilidade $z = z_0$	171

Lista de Tabela

Tabela 3-1 – Comparação da solução obtida pelos perfis de aversão e neutralidade a risco (resultados para todo o período – 2010 a 2014).....	57
Tabela 3-2 – Comparação da solução obtida pelos perfis de aversão a risco proposto (MaxEC) e clássico (MaxEU). Resultados para todo o período – 2010 a 2014.	60
Tabela 4-1 – Coeficientes da Função Utilidade Linear por Partes	76
Tabela 5-1 – Preços de compra e venda para a quantidade demandada pelo consumidor livre.....	107
Tabela 5-2 – Comparação da contratação realizada pelos perfis de aversão e neutralidade a risco.....	111
Tabela 5-3 – Resultado de equivalente certo e valor esperado dos fluxos obtidos pelos perfis de aversão e neutralidade a risco.....	112
Tabela 5-3 – Dados da instância do problema de maximização do EC (aversão a risco).....	113
Tabela 5-4 – Resultado de equivalente certo e valor esperado dos fluxos obtidos pelos perfis de aversão e neutralidade a risco.....	114
Tabela 9-1 – Características das Termelétricas	133
Tabela 9-2 – Características da Hidrelétrica.....	140
Tabela 9-3 – Despacho Ótimo – Sistema Hidrotérmico.....	140
Tabela 9-4 – Geradores	148
Tabela 9-5 – Demandas	148
Tabela 9-6 – Despacho Ótimo	149
Tabela 9-7 – Balanço no mercado “spot” - Geração - sem MRE.....	150
Tabela 9-8 – Balanço no mercado “spot” – Demanda.....	150
Tabela 9-9 – CEAs e Cotas da “Empresa” MRE	151
Tabela 9-10 – Créditos de Geração das Hidrelétricas	151
Tabela 9-11 – Balanço no mercado “spot” - Geradores Hidrelétricos - com MRE	152