

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Adriano Jeronimo da
Silva E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 19 / 02 / 03
Paulo de Barros Correia
ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**Leilões de certificados de energia elétrica:
máximo excedente *versus* máxima quantidade negociada**

Autor: Adriano Jeronimo da Silva
Orientador: Paulo de Barros Correia

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

**Leilões de certificados de energia elétrica:
máximo excedente *versus* máxima quantidade negociada**

Autor: Adriano Jeronimo da Silva
Orientador: Paulo de Barros Correia

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 2003
SP – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Si38L Silva, Adriano Jeronimo da
 Leilões de certificados de energia elétrica: máximo
 excedente *versus* máxima quantidade negociada /
 Adriano Jeronimo da Silva.--Campinas, SP: [s.n.], 2003.

 Orientador: Paulo de Barros Correia
 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

 1. Leilões. 2. Energia elétrica – Racionamento. 3.
 Excedente do consumidor. 4. Comercialização. I.
 Correia, Paulo de Barros. II. Universidade Estadual de
 Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III.
 Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

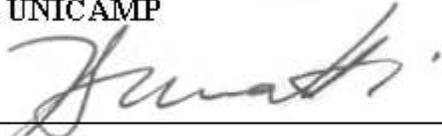
**Leilões de certificados de energia elétrica:
máximo excedente *versus* máxima quantidade negociada**

Autor: Adriano Jeronimo da Silva

Orientador: Paulo de Barros Correia



**Prof. Dr. Paulo de Barros Correia, Presidente
FEM – UNICAMP**



**Prof. Dr. Francisco Anuatti Neto
FEARP – USP**



**Prof. Dr. Arnaldo Cesar da Silva Walter
FEM – UNICAMP**

Campinas, 19 de fevereiro de 2003

Dedicatória

À minha família, que tanto me ajudou. Especialmente, às minhas mães, à Zeza, Dudu e Braz, que muito me ensinaram.

Ao Pedro Jara Xavier, a quem sou grato por ter me ajudado a ingressar neste curso.

Agradecimentos

A Deus por mais esta realização na minha vida.

Aos professores da pós-graduação do Departamento de Energia da Unicamp, especialmente ao Prof. Dr. Paulo de Barros Correia pela valiosa orientação que deu forma a esta realização.

Aos colegas e amigos do setor elétrico e funcionários do MAE e ONS que sempre se mostraram dispostos a ajudar no fornecimento de dados em energia elétrica e esclarecimento de dúvidas técnicas. Especialmente ao Pedro Jara Xavier, Celso Higa e Giovanni Campolina, pela disposição em ajudar e pela coleta e fornecimento dos dados nos quais esta dissertação se baseou; Também ao Romildo Prazeres, pela complementação dos dados.

À equipe de estudos em comercialização de energia: João Carlos Nascentes, Carla Regina Lanzotti, Érick Menezes de Azevedo, Fernando Colli Munhoz, Tiago de Barros Correia e Gustavo Santos Masili, pelo companheirismo e convivência. Especialmente ao Gustavo Santos Masili pelas importantes contribuições ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos que me ajudaram de forma direta e indireta no decorrer destes dois anos tão importantes para mim, aos amigos e colegas do curso de pós-graduação, que tiveram seus nomes propositadamente omitidos, pela agradável companhia e pelos laços de amizade estabelecidos.

Aos funcionários da FEM, pela prontidão com que atendem nossas solicitações.

À Capes, pelo apoio financeiro.

Resumo

SILVA, Adriano Jeronimo da, “*Leilões de certificados de energia elétrica: máximo excedente versus máxima quantidade negociada*”, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003, 112p, Dissertação (Mestrado).

O tema desta dissertação de mestrado é a comparação de dois modelos de leilão de energia elétrica através de simulações matemático-computacionais a partir de dados dos leilões de Certificados de Direito de Uso de Redução de Meta de Racionamento realizados entre junho de 2001 e fevereiro de 2002. Um modelo pressupõe que o objetivo do leilão é maximizar os excedentes financeiros dos participantes. O outro modelo é a proposta de um leilão cujo objetivo principal é maximizar a quantidade de energia negociada. O objetivo deste trabalho é responder questões como: quais são as características que diferem um leilão do outro? Quais aplicações o leilão proposto têm no setor elétrico? No primeiro capítulo é feito um breve relato das motivações para aplicação de leilões ao setor elétrico brasileiro. No segundo capítulo são apresentados os modelos de leilões aplicados à comercialização de energia elétrica no Brasil, o mecanismo de funcionamento e as aplicações verificadas. No terceiro capítulo são apresentadas as argumentações de alguns autores em teoria dos leilões a respeito das características do leilão. No quarto capítulo os dois modelos são apresentados e os resultados obtidos em leilão real e em simulações baseada em dados reais são confrontados. No quinto capítulo, são feitas algumas considerações finais e conclusões acerca do modelo de leilão proposto nesta dissertação.

Palavras-chave: leilão duplo; energia elétrica; excedente financeiro.

Abstract

SILVA, Adriano Jeronimo da, “Certificates of energy auctions: maximum financial surplus *versus* maximum amount of negotiated energy”, Campinas, Campinas State University, 2003, 112p, Dissertation (Master’s degree).

The theme of this master's degree dissertation is the comparison of two models of electric power auction through computer generated mathematical simulations from data of the auctions of *Certificados de Direito de Uso de Redução de Meta de Racionamento* accomplished between June of 2001 and February of 2002. A model presupposes that the objective of the auction is to maximize the participants' financial surpluses. The other model is a proposal that idealizes an auction whose main objective is to maximize the amount of negotiated energy. The objective of this work is to answer to the subjects: Which are the characteristics that differ an auction from the other? Which applications does the proposed auction have in the electric section? In the first chapter an abbreviated report on the motivations for application of auctions to the Brazilian electric section is shown. In the second chapter the applied electric power commercialization models in Brazil are presented, the operation mechanism and the verified applications. In the third chapter some authors' theoretical arguments are presented regarding the characteristics of the auction. In the fourth chapter the two models are presented and the results obtained in real auction and in simulations based on real data are confronted. In the fifth chapter are made some final considerations and conclusions about the auction model proposed.

Keywords: double auction; electric power; financial surplus.

Sumário

Lista de figuras	iii
Lista de tabelas	v
Nomenclatura	vii
1. Introdução	1
2. Leilões no setor elétrico	4
2.1. Leilão de energia no longo prazo	5
2.2. Leilões de energia no curto prazo	10
2.3. Leilões de certificados de energia	11
2.4. Leilões de empreendimentos	17
2.4.1. Empreendimentos competitivos	17
2.4.2. Empreendimento de transmissão	20
3. Teoria dos leilões	22
3.1. Natureza do leilão	24
3.2. Lances	25
3.3. Preço de fechamento	27
3.3.1. Preço uniforme	28
3.3.2. Preço discriminatório	30
3.3.3. Preço uniforme ou discriminatório?	33
3.4. Atores do leilão	42
4. Comparação dos modelos de leilão	44
4.1. Parâmetros de avaliação	44
4.2. Método de simulação	46

4.3. Exemplo de simulação pelo método guloso	48
4.4. Modelo do máximo excedente financeiro	53
4.5. Modelo da máxima quantidade negociada	56
4.6. Implementação do leilão de certificados	63
4.7. Série de implementações propostas	66
4.7.1. Simulações realizadas	69
4.8. O excedente produzido	71
4.9. A quantidade negociada	75
4.10. O preço da energia	78
4.11. O volume negociado	83
5. Considerações finais e conclusões	90
Referências bibliográficas	95
Apêndices	98
Dados dos leilões de certificados	98
Resumo dos leilões de certificados	111

Lista de figuras

Figura 1: Quantidades e preços de reserva ofertados pelo gerador.	7
Figura 2: Primeira rodada do leilão MAE.	8
Figura 3: Segunda rodada do leilão MAE.	8
Figura 4: Etapa final do leilão MAE.	8
Figura 5: Leilão de certificados.	12
Figura 6: Resumo das quantidades negociadas nos leilões de certificados.	14
Figura 7: Resumo dos preços médios praticados nos leilões de certificados.	14
Figura 8: Resumo dos excedentes mensais nos leilões de certificados.	15
Figura 9: Resumo dos volumes financeiros movimentados nos leilões de certificados.	16
Figura 10: Esquema de leilão de oferta.	25
Figura 11: Esquema de leilão de demanda.	25
Figura 12: Esquema de leilão duplo.	25
Figura 13: Preço uniforme.	28
Figura 14: Preço discriminatório.	31
Figura 15: Divisão de excedentes em leilão com preço discriminatório.	31
Figura 16: Status dos participantes de um leilão.	38
Figura 17: Possíveis situações para determinação do preço de fechamento.	40
Figura 18: Maximização dos excedentes.	56
Figura 19: Maximização da quantidade negociada.	61
Figura 20: Frequência relativa dos lances de preço.	66
Figura 21: Frequência relativa dos lances de quantidade.	67
Figura 22: Frequência relativa de 43% dos lances de preço.	68

Figura 23: Frequência relativa de 20% dos lances de quantidade.	68
Figura 24: Frequência relativa dos sorteios de preço.	69
Figura 25: Frequência relativa dos sorteios de quantidade.	70
Figura 26: Variação cumulativa do excedente no leilão 3x3.	71
Figura 27: Variação cumulativa do excedente no leilão 4x4.	72
Figura 28: Variação cumulativa do excedente no leilão 5x5.	72
Figura 29: Variação cumulativa do excedente no leilão 6x6.	73
Figura 30: Variação cumulativa do excedente no leilão 7x7.	73
Figura 31: Variação cumulativa da quantidade negociada em leilão 3x3.	75
Figura 32: Variação cumulativa da quantidade negociada em leilão 4x4.	76
Figura 33: Variação cumulativa da quantidade negociada em leilão 5x5.	76
Figura 34: Variação cumulativa da quantidade negociada em leilão 6x6.	77
Figura 35: Variação cumulativa da quantidade negociada em leilão 7x7.	77
Figura 36: Variação cumulativa do preço da energia negociada em leilões 3x3.	79
Figura 37: Variação cumulativa do preço da energia negociada em leilões 4x4.	80
Figura 38: Variação cumulativa do preço da energia negociada em leilões 5x5.	80
Figura 39: Variação cumulativa do preço da energia negociada em leilões 6x6.	81
Figura 40: Variação cumulativa do preço da energia negociada em leilões 7x7.	81
Figura 41: Variação cumulativa do volume negociado em leilão 3x3.	84
Figura 42: Variação cumulativa do volume negociado em leilão 4x4.	84
Figura 43: Variação cumulativa do volume negociado em leilão 5x5.	85
Figura 44: Variação cumulativa do volume negociado em leilão 6x6.	85
Figura 45: Variação cumulativa do volume negociado em leilão 7x7.	86
Figura 46: Variação dos parâmetros com o aumento do nº de agentes.	88
Figura 47: Variação dos preços de fechamento conforme modo de cálculo.	88
Figura 48: Variação do volume negociado conforme modo de cálculo do preço de fechamento.	89
Figura 49: Desempenho do modelo da máxima quantidade.	92

Lista de tabelas

Tabela 1: Lances de quantidade e preço em um leilão duplo (4x4).	48
Tabela 2: Quantidades negociadas no leilão pelo método guloso.	49
Tabela 3: Preços de fechamento no exemplo do método guloso (média dos preços).	50
Tabela 4: Excedentes dos agentes no exemplo do método guloso.	50
Tabela 5: Preços de fechamento no exemplo do método guloso (preços dos vendedores).	52
Tabela 6: Universo de possíveis negócios.	59
Tabela 7: Solução da primeira e da segunda etapa.	59
Tabela 8: Preços de fechamento no método da máx. quantidade (média dos preços).	60
Tabela 9: Excedentes dos agentes em um leilão duplo de máx. quantidade.	61
Tabela 10: Preços de fechamento no método da máx. quantidade (preço dos vendedores).	62
Tabela 11: Resumo do exemplo de simulação.	63
Tabela 12: Resumo dos leilões de certificados (preço uniforme).	63
Tabela 13: Resumo das simulações para os leilões de certificados.	64
Tabela 14: Comparação entre os modelos (preço do vendedor uniforme x discriminatório).	65
Tabela 15: Comparação entre os modelos (preço do vendedor x média dos preços).	65
Tabela 16: Excedentes médios dos leilões de certificados [R\$/MWh].	74
Tabela 17: Quantidades médias negociadas nos leilões de certificados [MWh].	78
Tabela 18: Preços médios de fechamento [R\$/MWh] (média dos lances).	82
Tabela 19: Preços médios de fechamento [R\$/MWh] (lances dos vendedores).	82
Tabela 20: Preços médios de fechamento [R\$/MWh] (lances dos compradores).	83
Tabela 21: Volumes médios de venda [R\$] (média dos lances).	87
Tabela 22: Volumes médios de venda [R\$] (lances dos vendedores).	87

Tabela 23: Volumes médios de venda [R\$] (lances dos compradores).	87
Tabela 24: Estatística do uso do leilão proposto.	91
Tabela 25: Dados de entrada e saída dos leilões de certificados.	98
Tabela 26: Resumo dos leilões de certificados.	111
Tabela 27: Dados utilizados na confecção das Figuras 6 a 9.	112

Nomenclatura

Abreviações e siglas

ISO	–	Operador Independente do Sistema
Art.	–	Artigo
ANEEL	–	Agência Nacional de Energia Elétrica
CBLC	–	Câmara Brasileira de Liquidação e Custódia
BOVESPA	–	Bolsa de Valores do Estado de São Paulo
MAE	–	Mercado Atacadista de Energia
ONS	–	Operador Nacional do Sistema
BVRJ	–	Bolsa de Valores do Rio de Janeiro
PND	–	Plano Nacional de Desestatização
BNDES	–	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

Unidades

MWh	–	Megawatt-hora, unidade de energia.
MW	–	Megawatt, unidade de potência.
USD	–	Dólar americano

Termos

MWm	–	Megawatt médio, demanda fictícia equivalente à razão entre a energia consumida e o número de horas do período de consumo, geralmente, um mês.
-----	---	---

1. Introdução

A idéia básica sobre leilões é simples e amplamente difundida. Quem nunca ouviu falar de leilões para venda de cavalos, obras de arte ou antiguidades? Estes leilões são freqüentemente realizados, e todos entendem, à sua maneira, o modo de funcionamento do leilão. Quando se pensa em um leilão deste tipo logo vem à mente um local onde algumas pessoas estão reunidas com o intuito de adquirir o bem que está sendo vendido e um leiloeiro à frente, que dá início ao leilão, identifica os lances dos participantes do leilão e, quando ele não consegue mais fazer com que os participantes dêem mais lances, encerra o leilão. O leiloeiro, nestes exemplos, procura identificar o maior preço que um participante está disposto a pagar pelo bem e vendê-lo a este participante. Sabe-se que, nestes tipos de leilão, o leiloeiro estipula um valor inicial a partir do qual o bem pode ser vendido. Isto dá a garantia de que o vendedor, representado pelo leiloeiro, esteja satisfeito com o preço de fechamento do leilão. Além disto, o leiloeiro é quem propõe o próximo lance a ser dado e fica a critério do participante apenas manifestar interesse em pagar aquele valor. Assim, o leiloeiro evita que os participantes efetuem lances indesejáveis.

Estes leilões possuem características que os particularizam. Por exemplo: o leilão é de venda de um bem único e indivisível¹, os lances são proferidos à viva-voz, uma oferta de preço maior ganha daquela com menor preço, o leiloeiro utiliza um preço inicial, vence aquele que oferecer o maior lance de preço e este paga o valor do seu própria lance. Existem várias outras formas de se fazer um leilão; basta que uma ou mais destas características sejam alteradas. Por exemplo, se em vez dos lances serem proferidos à viva-voz, eles forem apregoados de forma que nenhum participante tome conhecimento do conteúdo do lance de outro participante, o leilão

¹ O bem também pode ser classificado como heterogêneo e homogêneo. Um bem heterogêneo pode ser diferenciado segundo sua procedência e características, enquanto que um bem homogêneo é indiferenciável segundo a origem ou qualidade.

muda muito. Neste caso, o leilão possuirá tempos diferentes, o número de rodadas pode ser alterado, enfim, é outro tipo de leilão onde o comportamento dos participantes pode mudar, assim como o resultado do leilão.

São aspectos como este que fazem da Teoria dos Leilões objeto de estudo de vários pesquisadores. Para Rasmusen (2001), o leilão é usado como meio de extrair informação dos compradores quando os vendedores não sabem ao certo o valor do bem que está sendo vendido e desejam extrair o máximo benefício possível com a venda deste bem. Segundo Wolfstetter (1999), um leilão é um mecanismo de lances descritos por um conjunto de regras que especificam como o ganhador é determinado e quanto ele pagará pelo bem. Portanto, leilão é um mecanismo de formação de preços onde o mercado revela, no leilão, o valor do bem.

Leilões são utilizados devido três razões principais:

- i. rapidez na negociação;
- ii. revela informações a respeito do valor que o bem possui para o comprador;
- iii. previne comportamento desonesto entre vendedor e comprador, visto que as regras do leilão podem restringir a participação e a aceitação de lances, assim como impor regras de comportamento (Wolfstetter, 1999).

Leilões são amplamente usados em grande parte dos ambientes de comercialização de energia elétrica. A Lei 10438, de abril de 2002, tornou o leilão como uma das principais ferramentas para de comercialização de energia elétrica, porém a lei determinou apenas a ferramenta, mas não especificou o formato que esta ferramenta deve possuir para atingir o objetivo determinado, dando margem para a livre formatação do leilão. Tanto o MAE como os agentes podem formatar seus próprios leilões seguindo as determinações contidas na Lei 8666 de maio de 2002 que regula o uso de leilões, salvo casos onde há a obrigatoriedade de liquidação pelo MAE. O MAE realizou dois tipos de leilão desde a sua criação. O leilão de certificados foi o primeiro tipo e serviu para transferir cotas de consumo entre os consumidores durante o racionamento imposto pela crise de abastecimento. O segundo leilão serviu para comercializar a energia das concessionárias geradoras federais e outras geradoras que aderiram ao leilão, além de comercializar o montante liberado dos contratos iniciais. Este assunto é discutido no Capítulo 2, que trata da comercialização de energia com ênfase na aplicação de leilões.

O Capítulo 3 trata dos formatos que a ferramenta leilão possui. Neste capítulo é feita uma revisão da bibliografia onde os autores em teoria dos leilões tratam das especificidades do leilão, tais como: classificação dos leilões, formatos, estratégias, retornos e outras características que diferenciam os vários tipos de leilão.

O objetivo desta dissertação é a comparação entre dois modelos de leilão. Um modelo tem como objetivo gerar o máximo de excedentes financeiro para os agentes, maximizando o chamado benefício social² do leilão. O outro modelo procura fazer com que a máxima quantidade de energia seja negociada entre os agentes, priorizando a realização de negócios. O Capítulo 4 trata desta comparação. Para isto foram usados os dados dos leilões de certificados e aplicado o modelo de maximização da quantidade negociada proposto nesta dissertação, além de simulações com o modelo de maximização dos excedentes e o modelo de maximização da quantidade negociada utilizando para isto dados baseados nos leilões de certificados. Primeiramente, os dois modelos são apresentados e, posteriormente, são comparados os dois modelos de leilão com dados realizados e dados sorteados.

O modelo computacional utilizado para realizar o sorteio e a simulação dos leilões possui características que Araújo (1990) enumera como qualidades desejáveis de um bom modelo. O modelo é pouco agregado, ou seja, possui poucos limitantes para as simulações de diferentes situações. O modelo possui flexibilidade de simulações a partir de comandos simples e permite estudo com várias formas de preço de fechamento. O modelo computacional é transparente, ou seja, a sintaxe e a forma como está estruturado permite total inteligibilidade de um usuário desde que afeto aos comandos básicos do software.

No decorrer dos estudos que convergiram nesta dissertação, percebe-se que existem temas bastante explorados, porém ainda em aberto. Teoria dos leilões é uma linha de pesquisa recente, algumas discussões não apresentam resultados conclusivos, por exemplo, os efeitos do uso de preço de fechamento uniforme ou discriminatório (Mount, 1999 e Wolfram, 1999). O Capítulo 5 trata deste assunto, onde também se propõe a nova metodologia de leilão apresentada no Capítulo 4.

² O termo econômico *benefício social* significa a soma dos excedentes financeiros do produtor e do consumidor, aqui representados pelos agentes do leilão: o vendedor e comprador.

2. Leilões no setor elétrico

A Constituição Federal determina, nos incisos IV e XXVII do Art. 22, que compete à União legislar sobre água, energia e normas gerais de licitação pública. O Art. 37 da Constituição estabelece os princípios nos quais a administração pública direta deve pautar suas ações. São eles: legalidade, impessoalidade e moralidade. O inciso XXI do Art. 37 esclarece que obras, serviços, compras e alienações devem ser contratadas mediante processo de licitação pública que assegure igualdade de condições para todos os concorrentes. A licitação também deve ser usada como instrumento para a concessão ou permissão da prestação de serviço público, conforme Art. 175 da Constituição. A Lei 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto na Constituição. O Art. 15 desta Lei teve sua redação dada pela Lei 9648 de 27 de maio de 1998. Este artigo estabelece que no julgamento de uma licitação deve ser considerado um dos seguintes critérios:

- i. menor valor da tarifa do serviço público a ser prestado;
- ii. maior oferta, nos casos de pagamento ao poder concedente pela outorga da concessão;
- iii. combinação, dois a dois, dos critérios referidos nos incisos i, ii e vii;
- iv. melhor proposta técnica, com preço fixado no edital;
- v. melhor proposta em razão da combinação dos critérios de menor valor da tarifa do serviço público a ser prestado com o de melhor técnica;
- vi. melhor proposta em razão da combinação dos critérios de maior oferta pela outorga da concessão com o de melhor técnica;
- vii. melhor oferta de pagamento pela outorga após qualificação de propostas técnicas.

O Art. 27 da Lei 10438, de 26 de abril de 2002, tornou o leilão uma das formas mais importantes de comercialização de energia elétrica no Brasil. Este artigo determina a obrigatoriedade da comercialização através de leilões públicos de, no mínimo, metade da energia comercializada pelas geradoras federais, inclusive o montante liberado dos contratos iniciais de que trata o inciso II do artigo 10 da lei 9648 de 27 de maio de 1998. Em adição, o Art. 28 determina que a parcela que não for negociada nestes leilões deverá, necessariamente, ser liquidada no mercado de curto prazo do MAE.

Leilões são aplicados em diversos mercados relacionados à energia elétrica, tais como:

- i. mercado de energia por contratos de longo prazo;
- ii. mercado de energia por contratos de curto prazo;
- iii. mercado de cotas de direito de uso de redução de consumo de energia elétrica;
- iv. mercado de empreendimentos de: geração, transmissão ou privatizações do PND.

Abaixo são apresentados os ambientes de aplicação de leilões na comercialização de energia e também de empreendimentos que são utilizados no setor elétrico para produção, transmissão, direitos de uso, suprimento e fornecimento de energia. Nas seções seguintes focaliza-se o esquema de funcionamento do leilão, objetivando mostrar a diversidade de modelos aplicados ao setor elétrico.

2.1. Leilão de energia no longo prazo

A gradual liberação dos contratos iniciais entre as distribuidoras de energia elétrica e as supridoras federais tornou disponível para comercialização novos montantes de energia. Os contratos iniciais das geradoras do sistema Eletrobrás (Chesf, Furnas e Eletronorte) somam 17.214 MW médios dos quais 4.252 MW médios serão liberados a partir de janeiro de 2003. Tais contratos são anuais e a conversão em energia elétrica é feita por multiplicar esses valores por 8760 horas que um ano possui, resultando em uma liberação em 2003 de aproximadamente 37,2 milhões de GWh.

A Lei obriga que no mínimo a metade deste montante seja comercializada em leilões. Estes montantes constituíram produtos que foram ofertados em lotes de 2, 4 e 6 anos, diferenciados segundo a região de entrega e o fornecedor. Estes leilões puderam compreender a energia oriunda

da liberação dos contratos iniciais, a chamada energia velha, assim como a energia sem comprometimento por contratos das geradoras públicas ou privadas.

A Tractebel, antiga Gerasul, foi a primeira a formatar um leilão para a comercialização da energia velha. O leilão foi realizado à viva-voz na Bovespa, no dia 19 de agosto de 2002, e comercializou 32% dos 16.655 gigawatts-hora (GWh) ofertados. Sete empresas compradoras estavam cadastradas, porém apenas a CPFL, a Light e a Celesc fizeram lances. No dia 20 de agosto de 2002, as estatais Copel e Cemig também realizaram um leilão da energia velha através do sistema do Banco do Brasil, porém, com insucesso.

O MAE implementou um leilão em 19 de setembro de 2002 que representou uma alternativa para as geradoras federais cumprirem a determinação da Lei 10.438/2002, ou seja, a de ofertar em leilões públicos, no mínimo, a metade da sua geração, inclusive o montante liberado dos contratos iniciais. Os editais do leilão, datados de 09 de agosto de 2002, especificam todas as características e procedimentos necessários para que um agente comprador ou vendedor de energia faça sua adesão, bem como, direitos e obrigações deste agente. O leilão também tornou disponível, aos agentes distribuidores e comercializadores, lotes das geradoras estaduais e privadas que fizeram sua adesão. O MAE desenvolveu uma sistemática própria para este leilão utilizando o sistema eletrônico do Banco do Brasil, pelo qual os interessados puderam comprar e vender energia via internet.

O modo de funcionamento do leilão que o MAE usou para comercializar a energia velha é descrito a seguir. Estes procedimentos são parte integrante do documento para treinamento para os participantes do leilão de energia elétrica fornecido pelo MAE em setembro de 2002.

Os produtos do leilão eram caracterizados por:

- i. prazo de contrato: 2, 4 e 6 anos;
- ii. submercado de entrega: Nordeste, Norte, Sul e Sudeste/Centro-Oeste;
- iii. potência máxima e mínima;
- iv. empresa geradora.

A menor unidade negociável no leilão era de 0,5 MWm (megawatts-médios), que correspondia a uma unidade de lote. Em uma primeira etapa as geradoras eram pré-qualificadas ao apregoar o número e as características dos lotes disponibilizados para o leilão. Além disto, as

geradoras divulgavam ao MAE uma espécie de curva de oferta composta por, no máximo, cinco patamares de preço de reserva e suas respectivas ofertas de quantidades, assim como mostra a Figura 1. Nestes leilões os preços são dados em R\$/MWh e as quantidades negociadas em MWm.

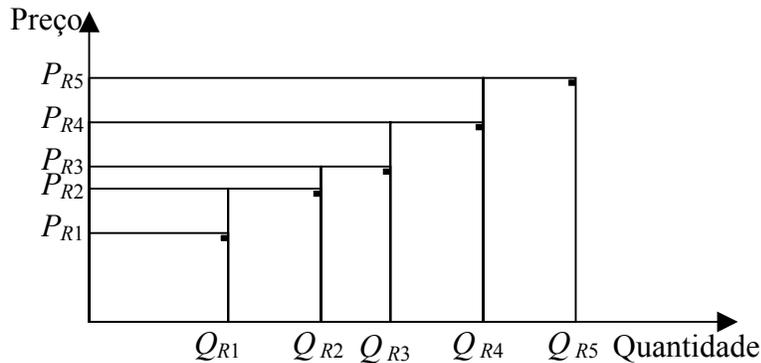


Figura 1: Quantidades e preços de reserva ofertados pelo gerador.

Após a pré-qualificação e habilitação das empresas potencialmente compradoras, iniciava-se a segunda etapa, que poderia ser composta por uma ou mais rodadas. Na primeira rodada era divulgado o primeiro patamar de preço P_1 e os proponentes compradores $C_1, C_2... C_n$ faziam lances de quantidade até seus lances alcançarem o número total dos lotes oferecidos naquele primeiro patamar Q_{R1} . Os compradores poderiam ser classificados como completamente ativos, parcialmente ativos e inativos, dependendo da situação do seu lance. Na Figura 2, os compradores C_1 e C_2 estão completamente ativos, pois seus lances foram aceitos antes dos outros e estão dentro da quantidade ofertada no primeiro patamar. O comprador C_3 está parcialmente ativo, visto que parte de seu lance foi aceito e a outra parte situa-se além da quantidade ofertada no primeiro patamar. O comprador C_4 e os demais compradores são classificados como inativos, visto que seus lances foram feitos depois que a quantidade disponível já tinha sido comprometida por outros compradores.

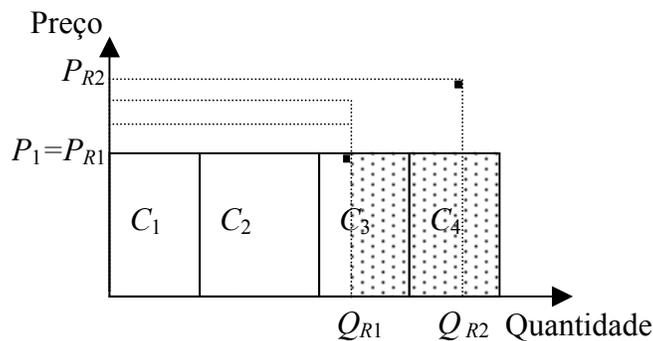


Figura 2: Primeira rodada do leilão MAE.

A regra do leilão especifica que se a demanda permanecer maior que a oferta, como está indicado na Figura 2, outra rodada deve ser feita elevando o preço de P_1 para P_2 , assim como mostrado na Figura 3. Este procedimento deve ser repetido sucessivas vezes até o fim do leilão. Na Figura 3, os compradores C_3 e C_4 apregoaram primeiro o seu lance de quantidade e estão completamente ativos, o comprador C_1 está parcialmente ativo parcialmente e os outros compradores estão inativos.

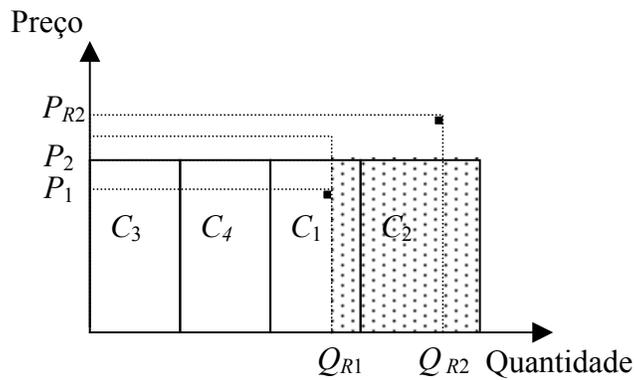


Figura 3: Segunda rodada do leilão MAE.

Se os compradores continuarem a fazer lances até o preço se elevar ao nível do preço de reserva do segundo patamar P_{R2} , libera-se a quantidade Q_{R2} correspondente a este patamar, e assim sucessivamente, até que nenhum agente esteja interessado em apregoar lances de quantidade ao preço divulgado.

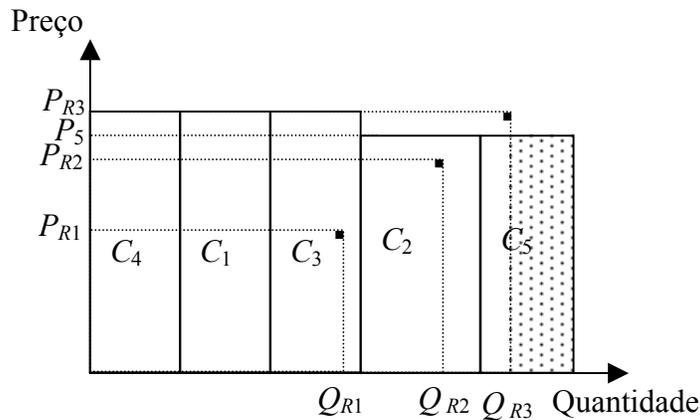


Figura 4: Etapa final do leilão MAE.

Na ilustração da Figura 4 o leilão fictício já ultrapassou o segundo patamar ofertado pelo gerador. O preço de fechamento será o menor preço para os agentes ativos. Na Figura 4, se nenhum comprador se manifestar para alterar seu status o preço final de fechamento do leilão será P_5 , situado entre o segundo e o terceiro preço de reserva P_{R2} e P_{R3} . A quantidade negociada será Q_{R3} e o comprador C_5 , pelo fato de estar parcialmente ativo, compraria apenas parte do seu lance ao preço P_5 .

Cramton (1998) relata um leilão similar, o *ascending clock auction*. Trata-se de um leilão ascendente onde existe a indicação de um preço em um painel e os agentes apregoam as quantidades desejadas. Quando a procura excede a oferta, o painel indica outro preço, até que a procura seja menor ou igual à oferta e o leilão termina ao último preço indicado no painel. Segundo o autor, este leilão possui todas as vantagens do leilão com preço discriminatório, com as vantagens de ser de fácil implementação, impossibilidade de apregoar lances de preço indesejáveis e, quando aplicado preço uniforme, o mecanismo evita a colusão, pois em leilões com preço uniforme cada agente tenderá a apregoar seu próprio valor de oportunidade para o bem. Porém, Ausubel e Cramton (1996) criticam este tipo de leilão no tocante à sua eficiência, ou seja a capacidade de fazer com que o lance do licitante revele o seu valor de oportunidade. Em cada caso, os licitantes maquiavam seus lances com o intuito de manter os preços baixos. Os agentes com maior poder de mercado maquiavam mais seus lances do que os de menor poder, ou seja, os seus lances refletem menos o seu custo do que os agentes com menor poder de mercado. Ausubel (1997) propõe uma alternativa para que este formato de leilão seja mais eficiente e torna o *ascending clock auction* muito parecido ao formato usado pelo MAE. O autor recomenda que as quantidades sejam associadas aos compradores fazendo com que um preço alterado apenas tenha validade quando toda a quantidade for requisitada pelos compradores. Assim, o leilão da energia velha, da forma como foi formatado, possui estas características. Tornando-se um leilão eficiente sem que as vantagens de um leilão ascendente sejam perdidas. Um leilão é considerado eficiente quando os participantes são incentivados a revelar seu valor de oportunidade para o objeto em leilão.

2.2. Leilões de energia no curto prazo

Desde a sua criação o MAE funcionou com alguma precariedade. Até o ano de 2002 não aconteceram leilões de energia residual no ambiente do MAE e este se ocupou com outros tipos de leilões e efetuou liquidações. Em um leilão se pressupõe o direito à escolha do valor do lance: preço e quantidade. No caso das liquidações feitas pelo MAE o lance de preço é o custo marginal da energia, as quantidades disponíveis para esta liquidação correspondem, para cada agente, à diferença entre a quantidade de energia contratada em contratos bilaterais e a quantidade efetivamente realizada. Esta diferença irá indicar se o agente contratou mais ou menos energia do que a sua expectativa de negócios. Para cada tipo de agente, esta diferença representará pagamento ou remuneração ao preço MAE. Esta liquidação é feita semanalmente e o preço MAE é determinado pelo modelo matemático DECOMP que utiliza os dados de saída do NEWAVE.

Entende-se como leilão de energia no curto prazo, casos onde existe licitação para correção de posição em contratos de longo prazo, por exemplo: uma concessionária contrata energia para um ano inteiro, discriminando no contrato um consumo previsto para cada mês. Em determinado mês ela pode perceber que ficará “descoberta”, ou seja, sem contrato para lastrear o seu mercado; em outro determinado período ela pode perceber que ficará com mais contratos do que o seu mercado irá consumir; desta maneira ela pode optar por fazer um leilão para compra de energia, contratando energia por um curto período de tempo, um mês, semanas ou até mesmo dias, ou se expor ao preço MAE. Se a concessionária não optar pela última alternativa ela fará então um contrato de curto prazo.

Na Califórnia, antes da grande crise de abastecimento ocorrida no verão de 2000, as concessionárias tinham permissão de contratar energia apenas no curto prazo. Os contratos eram realizados pelo antigo *California Power Exchange*, extinto em janeiro de 2001, através dos mercados do dia seguinte, da hora seguinte e em tempo real (RPPI, 2002). Existem outros mercados que operam com contratos de energia de curto prazo, a Noruega, Finlândia, Dinamarca e Suécia, por exemplo, contam com o *NordPool*, ambientes como estes são verdadeiras bolsas especializadas em negócios de energia elétrica.

2.3. Leilões de certificados de energia

O racionamento

De meados de 2001 até início de 2002 o Brasil passou por uma grande crise de abastecimento de energia elétrica que resultou em racionamento de energia. Foram estipuladas metas de redução do consumo de energia elétrica baseadas na média de consumo dos meses de maio, junho e julho do ano de 2000. Para os consumidores ligados em baixa tensão, residenciais e comerciais, a meta de racionamento era de 20% enquanto para os consumidores em alta tensão, comerciais e industriais, a meta poderia variar de 15 a 25%, dependendo da atividade fim do consumidor. Os consumidores que não atingissem esta meta eram informados disto e estavam sujeitos a corte de energia por três dias ininterruptos e, em caso de reincidência, seis dias.

Os certificados

Aos consumidores ligados em alta tensão era permitida a troca entre si das cotas de metas de racionamento. Um consumidor que não poderia reduzir seu nível de consumo em um determinado mês, para atender à meta de redução, poderia receber a cota de outro consumidor. De forma recíproca, um consumidor que não necessitasse de toda a cota de consumo disponível em determinado mês poderia transferir seu direito para outro consumidor. Isto se dava a partir da compra e venda de certificados de direito de uso de redução de meta de consumo de energia elétrica. O MAE criou um ambiente de leilão exclusivo para a comercialização destes certificados.

A comercialização através de leilões de certificados de direito de uso de redução de meta de consumo de energia elétrica durante o período de racionamento, os chamados leilões de certificados, foi um modo de diminuir o desconforto causado pela crise de abastecimento de energia que assolou o país. Os leilões foram projetados pelo MAE em parceria com a Bovespa e a CBLC. Eles começaram em 25 de junho de 2001 e perduraram até o dia 28 de fevereiro de 2002, quando foi decretado o fim do racionamento. Os leilões eram realizados eletronicamente pela internet e eram realizados todos os dias, exceto sábados, domingos e feriados. Nos dias de leilão os participantes efetuavam seus lances na parte da manhã e o resultado final do leilão, bem como os lances efetuados eram divulgados no início da tarde. Estas informações ficavam disponíveis à consulta pública até o início do próximo leilão. Estes dados foram agrupados dia a dia e constam

no Tabela 25 do Apêndice desta dissertação. Foram realizados 155 leilões, em 77 deles houve realização de negócios, nos outros 78 leilões as combinações entre vendedor e comprador eram ineficazes ou inexistentes, ou seja, os lances efetuados não resultavam em negócio devido à disparidade de expectativas entre os agentes ou até à falta de lances por parte dos compradores e/ou vendedores.

O mecanismo dos leilões

Os leilões de certificados utilizaram um mecanismo de leilão duplo, ou seja, tanto os vendedores quanto os compradores efetuavam lances. Nenhum participante tomava conhecimento do lance dos outros, ou seja, os lances eram fechados. Estes lances eram constituídos de duas componentes: quantidade, em MWh, e preço, em R\$/MWh. A Figura 5 esquematiza o modelo do leilão. Ao término do tempo reservado aos participantes para efetuarem os lances o leiloeiro se ocupava em formar os pares comprador-vendedor e determinar o preço de fechamento do leilão. Ao final desta fase o resultado do leilão era divulgado na página oficial do MAE. Os participantes que logravam êxito em seus lances faziam seus depósitos ou retiradas junto à câmara de liquidação responsável por esta atividade, no caso, a CBLC.

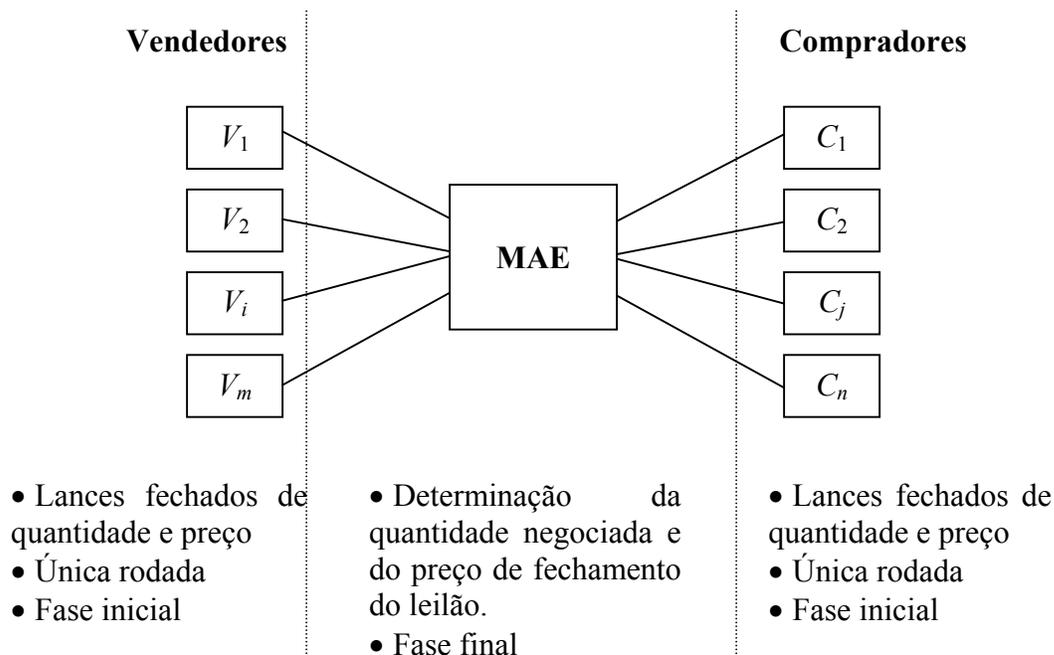


Figura 5: Leilão de certificados.

O resultado dos leilões de certificados

Ao final dos 77 leilões foram comercializados 52.930 MWh. Alguns negócios não foram concluídos por motivos exógenos aos lances efetuados e após o término do leilão conforme mostram as Tabelas 25 e 26. Os negócios não finalizados totalizam 1.460 MWh, porém o fato de alguns negócios não terem sido concluídos não foi considerado para fins de otimização nesta dissertação, pois a otimização se baseia nos lances e supõe-se que, ao entrarem num leilão, os agentes estejam de acordo com as regras dele. A Figura 6 resume os resultados obtidos no leilão de certificados apresentando as quantidades de energia negociadas em cada mês, a quantidade negociada acumulada no decorrer do racionamento, bem como o número de dias de negociação que houve em cada mês. Foram considerados apenas os dias em que houve combinação factível entre os lances dos compradores e vendedores. Desta maneira é possível verificar eventuais desequilíbrios no ritmo de negociações ao longo do racionamento. Conforme mostra a Figura 6, na curva e nas colunas de dados mensais, a média de quantidade de energia negociada nos leilões foram as maiores durante o racionamento nos meses de agosto, setembro e dezembro. O contrário pode ser notado nos meses de outubro, novembro e janeiro, nos quais a média de negócios por dia foram as menores. A partir da visualização da curva e das colunas de dados acumulados pode-se notar que o aumento da média de negócios diários nos meses de agosto e setembro, bem como dos meses anteriores, foram menores que o decréscimo da média de negócios ocasionada pelos meses de outubro e novembro. Pode-se notar que o mês de novembro fecha em baixa média de energia comercializada, que é recuperada pelo mês de dezembro e mantida no mês de janeiro. A baixa média de negócios ocorrida em fevereiro fez com que o racionamento fechasse com praticamente a mesma média de negócios do seu início, em junho.

Os preços praticados nos leilões de certificados foram gradualmente diminuindo no decorrer dos leilões. A Figura 7 mostra o comportamento do preço médio mensal praticado nos leilões. Os preços apregoados nos primeiros leilões estavam muito altos, alguns lances de vendedores chegavam a R\$ 600,00, R\$ 650,00 e até mesmo R\$ 660,00/MWh, ou seja, muito próximos ao custo de déficit, que era de R\$ 664,00/MWh,; devido ao real valor de oportunidade para os compradores, no decorrer dos leilões, os preços foram diminuindo sensivelmente, atingindo níveis da ordem de R\$ 70,00/MWh.

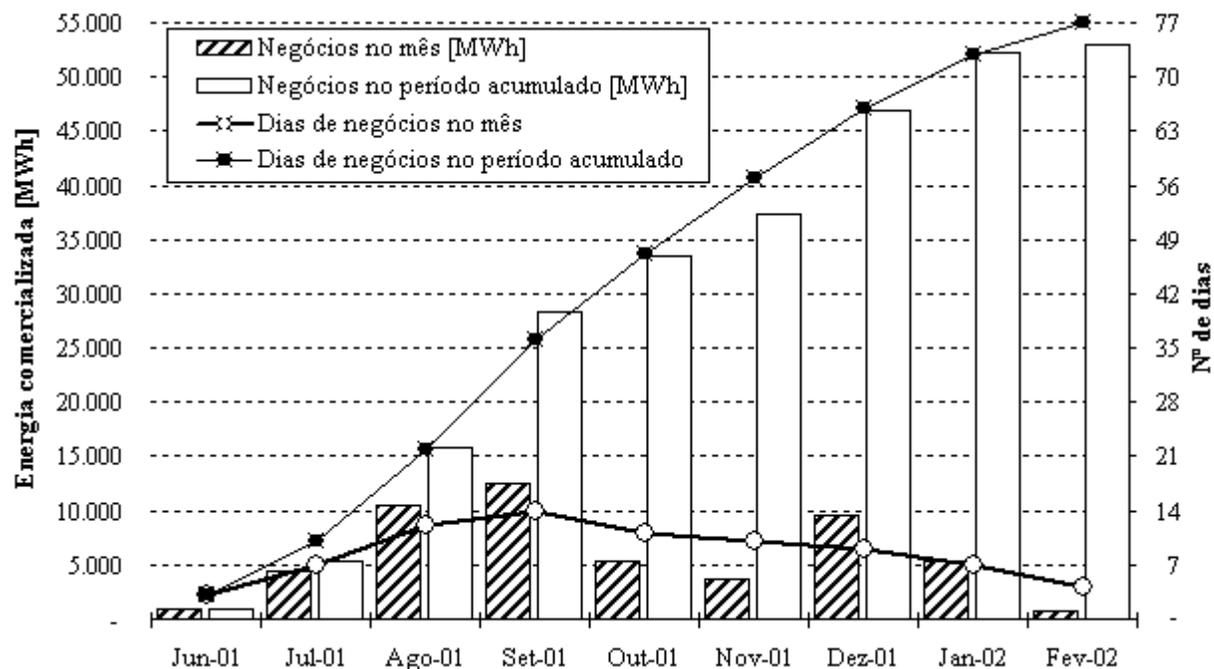


Figura 6: Resumo das quantidades negociadas nos leilões de certificados.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Apêndice.

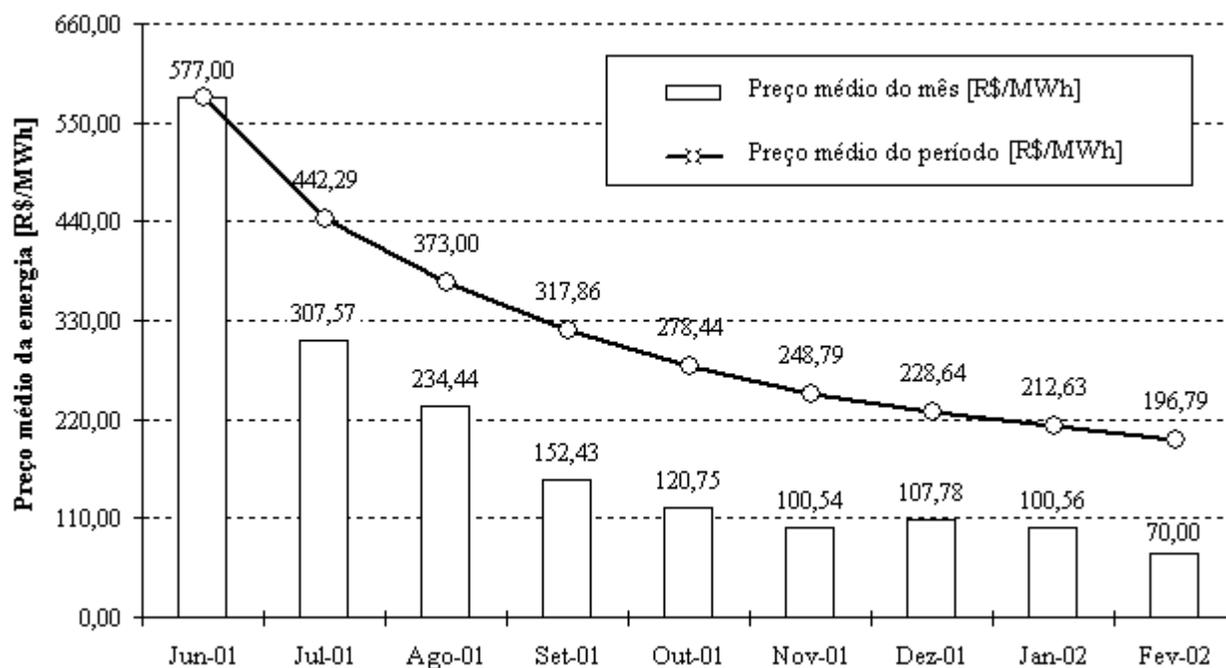


Figura 7: Resumo dos preços médios praticados nos leilões de certificados.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Apêndice.

Para cada um dos 77 leilões de certificados nos quais houve negócio o leiloeiro estabelecia um preço que era válido para todos os participantes de cada um dos leilões. Este preço, o preço de fechamento, era uniforme e na maioria das vezes o preço era determinado pelo último vendedor que realizava negócio no leilão. Apenas em 13 oportunidades preço de fechamento era determinado pelo comprador. Esta metodologia, bem como conjecturas a respeito da sua adoção são comentadas na Seção 3.3.3. Conforme apresentam as tabelas de resumo dos leilões de certificados, Tabelas 14, 15 e 26, esta metodologia é responsável pela divisão desigual dos excedentes financeiros do leilão. Os excedentes financeiros são, para um comprador, o montante que ele economiza pelo fato de pagar no leilão um preço menor que o seu lance; para um vendedor, os excedentes financeiros são o montante que ele lucra pelo fato de vender bens no leilão a um preço maior que preço apregoado no lance. Como é mostrado na Figura 8, os leilões de certificados geraram excedentes da ordem de 190 mil reais para os compradores; Para os vendedores, por sua vez, os leilões geraram excedentes da ordem de 60 mil reais. Os dados trabalhados na confecção destas figuras constam na tabela de lances e resultados do Apêndice, Tabela 25, e estão agrupados em forma de tabela no fim do Apêndice, Tabela 27.

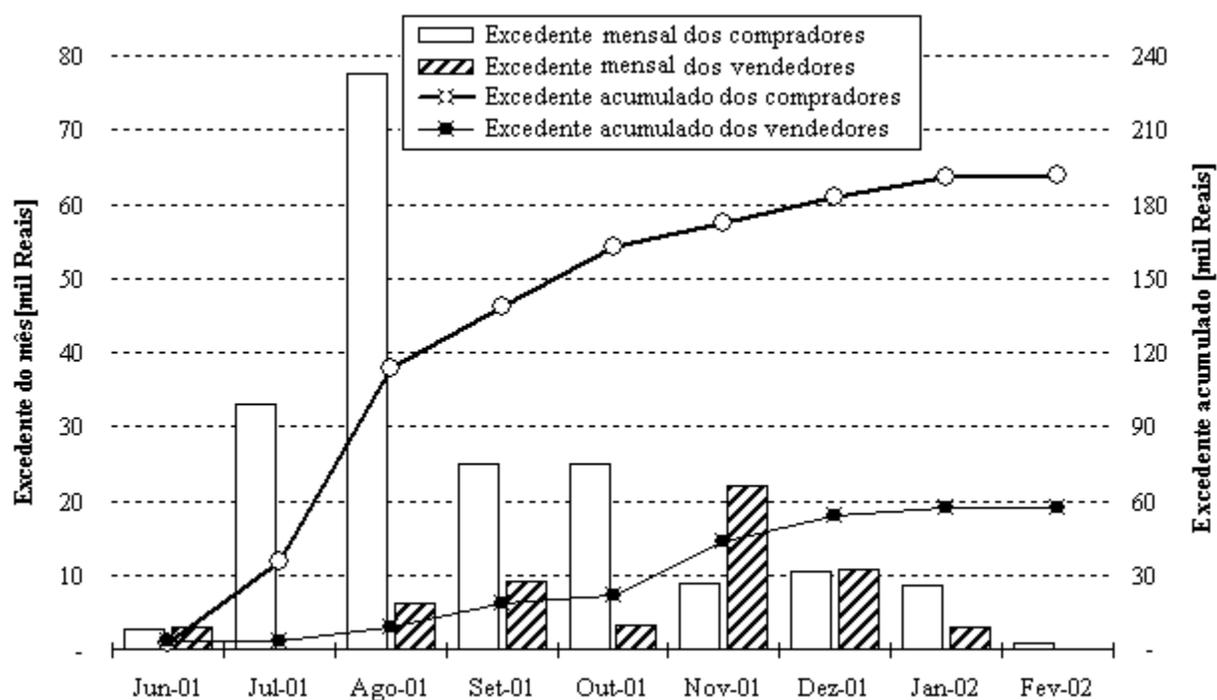


Figura 8: Resumo dos excedentes mensais nos leilões de certificados.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Apêndice.

Ao analisar a Figura 8 nota-se que na maioria dos leilões a grande maioria dos excedentes são transferidas para os compradores, exceto no mês de novembro. Isto se deve ao fato de nos leilões dos dias 9, 14, 21, 23, 27 e 30 de novembro os preços de fechamento terem sido determinados pelos compradores, ou seja, dos treze dias nos quais isto ocorreu, seis deles são do mês de novembro. Nestes dias o leiloeiro beneficiou os vendedores em vez dos compradores, como era praxe fazer. Por exemplo, somente no leilão do dia 30/11/2001, 13 mil reais de excedente foram canalizados para um vendedor pelo simples fato de mudar a forma de determinação do preço de fechamento. A metodologia utilizada nos leilões de certificados é apresentada na Seção 3.3.3., que trata das formas de determinação de preço de fechamento em leilões.

A Figura 9 apresenta o montante de dinheiro movimentado nos leilões de certificados. A área sombreada mostra a movimentação mês a mês e a área clara apresenta a movimentação acumulada dos meses anteriores. A este montante chamamos de volume negociado. Quando há a incidência de impostos e emolumentos, é sobre o volume negociado que isso ocorre. A Figura 9 mostra que ao final dos 77 leilões o volume negociado é quase nove milhões de reais.

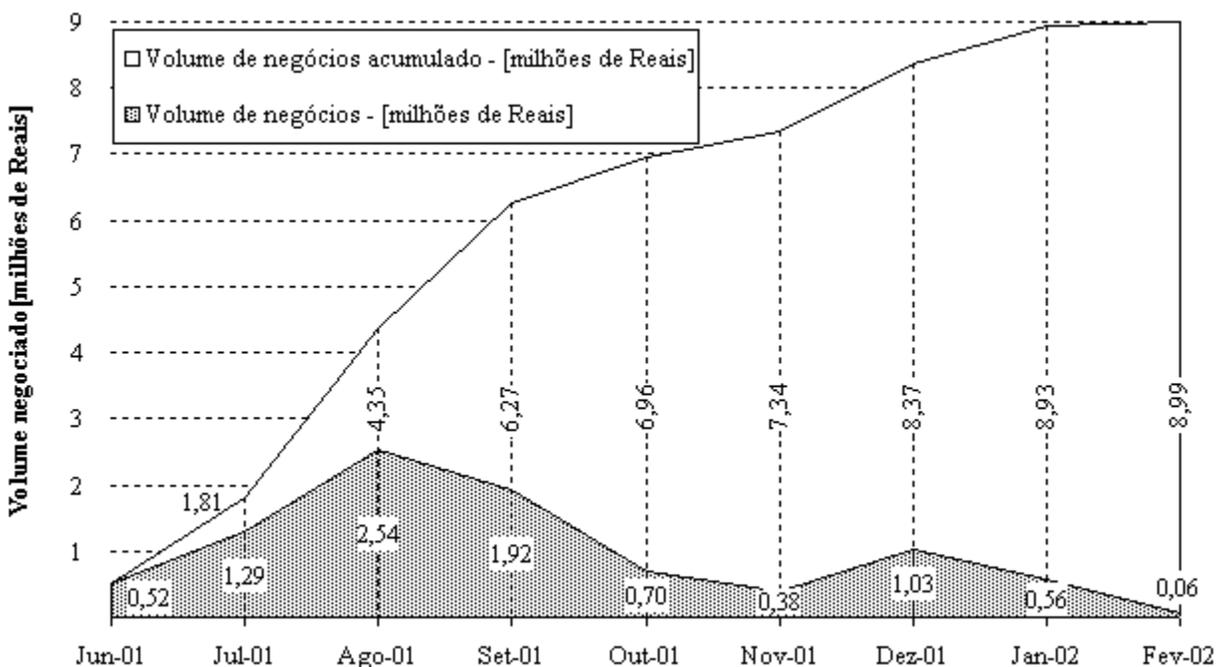


Figura 9: Resumo dos volumes financeiros movimentados nos leilões de certificados.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Apêndice.

2.4. Leilões de empreendimentos

Os leilões são utilizados em grande parte da cadeia produtiva da indústria de energia no Brasil. Por exemplo, na venda de empreendimentos, que podem ser obras que integram ou integrarão o sistema elétrico brasileiro. Estes leilões já foram realizados para a venda de empresas que foram incluídas no Programa Nacional de Desestatização – PND, empreendimentos de transmissão de geração a serem construídos, e plantas de geração já existentes.

Os editais dos leilões de outorga de concessões realizados em 2002 para exploração de aproveitamentos hidrelétricos e de transmissão foram elaborados pela Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel. Os leilões usados no PND, os chamados leilões de privatização, tiveram seus manuais elaborados em conjunto pela CBLC e pela Bolsa de Valores do Rio de Janeiro – BVRJ. As licitações se utilizaram basicamente de três formatos de leilão, a saber:

- i. leilão ascendente aberto a viva-voz, utilizado na venda de ativos de geração;
- ii. conjugação de leilão fechado ascendente de primeiro preço com o leilão ascendente aberto (viva-voz), utilizado na venda de empresas incluídas no PND e;
- iii. conjugação de leilão fechado descendente de primeiro preço com o leilão descendente aberto (viva-voz), utilizado nas concessões para construção de linhas de transmissão.

2.4.1. Empreendimentos competitivos

O governo brasileiro, que atuou de 1994 a 2002, incentivou a privatização como solução para os problemas de financiamento enfrentados pelas empresas de serviço público sob a égide da reestruturação. O setor de telecomunicações foi bastante influenciado pela onda de privatizações e o setor elétrico começou a ser privatizado. Muitas empresas passaram ao controle privado por meio de leilões de empreendimentos. A premissa básica era a inserção de competição para a geração de preços baixos para os consumidores finais. É inegável que foi o que realmente aconteceu com o serviço de telecomunicações que tornou-se mais barato e acessível. No setor elétrico, O governo atual pretendia fazer com que os consumidores finais pudessem escolher seu fornecedor de energia elétrica. Para isto foi estabelecido um cronograma de abertura do mercado. De início os grandes consumidores tornar-se-iam livres e posteriormente os consumidores menores até que, a partir 2005, os consumidores residenciais poderiam escolher seu fornecedor.

A venda destes empreendimentos classificados como competitivos foram realizadas com o objetivo de auferir o maior ágio possível em cada leilão. Foram utilizados dois tipos de leilão na venda de empreendimentos do setor elétrico: o primeiro com até duas etapas, sendo na primeira etapa um leilão fechado e na segunda um leilão aberto e ascendente e o segundo tipo foi um leilão aberto ascendente.

Empreendimentos existentes

Os leilões aplicados a estes empreendimentos eram formados por duas etapas: uma etapa composta por um mecanismo de leilão fechado de primeiro preço na qual cada participante efetua seu lance em envelope lacrado no horário oportuno; outra etapa composta por um mecanismo de leilão ascendente e aberto na qual cada participante apregoa lances a viva-voz. As empresas de geração e distribuição incluídas no PND usaram este tipo de leilão. Esta metodologia de leilão o caracteriza como leilão híbrido. A segunda etapa serve como um critério de desempate, segundo um nível de corte preestabelecido. A metodologia deste leilão é apresentada adiante.

Os envelopes são abertos durante a primeira etapa do leilão e o maior lance é divulgado. Uma percentagem do maior lance é calculada e considerada como sendo o valor de corte. Os últimos editais de 2002 apresentaram um valor de corte igual a 90% do maior lance. Se houver apenas um grupo ou empresa que possua o lance maior que o valor de corte, o leilão chega ao fim e o vencedor receberá a concessão. Se houver mais de um grupo ou empresa que possua o lance maior ou igual ao valor de corte, a regra do leilão determina que estes grupos ou empresas passarão para uma nova etapa. Alguns editais mais antigos determinavam que apenas dois licitantes poderiam participar da segunda etapa do leilão, desde que o participante com o segundo melhor lance tivesse apregoadado um valor maior ou igual ao valor de corte.

Nesta nova etapa os participantes selecionados podem efetuar lances a viva-voz. O leiloeiro informa aos participantes o preço equivalente ao maior lance oferecido em envelope lacrado e, a partir deste valor, os participantes do leilão deverão apregoar um novo preço, superior ao preço apregoadado pelos demais. O leilão segue então a viva-voz. As variações nos preços ocorrem através de incrementos escolhidos pelo comprador, sendo permitido ao leiloeiro aumentar ou diminuir este incremento se julgar necessário ao bom andamento do leilão. O vencedor do leilão

será o aquele que oferecer o maior lance pela concessão. Os organizadores destes editais estimaram que cerca de 80% dos leilões utilizam a segunda etapa prevista no edital.

Este tipo de leilão é proposto inicialmente por Milgrom e Weber (1982). A diferença entre os leilões atualmente aplicados nestas licitações e o leilão proposto por Milgrom e Weber (1982) é o critério para escolha dos agentes que irão participar da segunda etapa do leilão. Os editais do BNDES utilizavam um valor de corte que correspondia a 90% do maior lance da primeira etapa. Os agentes que possuírem seus lances acima do valor de corte irão para a segunda etapa do leilão. Milgrom e Weber (1982) propõem que apenas os dois agentes com os maiores lances concorram na segunda etapa, não importando a diferença entre estes dois, ou seja, sem o uso de valor de corte. Na segunda etapa, o lance inicial é igual ao maior lance da primeira etapa, eles são impedidos de apregoar lances inferiores ao campeão da primeira etapa. Assim, atinge-se o máximo valor possível para o leilão com a vantagem de evitar a colusão entre os agentes e também evita-se que aconteça a preempção, ou seja, a realização de lances por um agente com maior poder de modo a afastar os concorrentes.

Empreendimentos futuros

Os leilões aplicados a estes empreendimentos eram abertos, ascendentes e de primeiro preço. Nestes leilões os interessados precisavam comprovar capacidade técnica e financeira para arcar com as responsabilidades que um investimento como a construção de novas hidrelétricas exige. Para isto o edital exige depósitos de garantias e os interessados disputam entre si a concessão para construção e exploração deste empreendimento. Este tipo de ação libera o Estado de investir em geração de energia fazendo com que haja investimento de capital privado no setor ao mesmo tempo em que amplia o parque de geração brasileiro. O órgão atualmente responsável por realizar as concessões e também por fiscalizá-las é a Aneel. Ela assume nestes leilões o papel de leiloeiro, concedendo ao participante ganhador do leilão o direito de implantar e operar a hidrelétrica por 35 anos, podendo este prazo ser renovado, a critério da Aneel. O formato deste leilão é ascendente aberto, o lance inicial equivale ao valor da avaliação feita por estudos de consultoria, e o incremento dos lances é definido pelo leiloeiro que é indicado pela BVRJ. Como em todo leilão, cada lance é considerado como uma proposta firme, e o interessado deve honrar o lance realizado.

As concessionárias já estabelecidas podem vir a participar de licitações para concessão de empreendimentos de geração, sós ou associadas com outras empresas, porém deverão constituir uma empresa distinta no caso de vencer a licitação.

2.4.2. Empreendimento de transmissão

A lógica adotada nos leilões de empreendimentos que estão inseridos em um ambiente de concorrência é a de que tais empreendedores procurarão auferir o maior lucro possível com o empreendimento, reduzindo custos operacionais e atingindo um maior nível de competitividade. Desta forma o poder público beneficia-se desta condição para auferir o maior ágio possível nos leilões destes empreendimentos. Porém existem áreas nas quais se considera impossível a existência de concorrência devido à própria natureza do empreendimento. O setor de transmissão de energia elétrica no Brasil é considerado um monopólio natural. O proprietário de uma linha de transmissão não possui concorrentes, devido a isto, os leilões para construção de linhas de transmissão atualmente seguem uma lógica diferente da usada nos leilões de empreendimentos competitivos. Neste tipo de leilão o poder público define como vencedor o licitante que cobrar o mínimo possível pelo serviço prestado, uma vez que não haverá concorrência após a outorga da concessão.

A primeira licitação em rede de transmissão foi realizada pela Aneel em 1999, composta por três linhas e uma subestação que representavam a expansão de 765 quilômetros do sistema interligado. Os vencedores do leilão investiram um total de R\$ 411,28 milhões na construção das instalações das futuras linhas de transmissão. Os leilões das linhas de transmissão transferiram para a iniciativa privada o compromisso de ampliar o sistema em mais de 3,7 mil quilômetros de linhas, entre 1999 e 2000, com investimentos estimados em R\$ 2,06 bilhões. Estes são leilões de oferta que têm o objetivo de minimizar o valor do serviço público a ser prestado. Vence o leilão quem oferecer a menor tarifa de transporte de energia. Este leilão pode ser composto por até duas etapas, uma, na qual os lances são ofertados em envelopes lacrados, e outra, na qual os lances são proferidos a viva-voz. Este leilão envolve um valor de corte que corresponde à menor oferta em envelope fechado, somada de 5%.

Se na primeira etapa (lances por envelope fechado) houver apenas um lance de preço menor ou igual ao valor de corte, o leilão chega ao fim e a licitação é concedida ao grupo ou empresa que fez a menor oferta do leilão. Se na primeira etapa houver mais de um lance menor ou igual ao

valor de corte, as empresas ou grupos responsáveis por estes lances iniciam a segunda etapa do leilão.

A segunda etapa do leilão é aberta e os lances a viva-voz são propostos de forma descendente, sendo que o lance inicial deve necessariamente ser inferior ao menor lance ofertado na primeira etapa. Vencerá o leilão aquele que ofertar o menor valor para a tarifa de transmissão, o que corresponde à menor receita anual permitida pela outorga de concessão do serviço público de transmissão. Caso nenhum concorrente se manifeste nesta segunda etapa, o vencedor será o grupo ou empresa que efetuou o menor lance na primeira etapa do leilão.

O objetivo do leiloeiro é contemplar o proponente do menor lance com a concessão do empreendimento. Fica a critério do leiloeiro a fixação de valores mínimos de decremento a serem ofertados pelos proponentes entre um lance e outro.

Concessionárias já estabelecidas podem vir a participar de licitações para concessão de empreendimentos de transmissão, sós ou associadas com outras empresas, porém deverão constituir uma empresa distinta no caso de vencer a licitação.

Pode-se notar que em aplicações para o ambiente minimamente regulado, como produção e comercialização de energia, existe concessão onerosa, e em aplicação para o ambiente fortemente regulado, como a transmissão de energia, prevalece a concessão não onerosa. De fato, quando há pouca ou nenhuma regulação econômica para uma atividade os agentes são remunerados de acordo com a situação do mercado, como é o pressuposto pelo projeto RE-SEB que delimitou todo o processo de reestruturação do setor elétrico brasileiro. Desta maneira, a concessão é utilizada como instrumento de arrecadação, sendo esta a medida de sucesso do leilão. Entretanto quando há regulação econômica os agentes estão sujeitos a uma remuneração garantida, fazendo com que a concessão seja outorgada àquele que se dispuser a cobrar o menor valor pelo serviço. Consta no projeto de lei 4.147 de 2001 que a escolha do vencedor de uma concessão não onerosa deve se basear em metas de universalização apresentadas, bem como no nível das tarifas propostas.

Da mesma forma como é importante conhecer os diversos leilões aplicados no setor elétrico, também uma introdução à teoria dos leilões se faz necessária para um entendimento básico de como um leilão pode ser classificado, quais as características que diferenciam os leilões e como pode ocorrer a remuneração dos participantes em um leilão. O capítulo seguinte procura atender esta necessidade.

3. Teoria dos leilões

Leilões são utilizados há milhares de anos, porém seu estudo tomou importância após uma publicação original de Willian S. Vickrey em 1961. Um dos teoremas mais importantes da teoria dos leilões é o *teorema das receitas equivalentes* (Klemperer, 2000) e (Wolfstetter, 1999). Este teorema prova matematicamente que todos tipo de leilão produz a mesma receita esperada quando algumas condições são atendidas simultaneamente, a saber:

- i. nenhum agente é capaz de influenciar no preço de mercado do bem, ou seja, os agentes são incapazes de exercer poder de mercado;
- ii. existência de simetria de informações entre os agentes;
- iii. os compradores devem ser indiferentes ao risco;
- iv. a valoração privada do bem a ser negociado é a mesma para todos os compradores (Klemperer, 1999).

Como as condições acima citadas não são atendidas com frequência visto que uma característica marcante dos leilões, segundo o mesmo autor, é a assimetria de informações, a escolha do tipo de leilão poderá alterar significativamente os resultados finais do leilão. Este capítulo pretende apresentar conceitos básicos necessários para o entendimento das características do leilão proposto e dos leilões usualmente aplicados à comercialização de energia.

Wolfstetter (1999) faz uma distinção inicial dos leilões em orais e escritos. Segundo o autor, nos leilões orais, ou leilões abertos, todos ouvem os lances dos outros licitantes e podem fazer contra ofertas e cada licitante conhece seu rival. Nos lances escritos, ou leilões fechados, os licitantes fazem sua oferta simultaneamente sem revelá-las aos outros. É comum os licitantes desconhecerem inclusive o número de participantes do leilão.

Rasmusen (2001) classifica os leilões a partir das diferentes avaliações que os compradores podem ter a respeito do que está sendo leiloado. O autor separa os leilões em três classes: de valor privado, de valor comum e de valor correlato. Na primeira, o licitante possui um valor definido para o bem em leilão, ao qual ele chegou sem a interferência de outros licitantes; se ele puder se basear em um possível preço de revenda, não será um leilão de valor privado. O que faz do leilão de valor privado especial é o fato do licitante não extrair informações de outros licitantes. Em caso de poder ter informações de outros licitantes a sua avaliação não mudaria, porém nada impede a mudança de sua estratégia de lances. Usualmente, o valor para um licitante de valor privado equivale à sua avaliação. Na segunda, os licitantes possuem valores idênticos, mas cada licitante faz uma estimativa da sua avaliação baseada em informação privada. Um licitante pode mudar sua avaliação se puder saber da avaliação de outros licitantes, porque todos procuram estimar o mesmo valor verdadeiro do bem. A terceira forma de classificar um leilão é uma categoria geral na qual o leilão de valor comum está incluído como um caso extremo. Neste leilão as avaliações dos diferentes licitantes são correlacionadas, mas eles possuem valores diferentes para o bem. Praticamente todo leilão pode ser visto como um leilão de valor correlato, porém perder-se-ia uma apropriada simplificação existente nas duas primeiras classes.

Existem duas arquiteturas básicas de leilão: o leilão simples e o leilão duplo. No leilão simples, um leiloeiro transaciona um ou mais bens com várias contrapartes. A parte desta transação é a pessoa que o leiloeiro representa e a contraparte são os interessados em vender, caso seja um leilão de oferta, ou comprar, caso seja um leilão de demanda. A regra do leilão definirá qual, ou quais, contrapartes serão vencedoras. No leilão duplo, o leiloeiro atua como administrador do leilão. As partes e contrapartes apregoam seus lances e o leiloeiro identifica os pares nos quais a transação é possível e agrupa os pares conforme a conveniência do leilão. Se houver factibilidade na formação dos pares, os vencedores do leilão duplo serão identificados pelo leiloeiro de acordo com objetivo do leilão. Na grande maioria dos formatos de leilão, o método utilizado para a determinação dos pares comprador-vendedor que realizarão negócios deixa claro que o objetivo é maximizar o excedente financeiro.

Em um leilão duplo de energia toda a energia disponibilizada pelo vendedor deve ser transferida ao comprador, ou seja, o leiloeiro transfere toda a energia dos vendedores para os compradores sem se apropriar qualquer fração do objeto do leilão. A transferência de energia

apenas ocorre entre um vendedor e um comprador quando o preço do comprador é superior (ou equivalente) ao preço do vendedor, ou seja, para que haja uma transação o preço do vendedor e do comprador deve ser atendido. Quando ocorre esta última condição a negociação é factível. O modelo de maximização da quantidade negociada apresentado na Seção 4.5 maximiza a quantidade de energia tendo como base apenas o conjunto das negociações factíveis e, posteriormente, procura tornar máximo os excedentes do leilão com a quantidade de negócios previamente fixada.

Para que a estrutura do leilão possa ser mais bem explicada foi pensada uma forma de classificação que os separassem por sua estrutura. Desta forma é possível identificar três características básicas de um leilão: a natureza (oferta, demanda ou duplo), o tipo dos lances (aberto ou fechado), e a determinação do preço de fechamento (de 1º ou 2º preço). A seguir as três características são descritas em detalhe.

3.1. Natureza do leilão

Leilão de oferta. Vendedores fazem lances de oferta para vender um bem que o leiloeiro pretende adquirir pelo menor preço. O leiloeiro pode fixar um preço de reserva acima do qual o bem não é adquirido. Ganha o participante que fizer o menor lance de oferta, desde que seu lance seja menor do que o preço de reserva.

Leilão de demanda. Compradores fazem lances de demanda para comprar um bem que o leiloeiro pretende vender pelo maior preço. O leiloeiro pode fixar um preço de reserva abaixo do qual o bem não é vendido. Ganha o participante que fizer o maior lance de demanda, desde que seu lance seja maior do que o preço de reserva.

Leilão duplo. Simultaneamente, os vendedores fazem lances de oferta e os compradores fazem lances de demanda. Ganha o vendedor que fizer o menor lance de oferta e o comprador que fizer o maior lance de demanda, desde que o lance do vendedor seja inferior ao do comprador. O preço de liquidação é definido no intervalo entre os lances vencedores de oferta e demanda. Por exemplo, ele poderia ser a média destes lances. No leilão duplo não é necessário definir um preço de reserva.

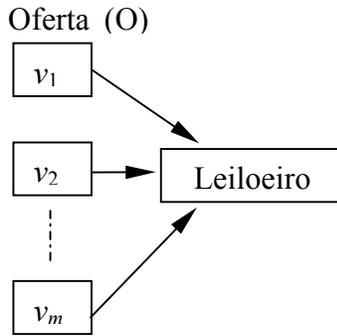


Figura 10: Esquema de leilão de oferta.

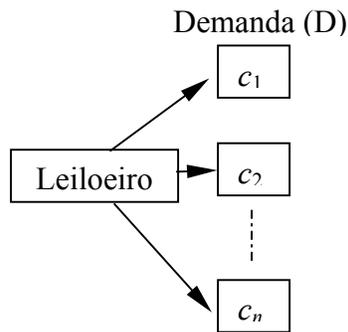


Figura 11: Esquema de leilão de demanda.

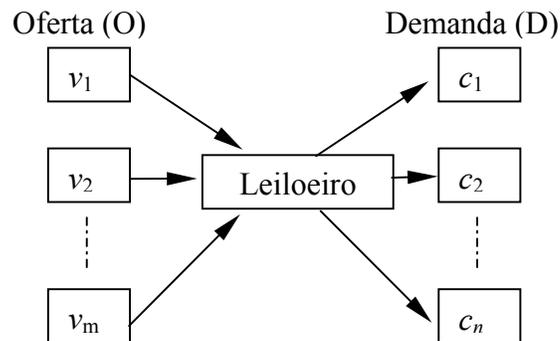


Figura 12: Esquema de leilão duplo.

3.2. Lances

Leilão aberto. É o chamado *multi-round auction*, os lances são realizados seqüencialmente, cada um deles melhorando o lance imediatamente anterior. Os lances geralmente são descendentes no leilão de oferta e ascendentes no leilão de demanda. O leilão é encerrado quando nenhum lance é apresentado dentro de um intervalo de tempo pré-estabelecido.

Ganha o participante que fez o último lance, desde que o preço de reserva tenha sido alcançado. Este leilão permite que o valor de oportunidade de cada participante seja confrontado com os demais. Este leilão também é conhecido com *Leilão inglês*.

A principal característica do leilão aberto é a possibilidade de cada participante modificar sua expectativa de lance em função do comportamento dos demais. Assim, o leilão aberto será tanto mais vantajoso para o leiloeiro quanto maior o nível de competição entre os participantes.

Por outro lado, ele pode apresentar dificuldade se houver uma forte assimetria de informação entre os participantes. Exemplificando, um participante pode ganhar um leilão de demanda com um lance muito inferior ao seu valor de oportunidade, se os demais participantes subestimarem o bem.

Outra dificuldade do leilão aberto é a assimetria de poder dos participantes, permitindo que um participante estratégico desenvolva sua estratégia com o intuito de inibir os demais, o que é denominado como preempção por Milgrom e Weber (1982). Este comportamento pode ser evitado quando as regras do leilão fixam um incremento máximo para cada lance.

Como o leilão aberto possibilita ao participante aprender com os demais, seu valor de oportunidade pode ser reavaliado na medida em que os demais façam seus lances. Cabe observar que esta correção pode ocorrer nas duas direções. Considere o exemplo do leilão de demanda em que um comprador pode elevar seus lances, além do valor de oportunidade estimado antes do início do leilão, na medida em que ele perceba um grande interesse manifestado pelos demais, indicando que ele poderia ter subestimado o valor do bem. Porém o mesmo comprador poderia ganhar o leilão com um lance inferior ao seu valor de oportunidade, caso os demais manifestassem desinteresse durante o leilão.

Havendo competição, o leilão aberto tende a ser eficiente. Isto é, o preço de liquidação tende para o custo de oportunidade do ganhador. No leilão aberto, o valor de oportunidade de cada perdedor também pode ser avaliado a partir do seu último lance. Ser competitivo em um leilão aberto exige um bom valor de oportunidade. A estratégia básica em leilões abertos é melhorar o lance seqüencialmente até que o leilão seja ganho ou o valor de oportunidade alcançado.

Leilão fechado. É o chamado *one shot auction*, os lances são apresentados simultaneamente ao leiloeiro em envelopes fechados. Ganha o participante que fez o melhor lance, desde que o preço de reserva tenha sido alcançado. Este leilão exige que cada participante faça o lance considerando exclusivamente seu valor de oportunidade. Pois ele somente toma conhecimento dos demais lances quando o leilão está encerrado. O leilão fechado equivale ao holandês. No leilão de demanda holandês clássico, o leiloeiro fixa inicialmente o preço de venda em um valor muito alto. Depois o preço é reduzido continuamente até que o primeiro participante (ganhador) se manifeste, ou o preço de reserva seja alcançado.

O leilão fechado pode ser interessante para o leiloeiro caso exista uma grande assimetria de informação entre os participantes, mas que ela não seja corretamente avaliada por todos eles. O leilão fechado induz cada participante a fazer um lance igual ao seu valor de oportunidade, e assim aumentar sua probabilidade de vitória em detrimento do seu lucro. Nestas circunstâncias o ganhador pode fazer um lance significativamente melhor do que o melhor perdedor, o que não ocorreria em um leilão aberto.

Com o leilão fechado cada participante não tem possibilidade de aprender com os demais. O lance é definido exclusivamente pelo valor de oportunidade que o participante atribui ao bem.

Caso o participante tenha a firme intenção de ganhar o leilão, sua estratégia deve ser fazer um lance igual ao valor de oportunidade do bem. Porém, quando o leilão é repetido freqüentemente, o participante pode ser capaz de estimar as chances que seus oponentes teriam para ganhar em função do seu lance. Assim ele poderia maximizar seu benefício esperado apregoando seu lance de acordo com as estimativas feitas sobre seus concorrentes. A estratégia básica em leilões abertos é fazer um lance igual ao valor de oportunidade.

3.3. Preço de fechamento

É o preço ao qual a energia é negociada no leilão. Ele serve como referência de preço para o mercado. Quando o leiloeiro possui um valor no qual ele não se desfaz ou não adquire um determinado bem, diz-se que este leilão possui um preço de reserva. Em um leilão podem ser aplicado dois modelos de preço de fechamento: o preço uniforme e o preço discriminatório.

3.3.1. Preço uniforme

É uma referência de preço única para todo o leilão. Todos os participantes do leilão seriam remunerados a partir do preço de fechamento uniforme. O rendimento de cada participante é calculado pelo produto da quantidade negociada pela diferença entre seu lance de preço e o preço de fechamento uniforme. Em um leilão onde são feitos lances baseados em preço, o preço de fechamento uniforme pode ser determinado a partir do menor dos lances de preço dos vendedores e do maior dos lances de preço dos compradores que realizaram negócios.

Proposto primeiramente por Friedman (1960), as propriedades teóricas desse leilão são excelentes em um cenário simplista, como inexistência de poder de mercado, leilão de um único item, dentre outros; Testes experimentais revelam que o leilão de preço uniforme tem boas, mas não excelentes propriedades na prática. Este tipo de leilão poderia, potencialmente, elevar os preços da energia e reduzir a eficiência abaixo dos níveis teoricamente atingíveis (Ethier et. all,1999).

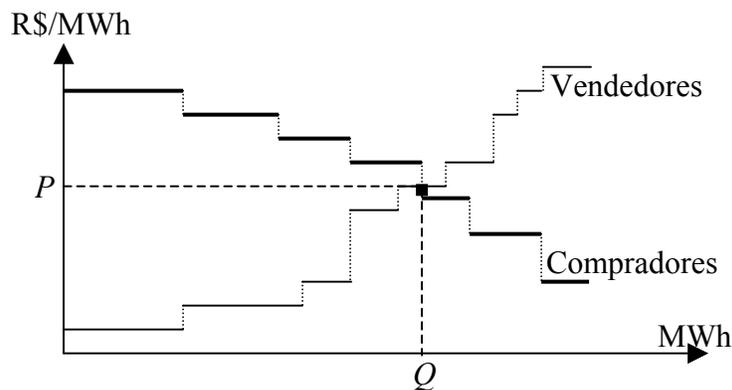


Figura 13: Preço uniforme.

A Figura 13 ilustra os lances de um leilão onde os vendedores estão dispostos em ordem crescente de preços e os compradores em ordem decrescente. Cada degrau destas curvas é a representação gráfica do lance efetuado no leilão. A altura do degrau mostra o patamar de preço apregoado pelo agente e o comprimento do degrau mostra o número de blocos de energia que este agente deseja comprar ou vender. O ponto de intersecção das curvas identifica o preço de fechamento P e a quantidade de energia negociada no leilão Q . O preço de fechamento apresentado na Figura 13 representa a utilidade dos agentes marginais do mercado. A quantidade negociada está longe de ser a máxima possível, porém é a máxima quando se determina que o

preço deve ser uniforme. Os degraus que estão à direita de Q representam os compradores e os vendedores que não realizaram negócios.

3.3.1.1. Primeiro preço

São leilões nos quais o vencedor é aquele que oferecer ao leiloeiro o melhor lance de preço e o negócio é efetuado ao preço ofertado pelo vencedor. Em um leilão de oferta de primeiro preço, vence o comprador que oferecer o maior preço pelo bem ofertado e o vencedor paga o seu próprio lance. Em um leilão de demanda de primeiro preço, vence o vendedor que requisitar o menor preço pelo bem demandado e, da mesma forma, paga o seu próprio lance. O leilão de primeiro preço pode ser implementado como um leilão aberto ou fechado. Quando é aberto e ascendente, o leilão é conhecido como *Leilão inglês*. Este leilão é aplicado na comercialização de inúmeros bens, como obras de arte e cavalos, por exemplo; Nota-se que são leilões onde a valoração do bem é, geralmente, subjetiva, visto que os agentes competem entre si pela posse do bem. Quando é aberto e os lances se dão de forma descendente, o leilão é conhecido como *Leilão holandês*. Verifica-se a aplicação deste tipo de leilão na comercialização de flores e vagas em avião, por exemplo; São leilões onde a agilidade é muito importante. Quando é fechado, o leilão é conhecido como *Leilão de primeiro preço* apenas. Este leilão é utilizado também em diversas aplicações, como na privatização de bancos e empresas da área de telefonia e energia, por exemplo. Características e comparações a respeito destes leilões são vistas na seção seguinte. Ethier et. all. (1999) criticam o uso do leilão inglês por imprimir altos custos em transações quando comparados ao leilão de primeiro preço. Isto ocorre devido à própria natureza de tempo real deste leilão. De fato os custos envolvidos na aplicação de leilão inglês são maiores que na aplicação do leilão de primeiro preço visto que no leilão inglês há a necessidade de reunir todos os participantes em um recinto, real ou virtual, existe a necessidade de contratação de um leiloeiro e de toda a infraestrutura envolvida no leilão inglês, enquanto os gastos no leilão de primeiro preço são apenas um parcela dos gastos de um leilão inglês.

3.3.1.2. Segundo preço

São leilões em que o vencedor é aquele que ofertar o melhor lance de preço ao leiloeiro, porém o vencedor pagará o preço do segundo melhor lance. Uma ilustração disto pode ser feita através de um exemplo simples. Suponha um leilão onde um lote de uma determinada mercadoria

é ofertado e três compradores C_1 , C_2 e C_3 apregoam seus lances de preço iguais a 30, 25 e 32 R\$/lote respectivamente. O vencedor deste leilão é C_3 , pois ofertou 32 R\$/lote, porém ele irá pagar 30 R\$/lote, o segundo melhor lance.

O leilão de segundo preço também é conhecido por leilão de Vickrey. Apesar de pouco usado na prática, este leilão possui características teóricas interessantes. O leilão de Vickrey evita a maldição do vencedor³, entregando o objeto da disputa para quem fez o lance mais alto pelo preço do segundo lance. Ele dificulta a possibilidade de manipulação do leilão por um participante estratégico. Pois agora ele teria que manipular não apenas seu lance, mas também o melhor lance perdedor.

Leilões de segundo preço não encontram aplicação em leilões duplos, assim como os de terceiro preço⁴ ou k -ésimo preço para $k > 2$. Em leilões duplos o preço de fechamento uniforme deve ser de primeiro preço.

3.3.2. Preço discriminatório

O preço de fechamento discriminatório é definido em cada uma das negociações realizadas no leilão. Em cada negócio, o preço de fechamento é determinado pela combinação entre os lances do par vendedor-comprador. Estes lances influenciam na formação do preço discriminatório. A Figura 14 se distingue da Figura 13 pelo fato de os preços de fechamento serem indicados em cada negociação realizada. O preço médio apresentado na Figura 14 mostra a utilidade média da energia para os agentes. Na Figura 14 os preços de fechamento P_1, P_2, \dots, P_6 mostram o valor médio dos lances de preço dos agentes, assim, têm-se preços discriminatórios nos leilões, porém uniformes nas negociações, fazendo com que os excedentes gerados beneficiem igualmente compradores e vendedores. Porém é possível que haja dois preços de fechamento para um par vendedor-comprador.

³ Em um leilão marcado por frenéticas tentativas de cobrir a oferta de um concorrente, alguém irremediavelmente pagará um preço alto demais. Muito provavelmente, este lance não será o mais eficiente, mas sim, o mais otimista. Isto pode ocasionar a falência do vencedor por não conseguir recuperar o investimento.

⁴ No leilão de terceiro preço existem dois ganhadores e ambos pagam o preço do melhor lance perdedor. Este tipo de leilão foi analisado primeiramente por Kagel e Levin (1993), não existem aplicações reais com este tipo de leilão, apenas aplicações teóricas. Wolfsteter (1999) cita algumas propriedades deste leilão: primeiro, os lances são superiores à valoração do bem para os agentes; segundo, os lances ficam mais equilibrados com o aumento de k ; terceiro, os lances ficam mais desequilibrados quando o número de agentes é aumentado; e, por fim, a variância do um preço P_k aumentará com o aumento de k .

Basta, por exemplo, que cada agente pague o seu próprio lance. Neste caso, o preço médio não se alteraria, porém os excedentes gerados não beneficiariam os agentes. Os recursos provenientes deste excedente podem ser usados para cobrir as despesas do leilão, bem como constituir um fundo para desenvolvimento do setor, ou ter qualquer outra finalidade que o leiloeiro definir em edital. Amboni (2002) propõe a utilização de leilão *pay as bid* e o uso deste excedente, ou parte dele, para cobrir os sobrecustos gerados pela operação em tempo real da rede básica onde agentes fora da ordem de mérito no despacho que, devido restrições de transmissão, são despachados e precisam ser adequadamente remunerados.

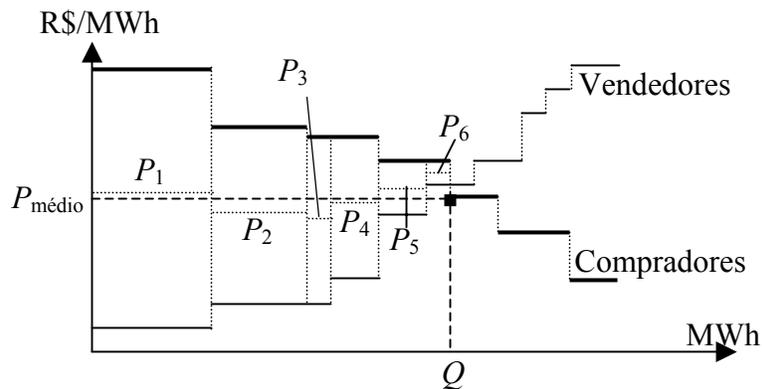


Figura 14: Preço discriminatório.

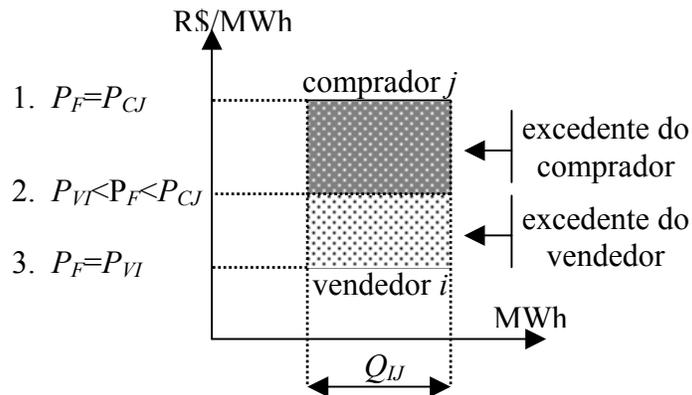


Figura 15: Divisão de excedentes em leilão com preço discriminatório.

Enquanto a Figura 14 mostra todos os pares vendedor comprador que realizaram e que não realizaram negócio, a Figura 15 apresenta apenas um par vendedor-comprador que realizou negócio em um leilão duplo, ou seja, apenas um negócio realizado no leilão. Os lances do

comprador j e do vendedor i são representados pelas componentes de preço P_{CJ} e P_{VI} e pela quantidade Q_{IJ} envolvida na negociação e, conseqüentemente, idêntica para os dois agentes. P_F é o preço de fechamento do leilão, ele pode assumir qualquer valor compreendido no intervalo do lance de preço do vendedor e o lance de preço do comprador. É fácil notar que se o preço de fechamento aumentar o vendedor se beneficiará e o contrário ocorre com o comprador e se o preço de fechamento diminuir, diminui também o benefício do vendedor, porém aumenta o benefício do comprador. A este benefício individual dá-se o nome de excedente. Estes excedentes estão indicados na Figura 15 de forma diferenciada, para cada tipo de agente. A soma dos excedentes individuais chama-se benefício social. O benefício social não se altera com este preço de fechamento, como será mostrado abaixo

O excedente do vendedor é determinado por

$$E_v = (P_F - P_{VI})Q_{IJ} \quad (1)$$

e o excedente do comprador é determinado por

$$E_c = (P_{CJ} - P_F)Q_{IJ}. \quad (2)$$

A soma destes excedentes ($E_v + E_c$) resulta no benefício social que é determinado por

$$B = (P_{CJ} - P_{VI})Q_{IJ}. \quad (3)$$

Em caso de aplicação de preço discriminatório único para cada negociação três possibilidades de preço de fechamento são mostradas na Figura 15 identificadas pelos números 1, 2 e 3 no eixo vertical da Figura. A possibilidade 1 mostra o preço de fechamento igual ao lance de preço do comprador. Neste caso o vendedor seria beneficiado com o leilão, visto que o excedente monetário seria canalizado para ele. A possibilidade 1 produz preços de fechamento ao nível do comprador, ou seja, os maiores preços possíveis. A possibilidade 2 mostra o preço de fechamento entre os dois lances de preço. Neste caso os dois lados iriam se beneficiar à medida que o preço se aproxime do lance de preço da contraparte. No caso do preço ficar no ponto médio entre o preço do comprador e do vendedor, ambos repartirão o benefício de forma igualitária. A possibilidade 3 mostra o preço de fechamento igual ao lance de preço do vendedor, neste caso o comprador seria beneficiado com o leilão, visto que o excedente monetário seria canalizado integralmente para ele. A possibilidade 3 produz preços de fechamento ao nível do vendedor, ou seja, os menores possíveis.

Supondo que as negociações dos referidos leilões fossem realizadas entre geradoras e distribuidoras de energia, a sinalização de preços muito altos ou muito baixos não seria benéfica aos agentes, isto faria com que, em cada caso, uma parte da negociação seja privilegiada; Com preços altos, os geradores se beneficiam em detrimento das concessionárias e, com preços baixos as concessionárias se beneficiam em detrimento das geradoras. Para o consumidor final de energia, que deve ser o objetivo principal de qualquer mercado de energia regulado ou não, é razoável imaginar que ambas as partes devem se remunerar de forma justa. Desta maneira, o preço de fechamento determinado pela média dos lances é a maneira mais justa de se repartir os excedentes do leilão.

3.3.3. Preço uniforme ou discriminatório?

Como foi visto, o preço de fechamento do leilão pode ser uniforme ou discriminatório. Sendo uniforme, ele pode variar no intervalo entre os lances de preço do último vendedor e do último comprador que realizou negócio no leilão. Considerando um leilão duplo com preço de fechamento uniforme, o último comprador é obtido através da disposição em ordem decrescente de preço de todos os compradores; o último que fizer negócio será considerado para a definição do preço de fechamento do leilão. Da mesma forma para o vendedor, porém a ordenação se dará em ordem crescente de preço. A Figura 13 exemplifica um preço de fechamento uniforme. O preço de fechamento discriminatório leva em conta os lances de preço do par vendedor-comprador que realizou negócio. O preço discriminatório pode ser determinado de duas formas:

- i. *preço único* para cada negócio, compreendido no intervalo entre os lances de preço do par vendedor-comprador envolvido na negociação, por exemplo, a média dos lances do vendedor ou do comprador; ou
- ii. *preço diferenciado* para as duas partes, o preço que o vendedor recebe é diferente do preço que o comprador paga para um determinado par vendedor-comprador que realizar negócio, por exemplo, cada um pode pagar ou receber os seus próprios lances de preço; Este tipo específico de preço discriminatório no qual cada um recebe/paga o seu próprio lance é conhecido como *pay as bid*.

No primeiro caso o excedente de cada negociação é repartido entre os envolvidos no negócio. Se o preço de fechamento assumir o valor de uma das partes, a outra parte é beneficiada com todo o excedente. No segundo caso o excedente fica com o leiloeiro, visto que cada parte na

negociação paga o seu próprio lance de preço. Para se referir a este tipo de preço discriminatório, diz-se apenas que o preço de fechamento é do tipo *pay as bid*, desta forma evita-se confusão com o preço discriminatório de preço único por negociação. Para comparar os resultados obtidos quando se faz a aplicação dos dois modelos apresentados nesta dissertação foi usado o preço discriminatório único para cada negócio, e o excedente é todo do comprador, ou seja, o preço de fechamento para cada negócio será o preço ofertado pelo vendedor. Desta maneira as metodologias utilizadas nas comparações ficam as mais próximas possíveis.

O preço de fechamento uniforme, aplicado ao mercado de moedas, tem um papel importante, visto que a informação de valor é essencial na formação de expectativas de preço, esta informação é básica para o funcionamento equilibrado de mercados futuros. Quando se aplica o preço de fechamento uniforme nos leilões para energia no curto prazo, entende-se que o objetivo é o mesmo, obter a informação do preço spot da energia elétrica para cada submercado. No mercado de energia no longo prazo a aplicação de preço de fechamento uniforme pode ter um papel a mais, o de premiar as empresas eficientes, e também aquelas com ativos amortizados e, conseqüentemente, com menor custo fixo. Espera-se com isto que a remuneração das empresas do setor aumente, possibilitando que as empresas que detêm o lucro gerado por esta metodologia de precificação tenham condições de investir na eficiência e na ampliação do parque de geração. Os leilões de certificados utilizaram preço de fechamento uniforme. A uso deste tipo de fechamento de preço em um mercado que, por natureza, é temporário e retrata uma situação excepcional de racionamento pode não se justificar da mesma forma que no mercado de energia de longo e curto prazo, pois no racionamento os consumidores buscaram transferir entre si as cotas de consumo sob a iminência de déficit de energia, recebimento de multas, bem como sujeição a cortes de energia por não conseguirem cumprir a meta de consumo imposta. Era uma situação na qual não se justifica a aplicação um sistema de preço de fechamento com a finalidade de fornecer sinal de preço para o mercado ou mesmo premiar os compradores que estivessem dispostos a pagar altos valores pelo certificado, bem como premiar os vendedores de cotas que estivessem dispostos a receber baixos valores pelo certificado.

Wolfram (1999) estudou a experiência da reestruturação do mercado de energia na Inglaterra e afirma que ambas as formas de determinação do preço de fechamento geram incentivos para aumento do lance de preço dos geradores. Baseado no estudo dos lances de dois

grandes geradores, a autora descreve dois efeitos em leilões com preço uniforme e discriminatório. O primeiro efeito é a *capacidade inframarginal* verificado em leilões com preço de fechamento uniforme. As unidades inframarginais são aquelas que ofertam lances baixos, porém são remuneradas a partir do lance da unidade mais cara despachada, o gerador marginal. Agentes que possuem várias unidades de geração possuem maior probabilidade de possuir unidades inframarginais. Estes agentes procuram elevar o preço de unidades com probabilidade de serem geradores marginais. Se obtiverem sucesso, o incremento do lance premia todas as outras unidades; caso contrário, a unidade não é despachada e o benefício é perdido. Este efeito é evitado quando são usados leilões com preço de fechamento discriminatório, pois cada unidade receberia de acordo com o lance apregoado. O segundo efeito é a *maldição do ganhador* verificado em leilões com preço de fechamento discriminatório. Este efeito ocorre quando os geradores fazem ofertas de preço muito abaixo da oferta mais cara vencedora. Atraídos pela possibilidade de aumentar seus rendimentos, estes agentes procuram evitar a maldição do ganhador elevando o preço de suas unidades de geração próximos ao preço marginal. Este efeito é evitado quando são usados leilões com preço de fechamento uniforme, pois todos os geradores recebem o lance do gerador marginal, o mais caro.

Muitos economistas acreditam (Kahn, A. E.; Cramton, P. C.; Porter, R. H.; Tabors, R. D., 2001, p. ex.) que o mecanismo de preço discriminatório torna o leilão menos eficiente porque Vickrey (1961) mostrou que os compradores apregoariam lances honestos se eles fossem remunerados pelo mais alto lance rejeitado em um leilão de oferta. Porém, o próprio Vickrey reconheceu que os seus resultados não são generalizados para situações onde um indivíduo quer comprar mais de um item no leilão (Mount, 1999).

Mount (1999) demonstra que o uso de preço de fechamento discriminatório em leilões, onde geradores recebem pelos seus próprios lances, pode ser a melhor forma de se projetar um leilão no mercado de energia elétrica, pois a curva de demanda é praticamente inelástica enquanto a curva de oferta possui uma elasticidade preço grande. Conseqüentemente, a incerteza com relação à carga é amortecida ao usar o leilão como preço de fechamento discriminatório.

Através de simulações do mercado de energia, Hudson (2000) demonstra que um leilão de preço uniforme gera lucros exageradamente altos sob condições de poder de mercado, enquanto a aplicação de preço discriminatório melhora em muito este aspecto. Além disto, o autor acredita

que o fato do licitante indicar explicitamente a sua taxa de remuneração desejada, fornece uma visibilidade maior das tentativas de empregar o poder estratégico e fixar o preço de mercado que por sua vez desencoraja o exercício de poder de mercado; Em adição, leilões com remuneração através de preço discriminatório podem reduzir os casos de retenção de capacidade estratégica que, por sua vez, aumenta a confiabilidade do sistema.

Porém há linhas de pensamento contrárias à aplicação de preço discriminatório com preço diferenciado (*pay-as-bid*), Kahn et. all. (2001), por exemplo, são radicalmente contra a aplicação de deste tipo de remuneração. Segundo eles, isto traria mais prejuízos ao consumidor do que benefícios. Os autores fizeram um estudo para o *California Power Exchange* relativo à mudança de remuneração dos agentes de preço uniforme para *pay-as-bid*. Segundo os autores, esta mudança causaria uma redução da eficiência dos agentes e também faria com que os agentes recebessem o excedente que receberiam no leilão com preço de fechamento uniforme, pois os agentes se sentiriam livres para incorporar um *markup* aos seus lances; E os agentes que apregoassem lances com pequenos *markups* seriam convidados a ofertar lances com *markups* maiores quando notarem que um concorrente foi despachado com preços melhores que o seu.

Kahn et. all. (2001) defendem que quanto maior o número de agentes do lado do vendedor, maior seria a ineficiência do mercado. Além disto, a mudança do método de remuneração aumentaria as incertezas aos agentes e imporia altos custos no processo de estimativa de preços e que estes custos seriam transferidos aos consumidores. Finalmente, e o pior de tudo, segundo os autores, a adoção da remuneração pelo método *pay-as-bid* iria desencorajar a competição, visto que, um dos problemas previstos por eles, é a possibilidade de os agentes com menor poder econômico ficarem em desvantagem. Os grandes agentes se beneficiam da economia de escala nos custos da previsão de mercado (estimativa dos preços da energia nos diferentes horários), enquanto os pequenos teriam de despender o mesmo esforço, de forma que teriam maiores despesas ao fazer análises horárias ou diárias e isto desencorajaria a atuação dos agentes com menor poder econômico. Segundo eles a opção seria adotar um preço médio para remunerar os menores agentes. Este preço seria calculado a partir dos lances dos maiores agentes.

Amboni e Silva (2001) defendem o uso do leilão com fechamento de preço *pay as bid*. Eles utilizam como argumento os sobrecustos gerados na operação em tempo real do sistema elétrico brasileiro devido algumas restrições de transmissão e o fato de não haver excedentes financeiros

dentro do submercado. Os autores exemplificam isto no caso de um grande gerador poder aumentar os preços da energia da seguinte maneira: ao possuir duas instalações com diferentes custos e capacidades e uma delas possuir um custo maior que o do mercado (por exemplo, uma hidrelétrica e uma termelétrica com custo alto), o gerador poderá fazer seus lances de forma que a unidade mais cara determine o preço de fechamento do leilão, fazendo com que sua unidade mais barata aumente seus rendimentos. Este tipo de comportamento, segundo o autor, possui dois fatores mitigatórios: (i) este tipo de comportamento atrairia a atenção dos observadores mais informados e provavelmente atrairia outros geradores para este mercado e, em caso de persistência deste tipo de comportamento uma ação *antitrust* deveria ser tomada; (ii) muitos novos produtores poderiam ser atraídos pelos altos preços e após a entrada destes os preços baixarem.

Preço de fechamento nos leilões de certificados

Um leilão deve possuir uma forma constante para a definição do preço de fechamento, seja ele uniforme ou discriminatório. Esta seção apresenta somente o caso de leilão com preço de fechamento uniforme. A forma de definição do preço de fechamento deve estar bem explícita e até mesmo constituir-se em uma regra do leilão. Algumas regras podem ser utilizadas para a determinação do preço de fechamento uniforme. A seguir são apresentadas algumas delas. Primeiramente consideremos as condições de um agente em um leilão. Existem somente três *status* que um participante de um leilão pode possuir; Um participante pode ser considerado (i) *ativo*, (ii) *parcialmente ativo*, ou (iii) *inativo*; podendo assumir somente um status a cada rodada do leilão. Um agente será considerado ativo se o seu lance de quantidade for integralmente aceito em uma determinada rodada do leilão; Portanto, este participante estaria com o seu lance integralmente comprado/vendido se o leilão acabasse nesta determinada rodada. Um participante será considerado parcialmente ativo quando, em uma determinada rodada, apenas parte do seu lance de quantidade for aceito, ou seja, não há contraparte para todo o lance de um participante parcialmente ativo. Finalmente, um participante será considerado inativo se nenhuma parcela do seu lance de quantidade for aceito; Se o leilão acabar na rodada em que o participante está inativo, este não comercializa parcela alguma do seu lance.

Os leilões de certificados eram compostos de apenas uma rodada, que durava toda a manhã, na qual os participantes divulgavam seu lance ao MAE. Cada participante informava ao MAE a

sua posição (comprador ou vendedor), e a quantidade de energia e o preço por unidade de MWh que estava disposto a fechar negócio. À tarde o MAE informava, em sua página na internet, todos os lances recebidos, a quantidade negociada e o preço de fechamento para o leilão – preço de fechamento uniforme.

A Figura 16 apresenta os exemplos de participantes ativos e inativos bem como a existência ou não de participante parcialmente ativo.

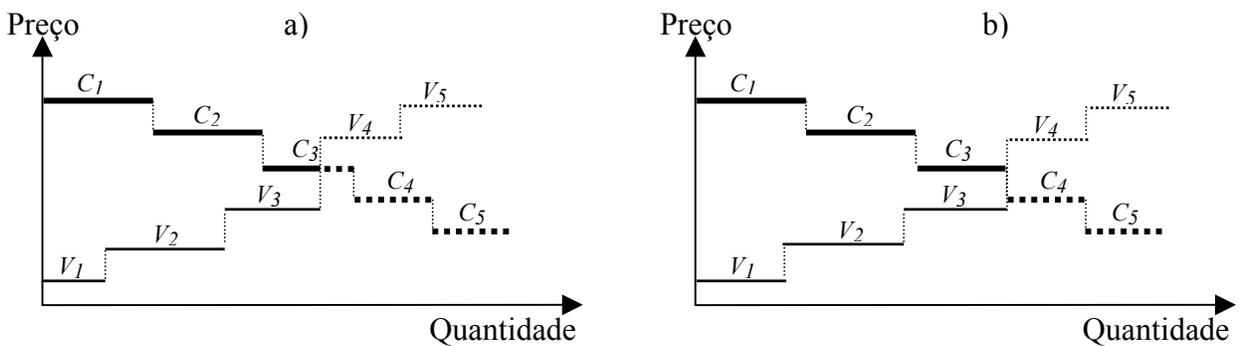


Figura 16: Status dos participantes de um leilão.

Na Figura 16a são participantes ativos os compradores C_1 e C_2 , bem como os vendedores V_1 , V_2 e V_3 . São participantes inativos os compradores C_4 e C_5 , bem como os vendedores V_4 e V_5 . O comprador C_3 é o participante parcialmente ativo. Na Figura 16b só existem participantes ativos e inativos. A situação exposta na Figura 16b, em que não há participante parcialmente ativo, é aquela em que há maiores chances dos participantes questionarem o preço de fechamento caso esta possibilidade não esteja explicitamente definida na regra do leilão. Porém mesmo quando existem participantes parcialmente ativos ainda há margem para questionamentos. Conforme os exemplos mostrados na Figura 17.

Em leilões com preço de fechamento uniforme, algumas regras robustas podem ser aplicadas para a determinação do preço de fechamento. Por exemplo, pode-se considerar que o preço de fechamento para um leilão será uma das seis opções a seguir:

1. o lance de preço do participante parcialmente ativo e, na inexistência de um participante parcialmente ativo, o preço de fechamento será o maior lance de preço dos vendedores ativos.

2. o lance de preço do participante parcialmente ativo e, na inexistência de participante parcialmente ativo, o preço de fechamento será o menor lance de preço dos compradores ativos.
3. o lance de preço do participante parcialmente ativo e, na inexistência de participante parcialmente ativo, o preço de fechamento será média aritmética entre o menor lance de preço dos compradores ativos e do maior lance de preço dos vendedores ativos.
4. o maior lance de preço dos vendedores não inativos.
5. o menor lance de preço dos compradores não inativos.
6. a média aritmética entre o menor lance de preço dos compradores ativos e do maior lance de preço dos vendedores ativos.

Existem outras particularidades que podem ser consideradas na definição do preço de fechamento. O preço de fechamento pode ser uma forma de indicar aos participantes se os mesmos tiveram sucesso ou não no leilão. Por exemplo, se um determinado participante desejava vender o megawatt-hora de energia elétrica ao preço de R\$ 100,00, e o preço de fechamento do leilão foi de R\$ 40,00/MWh, este participante sabe que não fez negócio, ou seja, não obteve sucesso no leilão. O mesmo raciocínio é válido para o exemplo de um comprador que desejaria comprar o megawatt-hora por R\$ 40,00 e o preço de fechamento do leilão foi de R\$ 100,00/MWh. Porém uma regra que faça com que o preço de fechamento indique a realização ou não de negócio é uma regra de implementação complicada, pois ela deve contemplar as oito possíveis situações indicadas na Figura 17. Consideremos na Figura 17 apenas os participantes compradores C_3 e C_4 e os vendedores V_3 e V_4 do leilão fictício apresentado na Figura 16.

Nos exemplos das Figuras 17a, 17b, 17c e 17d há participante parcialmente ativo. Nas Figuras 17a e 17b o participante parcialmente ativo é o comprador C_3 e nas Figuras 17c e 17d o participante parcialmente ativo é o vendedor V_3 . Se a regra do leilão for de tal forma que o preço de fechamento tenha de servir para indicar a cada participantes se ele realizou negócio ou não, esta regra deve cobrir todas as possibilidades indicadas na Figura 17.

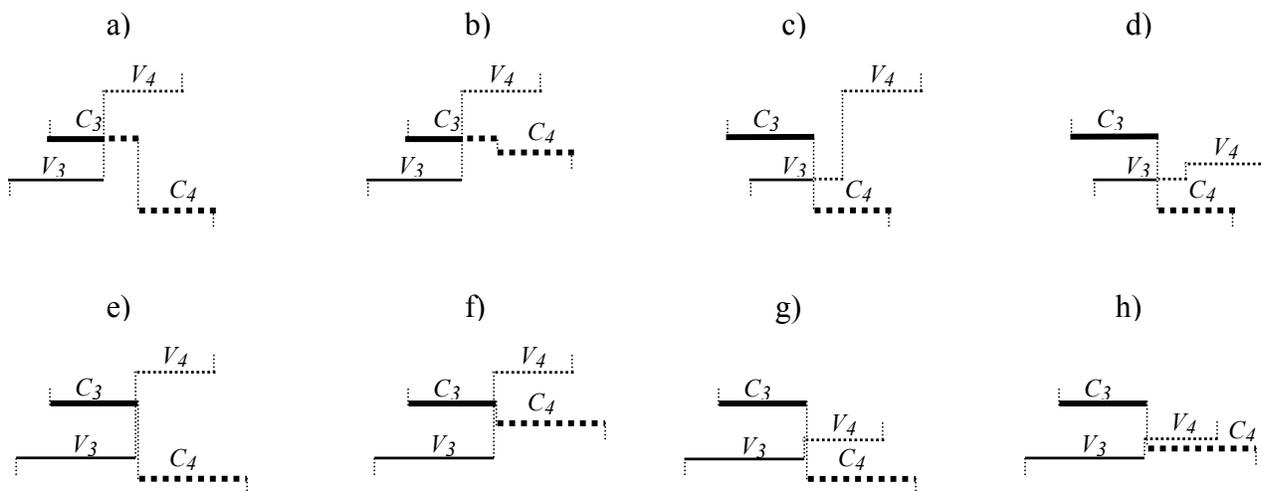


Figura 17: Possíveis situações para determinação do preço de fechamento.

Considere as seis regras de preço de fechamento propostas acima, todas elas são robustas, pois elas fornecem uma única solução para quaisquer das oito possíveis situações indicadas na Figura 17. Não haveria, portanto, como contestar o procedimento adotado. Porém se a intenção for fazer com que o preço indique aos participantes a realização de negócio ou não, podemos analisar se as seis regras propostas obteriam êxito.

A primeira e a quarta regras não obteriam êxito apenas nas situações ilustradas nas Figuras 17f e 17h, pois o comprador C_4 possui preço maior que o vendedor V_3 e, portanto, estaria apto a comprar energia ao preço de fechamento. A quarta regra também não obteria êxito na situação da Figura 17b, além disto, esta regra apresentaria o problema de sempre penalizar o vendedor não inativo com o maior lance de preço, visto que este nunca ficaria com excedente algum.

A segunda e a quinta regras não obteriam êxito apenas nas situações ilustradas nas Figuras 17g e 17h, pois o vendedor V_4 possui preço menor que o comprador C_3 e, portanto, estaria disposto a vender energia ao preço de fechamento. A quinta regra também não obteria êxito na situação da Figura 17d, além disto, esta regra apresentaria o problema de sempre penalizar o comprador não inativo com o menor lance de preço, visto que este nunca ficaria com excedente algum.

A terceira e a sexta regras poderiam não obter êxito nas situações ilustradas nas Figuras 17f, 17g e 17h. A sexta regra também poderia não obter êxito nas situações da Figura 17b e 17d.

O sucesso das regras dependeria do preço apregoado pelo comprador C_4 e pelo vendedor V_4 . Porém estas regras têm a vantagem de sempre beneficiar igualmente o comprador não inativo que apregoar o menor preço e o vendedor não inativo que apregoar o maior lance de preço.

A regra de determinação de preço de fechamento a ser praticada nos leilões de certificados foi estabelecida por ASMAE (2001) da seguinte forma:

“Art. 17. O sistema de negociação do MERCADO DE ENERGIA irá apurar diariamente um único preço de equilíbrio capaz de atender, de forma simultânea, a maior parte das ofertas de compra e de venda dos EXCEDENTES DE REDUÇÃO DE META colocadas pelos PARTICIPANTES.

Parágrafo Único. Caso a maior quantidade de energia estipulada para a venda no LEILÃO comporte 2 (dois) ou mais preços, será considerado o menor preço como aquele de equilíbrio.”.

SPE (2002) limita-se a afirmar que o preço seria único e que este preço maximizaria os negócios. Pelas regras acima transcritas, o preço de fechamento seria definido pelo menor lance dos vendedores não inativos; Porém ao averiguar cada um dos 77 leilões de certificados nos quais os lances de preço dos participantes viabilizaram negócio, conclui-se que a regra utilizada não foi seguida em todos os leilões. Ademais nota-se que o MAE utilizou uma regra em que o preço de fechamento mostrasse a todos os participantes se eles realizaram negócio ou não, ou seja, o preço é tal que seja maior que os lances dos compradores inativos e menor que o lance dos vendedores inativos. Os leilões que fogem à regra e que motivaram esta conclusão são os leilões dos dias 18, 19, 21 e 25/09/01, os leilões dos dias 09, 14, 21, 23, 27 e 30/11/01, os leilões do dia 05/12/01 e os dos dias 11 e 15/01/01 (vide Apêndice). Na eventualidade da existência de uma regra assim, ela não obteria êxito na situação ilustrada na Figura 17h. O uso do preço do comprador ou do vendedor para a determinar o preço de fechamento nesta situação não é suficiente para informar aos demais a realização de negócio ou não. Além disto, esta regra beneficia, na maioria das vezes, os compradores, pois sinaliza um preço de fechamento menor que quando se utiliza o critério de definição do preço de fechamento a partir do lance de preço do participante marginal, o parcialmente ativo.

De qualquer forma, isto mostra uma despreocupação com a regra na determinação do preço de fechamento podendo dar margem a reclamações por parte dos vendedores, pois todos eles obtêm menos excedentes do que obteriam caso a regra não especificasse nenhuma tendência em benefício dos compradores. A adoção de regras claras para a determinação do preço de fechamento é fundamental para o bom andamento de todo tipo de leilão, especialmente nos leilões repetitivos, onde é possível comparar as ações tomadas pelo leiloeiro e pôr em xeque suas

atitudes em caso de incoerências. Somente a adoção de preço discriminatório e da metodologia proposta nesta dissertação alcançar-se-ia a real maximização da quantidade de bens negociados em leilões como os ocorreram durante o racionamento. Ao adotar o preço de fechamento discriminatório com preço único por negociação permite-se que os excedentes gerados sejam revertidos para os participantes na proporção especificada em regra. Se a regra especificar que o excedente deva repartido igualmente, o preço de fechamento deve ser a média dos lances de preço do par vendedor-comprador que realizou negócio. Caso o preço seja do tipo *pay as bid* os excedentes gerados podem ser utilizados, inclusive, como subsídio para que os participantes inativos possam negociar energia elétrica em condições como a do racionamento.

3.4. Atores do leilão

Um leilão é influenciado pelas ações dos participantes e do leiloeiro. O participante influencia com sua própria valoração do bem e sua estratégia de lances, o que são fatores determinantes da ordem de grandeza do preço de fechamento. O leiloeiro influencia quando escolhe o modelo de leilão e determina que informações serão prestadas ao participante, fatores importantes na determinação das estratégias dos participantes.

Leiloeiro: é aquele que compra em um leilão de demanda, ou vende em um leilão de oferta, ou aquele que compra e vende ou apenas administra o leilão no caso de leilões duplos. Cabe ao leiloeiro a escolha do formato do leilão e a definição de regras de funcionamento do leilão, aceitação de lances e determinação do vencedor.

Assume-se que um leiloeiro não lucra com o resultado do leilão. Ele possui a função de administrador do leilão e, na maioria das vezes, procura fazer com que o participante revele seu valor de oportunidade para o bem. Assim ele pode auferir o máximo de benefício no leilão. Em um leilão duplo, o leiloeiro será o responsável por determinar os pares vendedor-comprador que irão realizar negócio segundo o objetivo do leilão.

Participantes: irão disputar entre si a oportunidade de fazer negócio com o leiloeiro. Este negócio já possui regras pré-estabelecidas que foram aceitas pelos participantes quando do ingresso no leilão. Cabe ao participante aceitar, de forma irrestrita, todas as regras do leilão e efetuar os lances de acordo com sua estratégia.

Espera-se que os participantes desejem ganhar o leilão. A partir do momento em que entram no leilão eles declaram automaticamente estarem de acordo com todas as regras pré-

estabelecidas e procuram arrematar o bem desde o preço não supere o valor de oportunidade que o participante possui para o bem. Os participantes procuram fazer os seus lances de modo a vencerem o leilão com a mínima diferença possível com relação a seu concorrente imediato. Quanto maior o número de participantes em um leilão, mais provável se torna a realização de negócios tanto em leilões de um único bem, quanto em leilões de multi-itens, seja em leilões simples ou duplos

Observadores: Em licitações públicas, inclusive por meio de leilão, o público deve ter acesso aos procedimentos que envolvam todas as etapas do leilão. O parágrafo 3 da Lei 8666 de junho de 1993 determina que a licitação não será sigilosa, sendo públicos e acessíveis ao público os atos de seu procedimento, salvo quanto ao conteúdo das propostas, até a respectiva abertura.

Desta maneira imprime-se transparência e publicidade às atividades, atendendo assim princípios constitucionais que devem reger as licitações públicas.

Os dados nos quais esta dissertação se baseia são oriundos destas publicações feitas pelo MAE. Os dados de cada leilão eram divulgados no portal do MAE na internet até o início do leilão seguinte. O MAE divulgava seis tipos de dados a cada leilão:

- i. dia e a hora de abertura e fechamento dos leilões;
- ii. lances dos compradores e vendedores – preço e quantidade;
- iii. quantidade total negociada no leilão;
- iv. preço de fechamento – uniforme;
- v. volume negociado – produto do preço pela quantidade;
- vi. quantidade de ofertas por lance.

Destes dados, apenas a hora de abertura e fechamento do leilão, bem como o número de ofertas por lance foram suprimidos do Apêndice desta dissertação.

O número de ofertas por lance indica o número de agentes de um mesmo lado do leilão – comprador ou vendedor – que possuem o mesmo valor do lance de preço. Suas quantidades devem ser agrupadas para formarem apenas um lance e, após o leilão, a quantidade negociada por este “múltiplo agente”, representado por um único binômio preço e quantidade, deve ser repartida na proporção do lance de quantidade de cada um dos agentes que ajudaram a formar o lance.

4. Comparação dos modelos de leilão

No capítulo anterior procurou-se diferenciar os leilões a partir de sua *natureza*, (de oferta, de demanda ou duplo); do *tipo de lance*, (aberto ou fechado, ascendente ou descendente), e a *forma de determinação do preço de fechamento*, (uniforme, de primeiro ou de segundo preço, ou discriminatório); Enfim, não se procurou caracterizar um leilão pelo seu objetivo principal, o financeiro. Parte-se da premissa de que em todo leilão o objetivo é financeiro, o de obter o máximo de excedentes possível. Com exceção dos leilões de linhas de transmissão, os leilões costumeiramente utilizados no setor elétrico procuram obter o maior ágio possível. Porém mesmo no leilão de linhas de transmissão o objetivo continua sendo financeiro.

Este capítulo apresenta um novo modelo de leilão que tem o objetivo financeiro como um objetivo secundário. O objetivo principal deste modelo é a realização de negócios de acordo com os lances dos agentes. Em uma ligeira análise estes objetivos podem parecer similares, porém será visto que em leilões duplos a máxima realização de negócios nem sempre implica em máximos excedentes. Considerou-se nesta análise os lances são os mesmos para as duas formas de determinação do preço de fechamento.

4.1. Parâmetros de avaliação

Um leilão pode ser avaliado sob vários aspectos. Estes aspectos servem para medir o sucesso de um leilão, a satisfação gerada à pessoa que o leiloeiro representa, mesmo quando este representa as duas partes no leilão. Os parâmetros mais comumente avaliados em um leilão são:

Quantidade negociada: Diz-se que um leilão teve sucesso quando ele atingiu o objetivo de negociar o objeto a que se dispôs negociar. Pode-se considerar que a quantidade de energia

negociada como principal medida de sucesso de leilões como o de certificados ou o leilão de energia realizado pelo MAE. Em leilões duplos, a quantidade negociada é determinada pelo ponto de interseção das curvas dos vendedores e compradores, assim como mostram as Figuras 13 e 14. Para cada simulação de leilão realizada são calculadas as quantidades de energia negociada para os dois modelos de leilão: o de máximo excedente e o de máxima quantidade. Há leilões onde os dois modelos produzem resultados iguais, porém em grande parte das simulações o modelo da máxima quantidade produz resultados diferentes. Nas simulações com os dados realizados no leilão de certificados, houve 10 leilões onde o modelo para a máxima quantidade produziu resultado diferente do modelo para o máximo benefício, ou seja, dos 77 leilões que houve negócios, em 10 deles mais energia seria comercializada se os lances permanecessem inalterados.

Excedentes produzidos: Em leilões duplos os excedentes produzidos não são explicitamente divulgados, uma vez que esta informação interessa somente ao agente que participou do leilão. Um participante que efetua negócio deseja fazer isto obtendo o máximo excedente possível, portanto trata-se de uma medida de sucesso individual de cada participante. Neste trabalho optou-se por considerar como parâmetro a soma dos excedentes em todas as negociações de cada leilão, desta forma mensura-se o benefício de todos os participantes. Os excedentes são produzidos a partir da diferença entre os lances de preço dos agentes em cada negociação, conforme mostram as Equações 1, 2 e 3.

Como a soma dos excedentes produzidos para um par vendedor-comprador não depende do preço de fechamento, conforme mostra a Equação 3, as formas de determinação dos preços de fechamento apresentadas neste trabalho, a saber: preço de fechamento determinado exclusivamente pelos lances dos vendedores, determinado somente pelos lances dos compradores ou determinado pelas médias aritméticas dos lances de preço dos vendedores e dos compradores, não influenciam no seu valor.

Volume negociado: Em leilão de um único bem, o preço de fechamento é exatamente igual ao volume negociado. É uma medida de sucesso importante em um leilão, principalmente em bolsas, onde os emolumentos são cobrados a partir do volume negociado. O volume de negócios em um leilão é geralmente utilizado para medir a grandiosidade ou a importância de um leilão. De fato, um leilão que movimentava milhões ou bilhões de reais é tido como mais importante ou

maior que um leilão que movimenta centenas ou milhares de reais. Eventuais impostos cobrados nas transações são geralmente calculados a partir do valor do volume negociado. Conforme é mostrado na Equação 5, o volume de negócio depende da diferença entre o preço de fechamento da negociação e o lance de preço dos agentes, portanto o volume varia quando a forma de determinação do preço de fechamento é alterada.

Preço de fechamento: Neste trabalho foram utilizadas as três formas de determinação do preço de fechamento mostradas na Figura 15: o preço de fechamento determinado apenas pelos compradores, determinado apenas pelos vendedores ou determinados pela média dos lances de preço dos compradores e vendedores. A última forma de determinação do preço de fechamento remunera igualmente ambas as partes envolvidas na negociação. O preço de fechamento é uma medida de sucesso principalmente em leilões de um único item, como um empreendimento de geração ou uma empresa que foi a leilão, por exemplo. Em leilões de energia este dado é também utilizado para mostrar a utilidade real da energia. Nos leilões de certificados, realizados pelo MAE, os preços de fechamento mostraram a utilidade da energia para o vendedor marginal⁵, aquele que deseja vender pelo menor preço. Nas simulações realizadas neste trabalho, inclusive nas simulações com os dados realizados do leilão de certificados, os preços indicados refletem uma média das utilidades para todos os agentes.

4.2. Método de simulação

As simulações realizadas nesta dissertação foram feitas a partir da planilha eletrônica *Excel*, da família *Microsoft Office*. Foi utilizado o suplemento *Solver* para solucionar o modelo de programação linear que maximiza os excedentes dos agentes e o modelo, também de programação linear, que maximiza a quantidade de energia negociada.

Primeiramente as simulações foram realizadas com os dados ocorridos nos 155 dias de leilão de certificados de energia. Em todos os leilões realizados durante o período de racionamento de energia nenhum contou com mais de 5 lances de quantidade e preço dos vendedores e 5 lances de quantidade e preço dos compradores. A média dos compradores que participaram do leilão foi de 2,60 agentes, excluindo-se os dias em que não tiveram lances de

⁵ Exceto para os poucos casos onde o preço de fechamento foi determinado pelo lances dos compradores.

compradores. A média dos vendedores que participaram do leilão foi de 3,03 agentes, excluindo-se os dias em que não tiveram lances de vendedores.

Posteriormente foram fixados os números de participantes do leilão, por exemplo, leilão com três compradores e três vendedores (3x3) e foram feitos sorteios dos dados de entrada: componentes de quantidade e preço dos lances de cada agente. Com exceção das simulações feitas com os lances que foram realizados nos leilões de certificados, todas as outras simulações foram fruto de sorteio. Os sorteios utilizaram os mesmos dados realizados nos leilões e as distribuições de frequência dos lances mostraram-se similares, conforme mostram as Figuras 20 a 25. Para que ocorra cada simulação são realizados quatro ações citadas abaixo:

- i. sorteio dos dados de entrada – Macros foram utilizadas para assegurar a constância do processo de sorteio e armazenamento dos dados de entrada para assegurar a reprodutibilidade das simulações e para aumentar a velocidade da simulação;
- ii. otimização – Realizado em pastas separadas, foram realizadas três otimizações a cada simulação: a primeira para resolver o modelo do máximo excedente, a segunda para resolver a primeira etapa do modelo para a máxima quantidade, responsável por maximizar a quantidade negociada, e a terceira para resolver a segunda etapa do modelo para a máxima quantidade, responsável por determinar os pares vendedor-comprador;
- iii. armazenagem dos dados de saída – Outras pastas utilizavam os dados de saída para produção dos gráficos que constam nesta dissertação. Nesta etapa também foram utilizadas Macros para a gravação dos dados de forma rápida e fiel.

Os dados de saída possuem uma componente de natureza discreta, que depende exclusivamente do sorteio corrente, assim como uma componente de natureza cumulativa, dependendo assim dos sorteios realizados nas simulações anteriores. As curvas mostradas nesta dissertação apresentam as componentes de natureza cumulativa, visto que pretende-se mostrar comportamento dos parâmetros no decorrer das simulações. Cada simulação representa um dia de leilão e os parâmetros representam o percentual de diferença que o modelo de leilão proposto nesta dissertação produz com relação ao leilão para o máximo excedente, aquele normalmente utilizado e que tem como objetivo maximizar os excedentes de um leilão.

O mesmo procedimento foi realizado para leilões do tipo 4x4 (4 compradores e 4 vendedores), 5x5, 6x6 e 7x7. Para cada um destes números de agentes foram realizadas 600 simulações, esperando assim que o resultado apresentado nos gráficos represente o patamar que a variação dos parâmetros estaria no decorrer de 600 dias de leilão com aquele determinado número de agentes. A seguir é mostrado um exemplo de simulação para um exemplo fictício de leilão 4x4. Esta dissertação realizou apenas simulações com $n \times n$ participantes compradores e vendedores para que os resultados possam ser dispostos seqüencialmente em forma de gráficos, uma vez que não se pode afirmar que um determinado parâmetro a ser analisado em uma simulação com 4 compradores e 3 vendedores (4x3) possa ser disposto equidistante aos parâmetros obtidos em uma simulação 3x3 e outra 4x4, ou ainda para evitar confusão dos resultados obtidos entre uma simulação 4x3 e uma simulação 3x4.

4.3. Exemplo de simulação pelo método guloso

Suponha um leilão duplo onde bens iguais são comercializados entre os agentes de acordo com seus próprios lances. Cada agente conhece apenas o seu próprio lance, pelo qual deseja comprar ou vender uma certa quantidade de bens a um determinado preço que lhe é oportuno. Os bens são dados em unidades de bem e o preço em unidades monetárias por unidade de bem. O leiloeiro é responsável por determinar os pares vendedor-comprador que realizarão negócio. Neste leilão existem 4 agentes de cada lado, ou seja, 4 compradores e 4 vendedores. Os lances que estes agentes apregoaram ao leiloeiro estão dispostos na Tabela 1. Neste exemplo será possível ver como um leilão é fechado e como são determinados os diferentes preços de fechamento, as quantidades negociadas, o benefício do leilão e o volume de negócio do leilão. No decorrer deste capítulo será apresentado o fechamento do leilão pelo método proposto, o da maximização da quantidade negociada e uma comparação com o leilão comumente utilizado, o da maximização dos excedentes dos agentes.

Tabela 1: Lances de quantidade e preço em um leilão duplo (4x4).

	Comprador			Vendedor	
	Quantidade	Preço		Preço	Quantidade
1º	150	20,00	1º	5,00	100
2º	100	10,00	2º	7,00	100
3º	100	9,00	3º	9,00	150
4º	200	8,00	4º	10,00	200

Nesta tabela os lances estão dispostos em ordem decrescente de preço para o comprador e em ordem crescente de preço para o vendedor. Desta forma indica-se que o primeiro vendedor, o que oferece o menor preço, tem preferência na realização de negócio. Da mesma forma, o comprador que está disposto a pagar mais caro por unidade de bem terá preferência na compra dos bens, ele é considerado o primeiro comprador. Este leilão pode ser resolvido da forma mais simples, olhando apenas para o preço e agrupando o vendedor com preço menor com o comprador com preço maior, ou seja, aplicando o método guloso⁶ para determinação da solução. Desta maneira tem-se o seguinte quadro de resultados:

Tabela 2: Quantidades negociadas no leilão pelo método guloso.

		Comprador				soma
		1°	2°	3°	4°	
Vendedor	1°	100	-	-	-	100
	2°	50	50	-	-	100
	3°	-	50	100	-	150
	4°	-	-	-	-	-
soma		150	100	100	-	350

Este quadro mostra que o par comprador-vendedor formado pelo comprador 1 e vendedor 1 realizou negócio em 100 unidades de bem, o máximo valor possível, visto que o lance de quantidade do vendedor foi de apenas 100 unidades de bem. Como restaram ao comprador 50 unidades de bem, este fez negócio com o segundo melhor vendedor, o vendedor 2. Desta maneira, o comprador 1 atendeu todo o seu lance, porém o vendedor 2 pode realizar negócio em mais 50 unidades de bem, e ele realizará com o segundo melhor comprador, e assim por diante até que se consiga auferir o máximo de excedentes no leilão. É claro, para que haja negócio é preciso que o lance de preço do comprador seja maior ou igual ao lance de preço, assim o excedente terá módulo positivo.

Utilizando o método guloso para resolução deste problema consegue-se combinar os agentes de modo a fazer com que sejam negociados no leilão 350 unidades de bem, como mostrado na Tabela 2.

⁶ A determinação de uma solução por método iterativo utiliza o método guloso quando, a cada iteração, buscar atingir a melhor solução local. Esta solução nem sempre coincide com a melhor solução para o problema. Neste caso específico o método guloso chega ao mesmo resultado que o método do máximo excedente, pois nestes tipo de problema são desconsideradas as restrições de transmissão ou outros tipos de restrições não relacionadas aos lances.

Cada quantidade relacionada com os pares vendedor-comprador é negociada a um preço que, neste primeiro exemplo, será determinado pela média dos lances de preço dos agentes envolvidos na negociação. A Tabela 3 mostra os preços de fechamento de cada negociação e o preço médio da energia no leilão, que foi de 10,64 unidades monetárias por unidade de bem.

Tabela 3: Preços de fechamento no exemplo do método guloso (média dos preços).

		Comprador				média
		1°	2°	3°	4°	
Vendedor	1°	12,50	-	-	-	12,50
	2°	13,50	8,50	-	-	11,00
	3°	-	9,50	9,00	-	9,17
	4°	-	-	-	-	-
	média	12,83	9,00	9,00		10,64

Cada célula da Tabela 3 mostra o preço de fechamento para o par comprador-vendedor que realizou o negócio indicado na Tabela 2. A última linha mostra o preço médio de fechamento para os negócios realizados pelos compradores, da mesma forma, a última coluna mostra o preço médio de fechamento para os negócios realizados pelos vendedores. Esta é uma média ponderada de acordo com as quantidades negociadas com as diferentes contrapartes de um mesmo agente. A partir dos preços de fechamento médios da Tabela 3 e das quantidades negociadas no leilão da Tabela 1, pode-se determinar as tabelas de excedentes dos vendedores e dos compradores a partir das Equações 1 e 2. Como neste primeiro exemplo o preço de fechamento foi determinado pela média dos lances de preço dos agentes envolvidos na negociação, os excedentes para os compradores e para os vendedores serão os mesmos para cada negociação. A Tabela 4 mostra estes excedentes.

Tabela 4: Excedentes dos agentes no exemplo do método guloso.

		Comprador				soma
		1°	2°	3°	4°	
Vendedor	1°	750,00	-	-	-	750,00
	2°	325,00	75,00	-	-	400,00
	3°	-	25,00	0,00	-	25,00
	4°	-	-	-	-	-
						1.175,00

Portanto, o benefício social gerado neste exemplo será o dobro do valor indicado na Tabela 4, os excedentes dos compradores e vendedores somam 2.350,00 unidades monetárias.

Além dos excedentes, pode-se calcular o volume de negócios no leilão. O volume de negócios é dado em unidades monetárias e expressa todo o dinheiro que circulou no leilão. Este dado pode ser importante para o leiloeiro em caso de remuneração do leiloeiro através de emolumentos cobrados por transação, muito comum em bolsas. Este dado também é importante para o governo, no tocante à incidência de impostos sobre transação comercial.

O volume total de negócios neste leilão é dado pela soma dos volumes monetários movimentados pelo comprador e pelo vendedor, conforme mostra a equação 4:

$$V = \sum_{I,J} (P_{CIJ} + P_{VIJ}) Q_{IJ} \quad (4)$$

onde

P_{CIJ} é o preço de fechamento para um comprador j na negociação com um vendedor i ;

P_{VIJ} é o preço de fechamento para um vendedor i na negociação com um comprador j e;

Q_{IJ} é a quantidade de bens envolvidos em cada negociação.

Porém neste trabalho o volume de negócios representa apenas o volume de venda, ou seja, o produto do preço de fechamento para o vendedor pela quantidade negociada. Esta forma de cálculo não altera a qualidade das análises, visto que o preço de fechamento é único para cada par comprador-vendedor, P_{CIJ} é igual a P_{VIJ} . O MAE considerou nos leilões o volume de venda como sendo o produto entre o preço de fechamento e a quantidade negociada, conforme a Equação 5:

$$V = \sum_{I,J} P_{FIJ} Q_{IJ} \quad (5)$$

Onde P_{FIJ} é o preço médio de fechamento para um vendedor i na negociação com um comprador j , esta forma resulta na metade do volume total de movimentação monetária no leilão. Através comparação dos resultados das simulações pelo método guloso utilizando os dados dos leilões realizados pelo MAE observa-se que os resultados são exatamente os mesmos. De fato este era o resultado esperado, uma vez que considerando apenas restrições dos lances efetuados, o método guloso retorna os mesmos resultados do método de maximização de excedentes.

A Equação 5 mostra que o volume de negócios varia com a forma de determinação do preço de fechamento e com a quantidade de energia negociada, enquanto a soma dos excedentes dos agentes no leilão depende da diferença dos lances de preço do par vendedor-comprador e da quantidade envolvida na negociação deste par.

O volume de negócios também pode ser determinado a partir do preço médio da energia no leilão e da quantidade de energia negociada; Desta forma elimina-se o somatório da Equação 4 e o volume pode ser calculado da seguinte maneira: $V = P_{MF} Q_T$. Onde P_{MF} é o preço médio da energia no leilão e Q_T é a quantidade de energia total negociada no leilão; ambos os valores estão indicados em negrito na Tabela 2 e na Tabela 5. Considerando o preço de fechamento determinado pela média dos lances de preço dos agentes e a quantidade determinada na Tabela 2, usando a Equação 5, calcula-se que o volume de negócios do leilão, que neste exemplo é de 3.725,00 unidades monetárias.

Se considerar o preço de fechamento do leilão determinado pelo lance de preço do vendedor, fazendo assim com que os excedentes sejam integralmente canalizados para o comprador, obtém-se os seguintes preços de fechamento da Tabela 5:

Tabela 5: Preços de fechamento no exemplo do método guloso (preços dos vendedores).

		Comprador				média
		1º	2º	3º	4º	
Vendedor	1º	5,00	-	-	-	5,00
	2º	7,00	7,00	-	-	7,00
	3º	-	9,00	9,00	-	9,00
	4º	-	-	-	-	-
	média	5,67	8,00	9,00		7,29

O benefício social do leilão não se altera, os excedentes apenas mudam de mãos. Agora o benefício social é igual ao excedente do comprador, visto que o excedente do vendedor é nulo. O fato de mudar a forma de determinação do preço de fechamento do leilão não altera a quantidade negociada no leilão. Porém quando as regras do leilão fazem com que os excedentes sejam integralmente destinados ao comprador, o leilão sinaliza um preço abaixo do que poderia ser se ambos os lados repartissem os excedentes. Neste exemplo, apenas a mudança de forma de determinação do preço de fechamento, sinalizou-se uma variação discreta no preço de 31% menor. Da mesma forma para o volume de negócios, se o preço é determinado pelos vendedores

gera um volume de 2.550,00 unidades monetárias, o que mostra uma redução discreta de 46%. O mesmo procedimento utilizado para o preço do vendedor pode ser usado para preço de fechamento determinado para o comprador, porém não se justifica beneficiar apenas um lado do leilão para, além disto, sinalizar um preço alto. Em todo caso, esta dissertação mostra como o volume e o preço de fechamento se alteram quando são os compradores quem determinam o preço. Neste exemplo fictício, se o preço adotado fosse o preço de fechamento do comprador, o leilão resultaria em um preço médio de 16,86 unidades monetárias por unidade de bem e um volume de negócios de 5.900,00 unidades monetárias.

4.4. Modelo do máximo excedente financeiro

Os modelos de leilão usados nesta dissertação para a implementação do leilão de certificados e nas simulações decorrentes dele possuem dois objetivos distintos. O primeiro modelo procura obter o máximo de excedentes para os agentes. O segundo modelo procura maximizar, primeiramente, a quantidade de energia negociada no leilão e, posteriormente, utilizar esta quantidade máxima como uma restrição e aplicar o método do primeiro modelo com a adição desta restrição, obtendo desta maneira a máxima quantidade negociável em um leilão e os máximos excedentes para esta quantidade determinada.

O método guloso é capaz de encontrar os excedentes máximos atingíveis em um leilão, porém este método torna-se incapaz de resolver problemas com restrições um pouco mais complexas. Nos casos de implementações em mercados de energia elétrica onde restrições de transmissão podem viabilizar ou não uma transação comercial, torna-se imperativo o uso de restrições que representem esta realidade. Por isto a necessidade de um modelo de pesquisa operacional para a otimização. Esta dissertação não tratou de tais problemas de transmissão, tampouco os leilões de certificados consideravam esta restrição. Porém o modelo matemático de otimização será utilizado devido uma característica importante que Araújo (1988) enfatiza, a transparência. Em um modelo que possui transparência, as restrições do modelo e seu funcionamento são claras para o usuário. Neste modelo, as restrições são os próprios lances dos agentes.

Dekrajangpetch e Sheblé (2000) realizam um estudo sobre as estruturas e formulações de leilões de energia elétrica. Nas formulações de todos os leilões os autores procuram maximizar os

excedentes do leilão. Os modelos para todos os leilões eram constituídos de apenas uma etapa. Os autores consideram leilões de um lado (leilões de oferta ou demanda) e leilões duplos, tratando-os como problemas de atribuição onde uma quantidade de energia é transferida entre um vendedor e um comprador. São propostos modelos a partir de problemas de otimização primais e duais. As formulações dos autores são separadas de acordo com quatro critérios. Primeiro, a energia elétrica é tratada como um produto homogêneo ou heterogêneo, ou seja, quando a energia é considerada um produto homogêneo, ela não pode ser diferenciada entre os agentes, mas quando a energia é discriminada segundo sua fonte ou qualidade ela é tratada como produto heterogêneo, e existirão contratos específicos para cada classe de energia. Segundo, os agentes podem ou não ser identificados, ou seja, os agentes podem saber ou não de qual ou para qual agente a energia é originada ou destinada, inclusive possibilita que um agente ofereça preços diferenciados quando os agentes são identificados ou preços únicos caso não haja distinção entre os agentes⁷. Terceiro, os preços podem ser determinados pelo comprador ou pelo vendedor em leilões de um lado ou por ambos em leilões duplos. Quarto, pode ou não existir preço de reserva, ou seja, um preço mínimo no qual um vendedor não está disposto a vender ou um preço máximo no qual o comprador não mais estará interessado em comprar. Nas simulações realizadas neste trabalho, a energia é considerada como um bem homogêneo, os agentes são do tipo não identificados, visto que seu lance é aplicável para todas as suas contrapartes e os preços, como não podia ser diferente, são especificados por ambos os lados do leilão. O quarto critério não se aplica em leilões duplos.

O modelo matemático para maximizar os excedentes do leilão é estudado por Dekrajangpetch e Sheblé (2000), que tratam os leilões como um problema de atribuição⁸ e apresentam modelos para diferentes tipos de leilões. Os autores propõem a maximização dos excedentes como a solução ótima para o problema em todos os modelos apresentados. O modelo

⁷ A Figura 12 mostra um esquema para participantes não identificados. Apenas um arco liga cada agente ao leiloeiro. Considerando um leilão com m vendedores e n compradores, o número de arcos do esquema é $m+n$. Um esquema de leilão com participantes identificados possuiria $m*n$ arcos onde todos os agentes estariam conectados entre si, significando que cada agente faz lances às sua contraparte sem a interferência do leiloeiro e que podem tratar as contrapartes de forma distinta entre elas.

⁸ Problemas de atribuição se ocupam em casar as soluções de acordo com o objetivo do problema. No caso dos leilões um problema de atribuição “casaria” os vendedores e os compradores de acordo com os lances efetuados por estes. Os pares são formados entre os compradores com maiores lances de preço e os vendedores com menores lances de preço, desta forma atinge-se o objetivo de obter os maiores excedentes.

aqui apresentado maximiza os excedentes para um leilão duplo onde os compradores e os vendedores apregoam lances de preço e de quantidade.

O modelo de otimização pode ser representado matematicamente da seguinte maneira:

$$\begin{aligned}
 & \max_{x_{ij}} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (l_{cj} - l_{vi}) x_{ij} \\
 & \text{s.a.} \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq C_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \\
 & \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq R_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \\
 & x_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad j = 1, 2, 3, \dots, n
 \end{aligned}$$

onde:

- l_{vi} preço especificado pelo vendedor i ;
- l_{cj} preço especificado pelo comprador j ;
- x_{ij} energia negociada entre o vendedor i e o comprador j ;
- C_i capacidade de suprimento do vendedor i ;
- R_j requisito do comprador j ;
- m número de vendedores;
- n número de compradores.

A função objetivo deste problema de otimização é o benefício social dado pela Equação 3. A primeira restrição determina que a soma das quantidades transferidas de um determinado vendedor i para todos os compradores j não deve ultrapassar a capacidade C_i do vendedor i . Da mesma forma, a segunda restrição determina que a soma das quantidades transferidas de todos os vendedores i para um determinado comprador j não deve ultrapassar o requisito R_j do comprador j . A terceira restrição serve apenas para garantir que a quantidade x_{ij} seja um valor não negativo.

Estes modelos de leilão devem ser utilizados quando se pretende auferir o maior excedente monetário possível sem a preocupação com a quantidade de energia negociada.

O resultado obtido no exemplo da Tabela 1 seria o mesmo se fosse aplicado este modelo de otimização do leilão, ou seja, a aplicação do modelo aqui apresentado e o método guloso apresentado na Seção 4.2 produzem o mesmo resultado. Ao se traçar as curvas de oferta e procura com os dados daquela tabela, a Figura 18 é obtida, onde o preço é dado em unidades monetárias por unidade de bem e a quantidade é dada em unidades de bens:

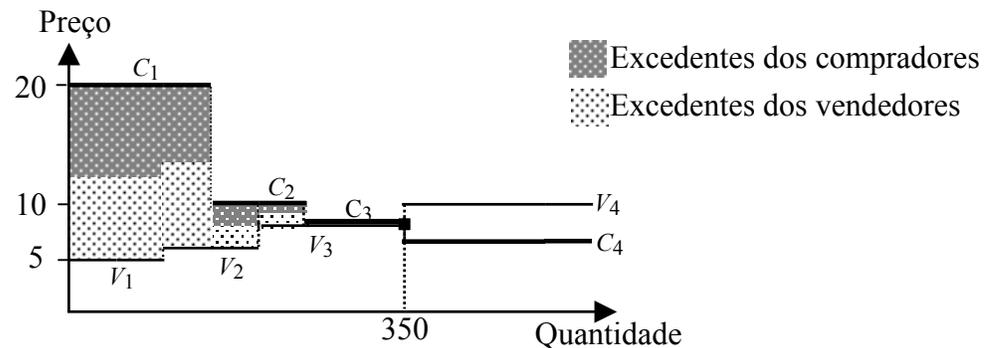


Figura 18: Maximização dos excedentes.

Este exemplo possui o preço de fechamento determinado pela média dos lances de preço dos agentes, por isto os excedentes dos compradores e dos vendedores são iguais. Se o preço de fechamento fosse determinado, exclusivamente, pelo lance de preço do vendedor, todas as áreas representadas na Figura 18 seriam preenchidas com cor escura, pois não haveria excedente dos vendedores. Os valores numéricos dos preços de fechamento foram omitidos na figura, porém podem ser estimados a partir da altura da fronteira entre as áreas escuras e claras de cada negociação.

4.5. Modelo da máxima quantidade negociada

A otimização deste leilão é composta de duas etapas distintas. Primeira: deve-se determinar o universo dos negócios possíveis e maximizar a quantidade de energia a ser negociada dentro deste universo, respeitadas as ofertas e requisitos de energia de cada agente. Segunda: impor a restrição de que a quantidade negociada seja igual à quantidade determinada na otimização da primeira etapa e maximizar o excedente monetário do leilão, respeitadas as ofertas e requisitos de energia de cada agente. Estas restrições farão com que os vendedores e compradores com os melhores lances tenham preferência nos negócios sem detrimento da quantidade negociada. Para o agente que apregoa seu lance é interessante realizar negócio de acordo com seu preço

apregoado. Qualquer benefício proveniente de um melhor preço para o agente é encarado neste modelo como uma contingência positiva. O objetivo principal do agente aqui é o de comercializar o máximo número de unidades de bem, a energia, desde que atenda o seu preço apregoado. No modelo de máximo excedente a função objetivo do problema é obter o maior excedente possível, o que nem sempre implica em comercializar o máximo de bens no leilão.

O modelo de otimização pode ser representado matematicamente da seguinte forma:

Etapa-01 :

$$\max_{x_{si}, x_{bj}} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}$$

$$s.a \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq C_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq R_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$0 \leq x_{ij} \leq u_{ij} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Etapa-02 :

$$\max_{x_{si}, x_{bj}} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (l_{cj} - l_{vi}) x_{ij}$$

$$s.a \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}^{-1}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq C_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq R_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

para:

$$u_{ij} = \begin{cases} \max \{ x_{cj}, x_{vi} \}, & l_{cj} \geq l_{vi} \\ 0 & , l_{cj} < l_{vi} \end{cases}$$

onde:

l_{vi} preço especificado pelo vendedor i ;

- l_{cj} preço especificado pelo comprador j ;
- x_{ij} energia negociada entre o vendedor i e o comprador j ;
- C_i capacidade de suprimento do vendedor i ;
- R_j requisito do comprador j ;
- m número de vendedores;
- n número de compradores.
- u_{ij} universo de possíveis negócios entre o vendedor i e o comprador j ;
- x_{cj} preço especificado pelo comprador j ;
- x_{vi} preço especificado pelo vendedor i ;
- x_{ij}^{-1} solução da 1ª etapa. Energia originada do vendedor i destinada ao comprador j .

Na primeira etapa, a função objetivo deste problema é a própria quantidade de energia negociada. As duas primeiras restrições são idênticas às do modelo para o máximo benefício. A terceira restrição determina que a quantidade x_{ij} de energia negociada deve ser um valor não negativo e não ultrapassar a quantidade máxima possível negociável u_{ij} entre um determinado vendedor i e um comprador j .

A segunda etapa difere do modelo para o máximo benefício apenas pelo acréscimo da restrição que determina que a soma das quantidades a serem negociadas tem de ser igual à soma da quantidade ótima encontrada na etapa anterior.

Um exemplo de otimização será realizado, como ilustração, baseado nos dados do leilão da Tabela 1.

Maximização da quantidade negociada: Deve-se saber qual a máxima quantidade de energia que é possível comercializar no leilão. Para isto, monta-se uma tabela com o universo de possíveis negócios entre os compradores e os vendedores da Tabela 1 a partir dos dados de preço e quantidade desta tabela seguindo a instrução de que

$$u_{ij} = \begin{cases} \max\{x_{cj}, x_{vi}\}, & l_{cj} \geq l_{vi} \\ 0 & , l_{cj} < l_{vi} \end{cases}$$

ou seja, se os lances de preços entre o vendedor i e o comprador j permitem que haja negociação, a quantidade possível de negociação será o menor valor de quantidade dos dois agentes, caso não permita, o valor de negociação possível é zero.

A este universo de negociações possíveis pode-se fazer uma analogia com a física. Assim como não é possível que haja transferência de calor de um processo mais frio para um processo mais quente, também não é possível que haja negócio entre um comprador com lance de preço menor que o lance de preço do vendedor. Assunção (1997) faz um trabalho semelhante quando procura otimizar não apenas o uso das utilidades em processos de transferência de calor, mas também a área total de transferência de calor. O autor pretende otimizar a integração térmica de processos de uma rede de trocadores de calor de forma a minimizar o uso das utilidades e da área total utilizada na transferência de calor, para isto, nem sempre a solução ótima do ponto de vista de eficiência física (a transferência de calor dos processos com maiores temperaturas com os processos com as menores temperaturas) é a melhor solução. Neste caso, o método guloso resultaria na solução de maior eficiência física, que nem sempre é interessante do ponto de vista energético, como mostrado pelo autor. Da mesma forma, esta dissertação propõe a mesma idéia de que nem sempre o modelo que maximiza os excedentes é a melhor solução para um leilão, como o caso do leilão de certificados.

A determinação do universo de possíveis negociações a partir dos dados de preço e quantidade da Tabela 1 está mostrado na Tabela 6 abaixo.

Tabela 6: Universo de possíveis negócios.

		Comprador				Restrição
		1°	2°	3°	4°	
Vendedor	1°	100	100	100	100	100
	2°	100	100	100	100	100
	3°	150	100	150	-	150
	4°	150	100	-	-	200
Restrição		150	100	200	100	-

Ao passar pela primeira etapa, o modelo encontra uma solução inicial que faz com que seja comercializada a máxima quantidade de bens possível. A Tabela 7 mostra esta solução inicial.

Tabela 7: Solução da primeira e da segunda etapa.

		Comprador				soma
		1°	2°	3°	4°	
Vendedor	1°	-	-	-	100	100
	2°	-	-	-	100	100
	3°	-	50	100	-	150
	4°	150	50	-	-	200
soma		150	100	100	200	550

Esta solução não se altera quando a segunda etapa da otimização do leilão é realizada. Com base nesta solução tem-se que o método para a máxima quantidade resultou em 550 unidades de bem negociados no leilão. Na Tabela 2 pode-se notar que a quantidade negociada quando se aplica o método para o máximo excedente gera uma quantidade total negociada de 350 unidades de bem. Para este exemplo, o modelo para a máxima quantidade gerou 57,1% a mais de energia negociada. Evidentemente esta variação pode não representar um comportamento “padrão” para leilões de certificados do tipo 4x4, para que se possa afirmar isto, seriam necessárias inúmeras simulações para, no fim, determinar qual a comportamento da variação cumulativo da quantidade negociada. Desta forma tem-se uma estimativa mais confiável diferença no uso de um método e outro no tocante à quantidade negociada no leilão. Baseado nos pares indicados na Tabela 7 e nos preços de fechamento mostrados na Tabela 1, monta-se o quadro com os preços de fechamento por negócio indicados na Tabela 8 abaixo.

Tabela 8: Preços de fechamento no método da máx. quantidade (média dos preços).

		Comprador				média
		1°	2°	3°	4°	
Vendedor	1°	-	-	-	6,50	6,50
	2°	-	-	-	7,50	7,50
	3°	-	9,5	9,00	-	9.17
	4°	15,00	10,00	-	-	13,75
	média	15,00	9,75	9,00	7,00	10,05

O preço de fechamento obtido, quando se otimizou o leilão segundo os objetivos do modelo para máxima quantidade, foi de 10,05 unidades monetárias por unidade de bem. Na Tabela 3, pode-se obter o preço de fechamento obtido quando se otimizou o leilão segundo o método para a máxima quantidade (método guloso), que foi de 10,64 unidade monetárias por unidade de bem, mostrando assim uma variação discreta do preço em -5,5% quando se utiliza o método para a máxima quantidade. Da mesma forma, a variação deste parâmetro assim como de todos os restantes analisados aqui pode não ser a melhor representação para um comportamento “padrão” para leilões de certificados do tipo 4x4, o importante é que se determine o comportamento cumulativo da variação dos parâmetros a fim de que, desta forma, tenha-se uma estimativa mais confiável para o comportamento da variação dos parâmetros quando se utiliza o método para a máxima quantidade.

Devido o fato dos preços de fechamento serem determinados pela média dos lances de preço do vendedor e do comprador, os excedentes de ambos os lados são iguais. Os excedentes dos agentes são apresentados na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9: Excedentes dos agentes em um leilão duplo de máx. quantidade.

Vendedor		Comprador				soma
		1°	2°	3°	4°	
1°	-	-	-	-	150,00	150,00
2°	-	-	-	-	50,00	50,00
3°	-	25	0,00	-	-	25,00
4°	750,00	0,00	-	-	-	750,00
						975,00

O leilão produz, com este tipo de metodologia, excedentes que somam 975 para cada lado do leilão, resultando em excedentes da ordem de 1.950,00 unidades monetárias. A partir da Tabela 4 pode-se notar que o método para o máximo excedente gera excedentes da ordem de 2350,00 unidades monetárias. Neste exemplo, o modelo para a máxima quantidade gerou 17% de excedentes a menos se comparado com o modelo do máximo excedente. De fato, a matemática não permite que o modelo proposto supere o modelo comumente utilizado no tocante ao excedente produzido, uma vez que o modelo comumente utilizado produz máximo excedente e que a segunda etapa do modelo do leilão para a máxima quantidade possui a mesma função objetivo do modelo do leilão para o máximo excedente. Não raro, ocorrem de ambos os modelos gerarem os mesmos resultados.

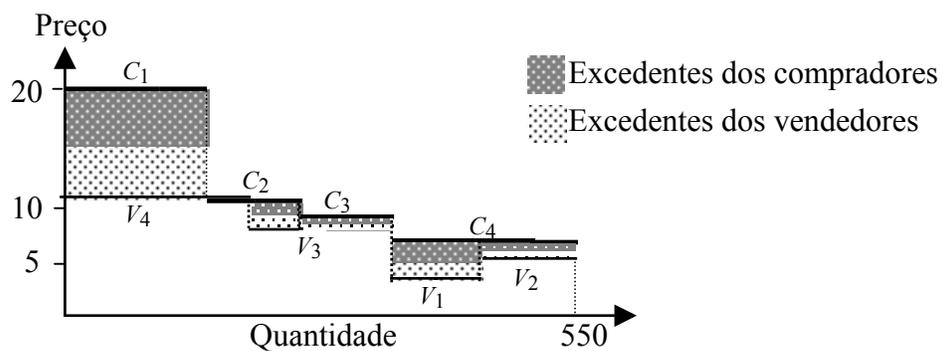


Figura 19: Maximização da quantidade negociada.

O volume de negócios do leilão com um preço de fechamento médio para ambas as partes de 10,05 unidades monetárias por unidade de bem e uma quantidade negociada de 550 unidades

de bem é da ordem de 5.525,00 unidades monetárias. Enquanto o modelo de leilão para o máximo excedente gera um volume de negócios da ordem de 3.725,00 unidades monetárias, ou seja, neste exemplo, o leilão para a máxima quantidade gerou um volume 48,3% maior que o leilão para o máximo excedente.

A ordenação dos vendedores na Figura 19 mostra que o vendedor 4 (V_4) deve fazer negócio com o comprador 1 (C_1) e com o comprador 2 (C_2). O vendedor 3 (V_3), por sua vez, deve fazer negócio com C_1 e o comprador 3 (C_3). O comprador 4 (C_4) deve fazer negócio com o vendedor 1 (V_1) e o vendedor 2 (V_2). A ordenação de C_1 , C_2 , C_3 e C_4 na Figura 19 representa a ordem de preferência nos negócios segundo o preço apregoado. Porém a ordenação dos vendedores não indica apenas isto, mas primeiramente a ordenação indica a forma mais apropriada de ordenação para que haja máxima quantidade negociada. Se porventura a quantidade de energia ofertada no leilão excedesse a quantidade demandada, V_4 não venderia toda a energia indicada no seu lance. De forma recíproca, se a quantidade demandada excedesse a quantidade ofertada, C_4 não compraria toda a energia que indicada no seu lance.

Se o procedimento utilizado na confecção da Tabela 5 e da Tabela 8 for repetido pode-se construir a Tabela 10, que mostra os preços de fechamento do leilão para a máxima quantidade quando os preços são determinados pelos vendedores.

Tabela 10: Preços de fechamento no método da máx. quantidade (preço dos vendedores).

	Vendedor	Comprador				média
		1°	2°	3°	4°	
	1°	-	-	-	5,00	5,00
	2°	-	-	-	7,00	7,00
	3°	-	9,00	9,00	-	9,00
	4°	10,00	10,00	-	-	10,00
	Média	10,00	9,50	9,00	6,00	8,27

Da mesma forma como no modelo para o máximo excedente, o preço médio de fechamento é menor quando são determinados pelos vendedores, neste exemplo, foi de 8,27 contra 7,29 unidades monetárias por unidade de bem, indicados na Tabela 5, gerados no modelo para o máximo excedente. O que resulta em um aumento de 13,9% no preço de fechamento quando se utiliza o leilão para a máxima quantidade e o preço de fechamento é determinado pelos vendedores. Um preço de fechamento em torno de 8,27 unidades monetárias por unidade de bem e 550 unidades de bem negociados geram um volume de venda de 4.550,00 unidades monetárias,

ou seja, 78,4% superior. Para o preço de fechamento determinado pelos lances dos compradores, o modelo para o máximo excedente gera, neste exemplo, um preço médio e um volume de negócios da ordem de 11,81 unidades monetárias por unidade de bem e 6.500,00 unidades monetárias. A Tabela 11 mostra o resumo dos resultados obtidos neste exemplo de simulação.

Tabela 11: Resumo do exemplo de simulação.

Parâmetro	Leilão para o máximo excedente	Leilão para a máxima quantidade	Variação do parâmetro
Quantidade negociada (unidades de bem – ub)	350	550	57,1%
Excedentes produzidos (unidades monetárias – um)	2.350,00	1.950,00	-17%
Preços de fechamento (um/ub)	10,64	10,05	-5,5%
	7,29	8,27	13,9%
	16,86	11,81	-30,0%
Volumes de venda (unidades monetárias)	3.725,00	5.525,00	48,3%
	2.550,00	4.550,00	78,4%
	5.900,00	6.500,00	10,2%

Na Tabela 11 os dados de preço de fechamento e volume de negócios estão ordenados segundo a determinação de preço pela média dos lances de preço dos agentes, determinado exclusivamente pelos lances dos vendedores e determinados exclusivamente pelos lances dos compradores respectivamente.

4.6. Implementação do leilão de certificados

Os dados dos leilões de certificados que foram usados nas simulações com os dois modelos de leilão constam nos Apêndices desta dissertação. Nos 155 dias de leilões efetivos realizados pelo MAE, em 77 houve negócios, dos quais resultariam em 52.930 MWh se aplicado o modelo para o máximo benefício e 54.700 caso o modelo utilizado fosse o de máxima quantidade, resultando assim em um aumento de 1.700 MWh negociados que representam um aumento de 3,34% com relação ao modelo de leilão para o máximo benefício. Abaixo estão resumidas as simulações realizadas com os dados coletados diariamente durante o período de racionamento ocorrido entre junho de 2001 e fevereiro de 2002.

Tabela 12: Resumo dos leilões de certificados (preço uniforme).

Leilão para o máximo excedente (método guloso)	
Quantidade de energia negociada:	52.930 MWh
Preço médio:	169,87 R\$/MWh
Volume negociado:	R\$ 8.991.419,50

Tabela 13: Resumo das simulações para os leilões de certificados.

	Parâmetro	Leilão para o máximo excedente	Leilão para a máxima quantidade	Variação do parâmetro
Quant. negociada [MWh]	Total	52.930	54.700	3,34%
	Média	687,40	710,39	3,34%
	Desvio padrão	658,52	668,29	1,48%
Excedentes [R\$]	Total	248.955,30	235.317,00	-5,48%
	Média	3233,19	3056,06	-5,48%
	Desvio padrão	6.649,19	6.661,79	0,19%
Preço médio [R\$/MWh]	Det. pela média	171,80	171,82	0,01%
	Det. pelo vendedor	169,12	169,30	0,11%
	Det. pelo comprador	174,48	174,34	-0,08%
Desvio padrão [R\$/MWh]	Det. pela média	109,09	109,10	0,00%
	Det. pelo vendedor	108,62	108,55	-0,06%
	Det. pelo comprador	109,73	109,81	0,07%
Volume total [R\$]	Det. pela média	9.058.798,65	9.290.826,40	2,56%
	Det. pelo vendedor	8.934.321,00	9.173.168,00	2,67%
	Det. pelo comprador	9.183.276,30	9.408.484,80	2,45%
Volume médio [R\$]	Det. pela média	117.646,74	120.660,08	2,56%
	Det. pelo vendedor	116.030,14	119.132,05	2,67%
	Det. pelo comprador	119.263,33	122.188,11	2,45%
Desvio padrão [R\$]	Det. pela média	128.677,22	129.349,80	0,52%
	Det. pelo vendedor	127.390,96	128.120,02	0,57%
	Det. pelo comprador	130.035,78	130.652,94	0,47%
Simulações que usaram o modelo – 155 = 100%		77 (49,68%)	10 (6,45%) + 67	

A partir dos dados de quantidade, preço e volume da Tabela 12 e 13 pode-se ver como se comportam os preços em simulações onde são usados leilões uniformes e discriminatórios. A simulação supondo leilão de preço uniforme gerou os dados da Tabela 12. O leilão discriminatório que mais se aproxima deste leilão é o leilão discriminatório onde o preço é determinado pelo vendedor, pois no leilão realizado pelo MAE as grandes maiorias dos preços uniformes eram determinados pelo vendedor; Dos 155 leilões realizados, apenas 13 foram determinados pelo comprador, conforme mostrado na Seção 3.3.3.

Tabela 14: Comparação entre os modelos (preço do vendedor uniforme x discriminatório).

	Método do máx. excedente Preço uniforme (vendedor marginal)	Método da máxima quantidade Preço discriminatório (média dos vendedores)	Variação dos parâmetros
Energia negociada:	52.930 MWh	54.700 MWh	3,34%
Excedentes totais:	R\$ 248.955,30	R\$ 235.317,00	-5,48%
Exced. dos compradores	R\$ 191.856,80	R\$ 235.317,00	22,65%
Exced. dos vendedores	R\$ 57.098,50	-	-
Preço médio:	169,87 R\$/MWh	169,30 R\$/MWh	-0,34%
Volume negociado:	R\$ 8.991.419,50	R\$ 9.173.168,00	0,2%

Na Tabela 14 pode-se ver que o método do leilão para a máxima quantidade gera 3,34% a mais de energia negociada, a um preço 0,34% menor e, com isto, gera um volume de negócios 0,2% maior que o método do leilão para o máximo benefício. Nestes dois casos apresentados na Tabela 14 os excedentes continuam a ser transferidos para o comprador, porém agora em maior quantidade, pois a regra definia que todo o excedente produzido iria para o comprador.

A Tabela 15 faz a mesma comparação, porém faz com que os excedentes sejam igualmente repartidos entre os agentes. Os dados desta tabela não utilizam as bases de comparação tão semelhantes quanto a tabela anterior, pois o tipo de leilão é diferente: passou de uniforme discriminatório; e também a forma de determinação do preço de fechamento foi alterada: o preço de fechamento era determinado pelo lance de preço do vendedor não ativo e passou a ser determinado pela média dos lances de todos os agentes.

Tabela 15: Comparação entre os modelos (preço do vendedor x média dos preços).

	Método do máx. excedente Preço uniforme (vendedor marginal)	Método da máxima quantidade Preço discriminatório (média dos agentes)	Variação dos parâmetros
Energia negociada:	52.930 MWh	54.700 MWh	3,34%
Excedentes totais:	R\$ 248.955,30	R\$ 235.317,00	-5,48%
Exced. dos compradores	R\$ 191.856,80	R\$ 117.658,50	-38,67%
Exced. dos vendedores	R\$ 57.098,50	R\$ 117.658,50	106,06%
Preço médio:	169,87 R\$/MWh	171,82 R\$/MWh	1,15%
Volume negociado:	R\$ 8.991.419,50	R\$ 9.290.826,40	3,33%

Com isto, o modelo proposto continuou a negociar 3,34% de energia a mais, porém o preço médio aumentou de 1,15%. O volume de negócios, por sua vez, aumentou de 3,33%. A grande vantagem da aplicação de preço discriminatório é proporcionar excedentes iguais às contrapartes.

O modelo proposto mais que dobraria o excedente dos vendedores, por sua vez os compradores ganhar 38,67 % a menos que antes.

4.7. Série de implementações propostas

Para que seja feita uma rodada do leilão de certificados é necessário que os lances de preço e quantidades dos agentes estejam disponíveis ao leiloeiro. Os compradores e vendedores informam ao leiloeiro seus respectivos lances e o leiloeiro os usa para formar os pares vendedor-comprador para realização de negócios. As simulações não utilizaram os mesmos lances realizados pelos agentes durante os leilões, porém foram realizados sorteios baseados no histórico de lances dos agentes, procurando, desta maneira, reproduzir a mesma aleatoriedade dos lances dos agentes. Uma vez sorteados as componentes de preço e quantidade para os agentes, faz-se duas simulações: uma usando o modelo para maximização dos excedentes do leilão e outra utilizando o modelo para maximização da quantidade negociada. Ambos os modelos são descritos nas seções 4.4 e 4.5 e utilizam os dados do mesmo sorteio. Para a ocorrência dos sorteios tomou-se a frequência relativa dos eventos como a própria probabilidade de ocorrência dos eventos. Desta maneira, considerou-se que os lances que apresentaram maior frequência relativa quando houve o leilão de certificados, teriam maior probabilidade de serem sorteados para suprir as simulações de dados de preço e quantidades. Para cada simulação são realizados dois sorteios por agente, um para cada componente do lance: preço e quantidade.

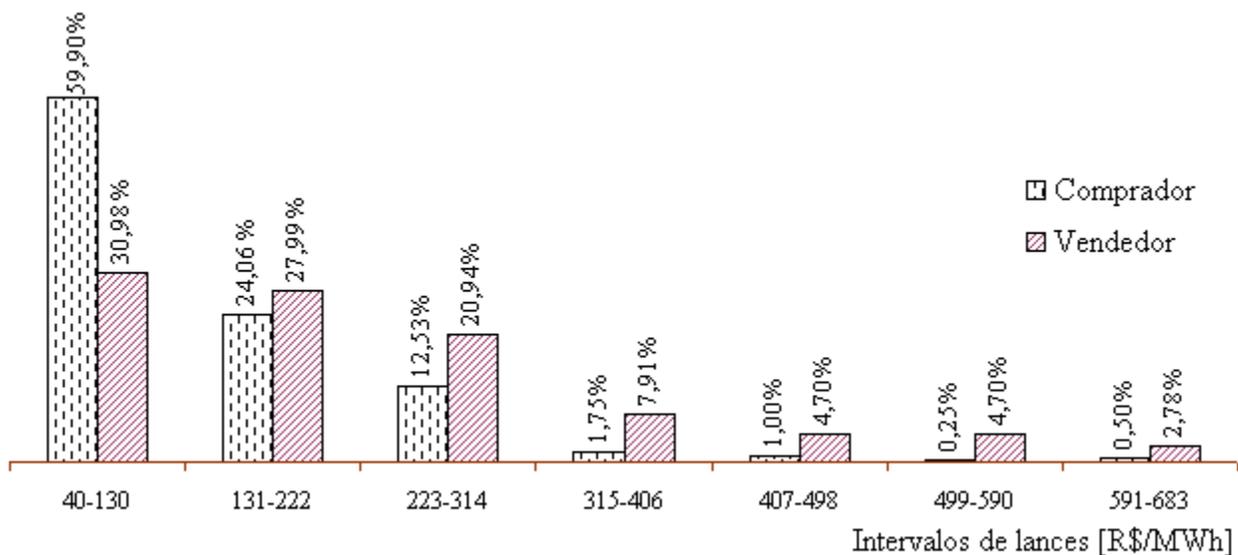


Figura 20: Frequência relativa dos lances de preço.

As duas Figuras 20 e 21 representam a frequência de ocorrência dos lances. A Figura 20 mostra os lances de preço; e a Figura 21 mostra os lances de quantidade dos vendedores e dos compradores. Os dados realizados dos vendedores servem para determinar o a probabilidade de ocorrência de dados sorteados para os vendedores apenas. Da mesma forma para os compradores, os dados usados para o sorteio são apenas dados dos compradores. Evidentemente existem muitos dados que se repetem em ambos os conjuntos, o que faz com que haja nos sorteios compradores e vendedores com mesmo lance de preço ou até lances coincidentes nas duas componentes: preço e quantidade. Apesar de ser possível, a probabilidade da ocorrência destas coincidências é mais baixa.

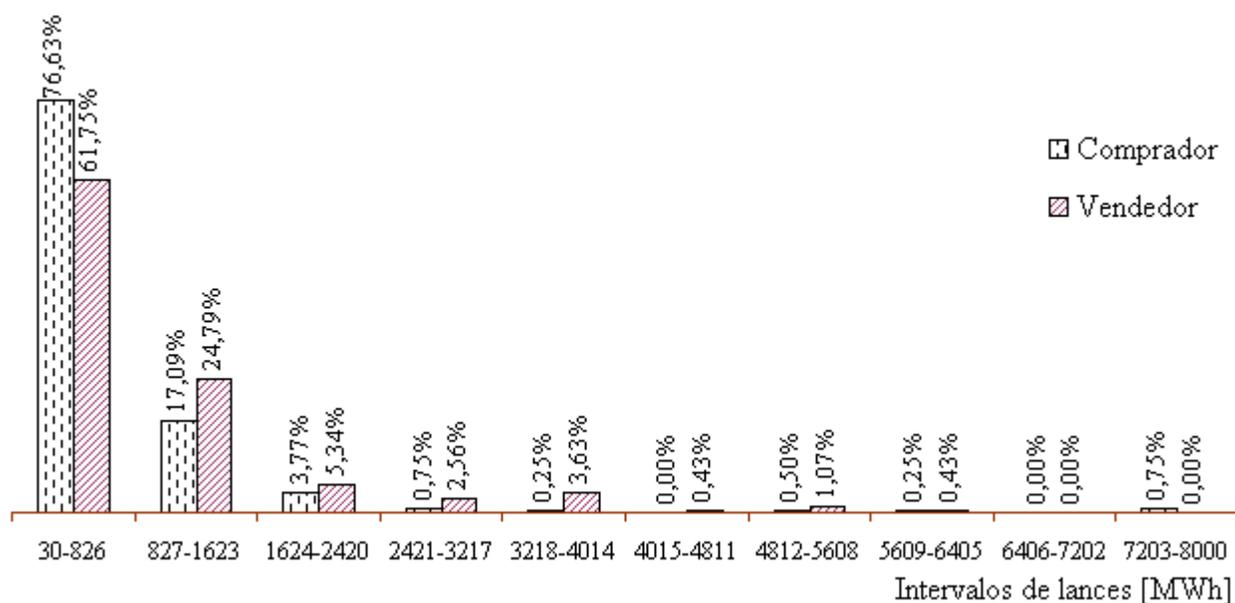


Figura 21: Frequência relativa dos lances de quantidade.

Considerar a probabilidade de ocorrência de um ou outro valor de lance como sendo iguais é uma hipótese que comprometeria a representatividade das simulações e as simulações não teriam motivo de serem realizadas. As Figuras 20 e 21 mostram que houve uma faixa com uma certa concentração de lances. Para a componente preço, os valores apregoados pelos agentes oscilavam na faixa de 40,00 e 683,00 R\$/MWh, porém mais de 95% dos lances de preço dos compradores ocorreram na faixa de 40,00 a 314,00 R\$/MWh, esta mesma faixa encerrou em torno de 80% dos lances de preço dos vendedores, ou seja, a maioria dos lances de preço aconteceram em menos da metade (43%) da faixa de possíveis valores. A quantidade ofertada

possuía uma faixa maior de oscilação, entre 30 e 8.000 MWh, porém mais de 90% dos lances de quantidade do comprador oscilava na faixa de 30 a 1.623 MWh e esta mesma faixa englobava mais de 85% dos lances de quantidade do vendedor, ou seja, a grande maioria dos lances de quantidade ocorreram em 20% da faixa de valores possíveis.

Se as faixas de variação para os preços e para as quantidades fossem reduzidas para 43% e 20% respectivamente, seria possível ter uma melhor percepção de como a maioria dos lances de preço e quantidade foram distribuídos nos leilões durante o racionamento. As Figuras 22 e 23 mostram a aleatoriedade da maioria dos lances de preço e quantidade dos agentes que participaram do leilão de certificados. Esta consideração não seguiu nenhum método formal. Tomou-se esta medida somente para uma melhor visualização da distribuição dos lances.

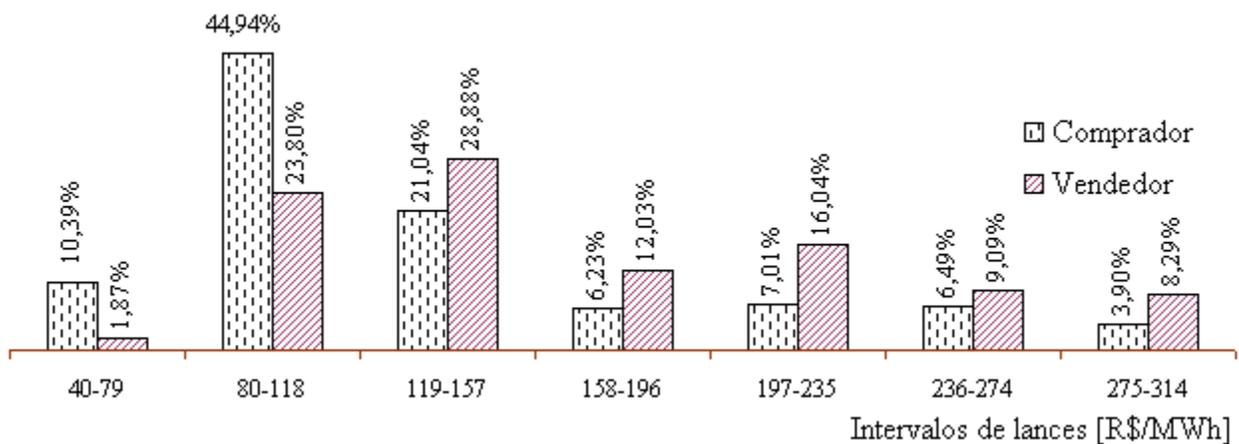


Figura 22: Frequência relativa de 43% dos lances de preço.

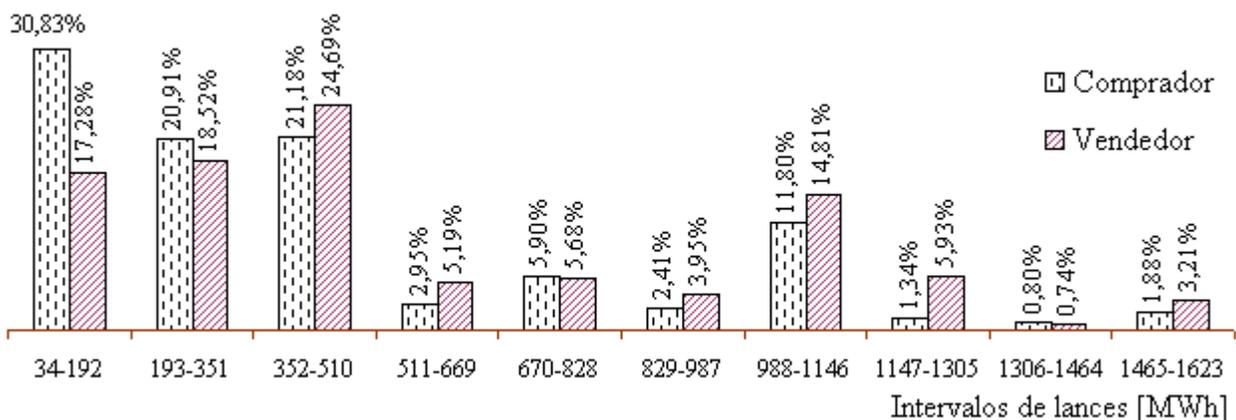


Figura 23: Frequência relativa de 20% dos lances de quantidade.

As simulações foram divididas por número de participantes e o número de simulações era considerado suficiente quando apresentava dados de saída relativamente estáveis quando comparados com o histórico de simulações para o mesmo número de participantes. Para comparar os modelos de leilão, os dados de saída para cada simulação foram analisados de forma discreta e global. Os parâmetros analisados foram a quantidade de energia negociada, os excedentes gerados no leilão, o preço da energia negociada e o volume de venda envolvido em cada leilão.

4.7.1. Simulações realizadas

Nestas simulações considerou-se leilões 3x3 (3 compradores e 3 vendedores), 4x4, 5x5, 6x6 e 7x7, além do leilão 2,6x3 (média) realizado com os dados exatos dos leilões de certificados. O preço de fechamento é discriminatório, cada par vendedor-comprador que realiza negócio possui um preço de fechamento igual para ambos, porém não necessariamente igual ao preço de fechamento dos demais pares que realizaram negócio no mesmo leilão, assim como mostra a Figura 14. Os preços de fechamento podem ser:

- i. determinados pela média dos lances de preço dos compradores e dos vendedores, com os excedentes divididos igualmente;
- ii. determinados exclusivamente pelos lances de preço dos vendedores e todo o excedente produzido no leilão é em benefício do comprador;
- iii. determinados exclusivamente pelos lances de preço dos compradores.

Os dados sorteados que servirão de entrada para as simulações possuem a mesma distribuição de frequência dos dados realizados, conforme provam as Figuras 24 e 25.

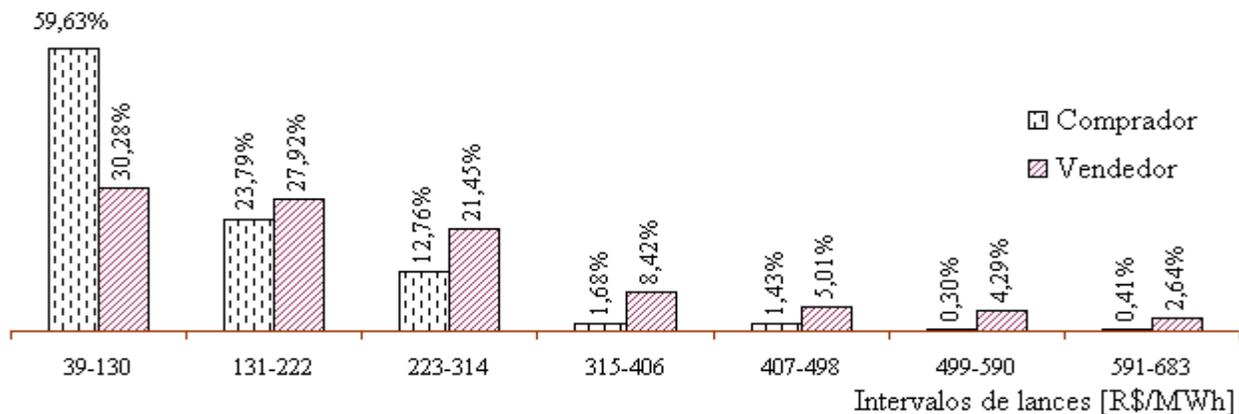


Figura 24: Frequência relativa dos sorteios de preço.

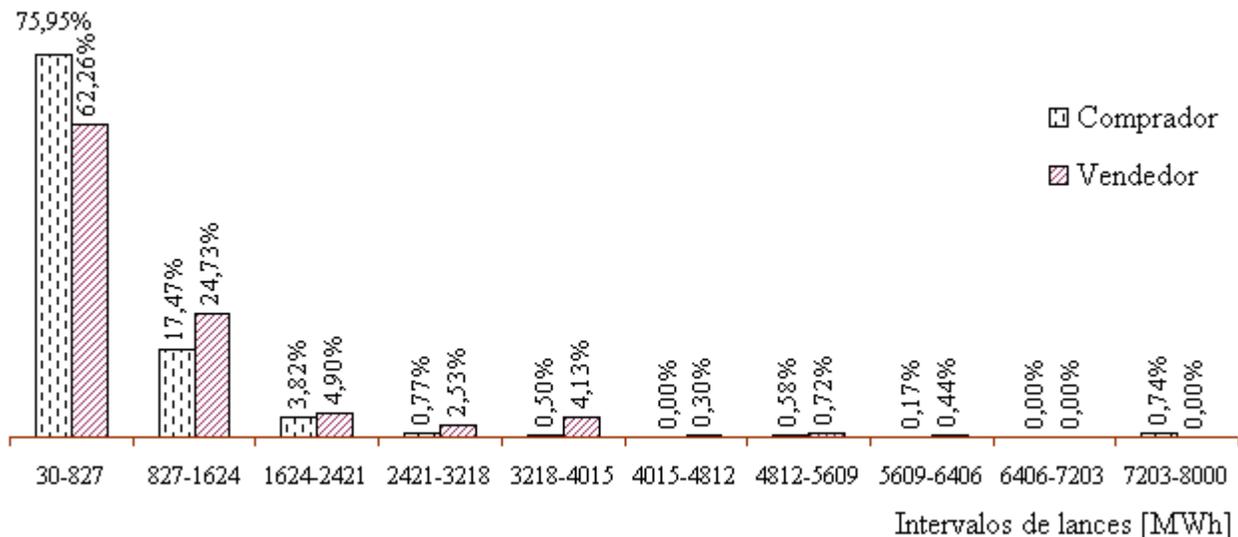


Figura 25: Frequência relativa dos sorteios de quantidade.

Portanto, os dados de entrada possuem a mesma aleatoriedade do leilão de certificados implantado durante o racionamento. Para verificação do atendimento da aleatoriedade dos sorteios para a composição destes gráficos foram realizados 400 sorteios a partir dos dados de entrada dos leilões de certificados que constam nos Apêndices.

As figuras mostradas daqui em diante mostram o comportamento cumulativo da variação dos parâmetros vistos na Seção 4.1. Esta variação cumulativa estima, no decorrer das simulações, como a variação cumulativa dos parâmetros se comportaria, sem se preocupar com os valores absolutos da variação. Desta maneira, pretende-se estimar alguma característica dos leilões ao variar-se o número de agentes participantes. Por exemplo, na Figura 26 nota-se uma curva assintótica que tende a se estabilizar em torno de -3%. Isto significa que, no decorrer de leilões do tipo 3x3 e utilizando os dados e a aleatoriedade dos lances do leilão de certificados, se compararmos os excedentes produzidos pelo leilão proposto com o leilão do máximo excedente, o leilão proposto gera 3% a menos. Isto não quer dizer que, em uma simulação qualquer haja -3% de variação sempre; Conforme mostra a Figura 26, nas primeiras simulações não houve variação dos excedentes produzidos, porém logo depois houve uma variação discreta muito superior (em módulo) aos 18% negativos, optou-se por não mostrar esta variação na figura pelo simples fato de ser irrelevante para o resultado final. O dado principal nesta figura é a tendência de comportamento que, neste caso, aponta para uma variação de -3% a -4%.

4.8. O excedente produzido

As simulações mostraram que a variação do excedente produzido pelo modelo de leilão para a máxima quantidade, comparado com o modelo para o máximo benefício, diminui com o aumento do número de participantes no leilão. Ao observar o comportamento das curvas apresentadas na Figura 26 a 30 nota-se um decréscimo considerável e posterior diminuição na taxa de decréscimo da variação do excedente produzido ao se utilizar o modelo para a máxima quantidade, o que mostra um comportamento não linear da variação do excedente quando compara-se os modelos.

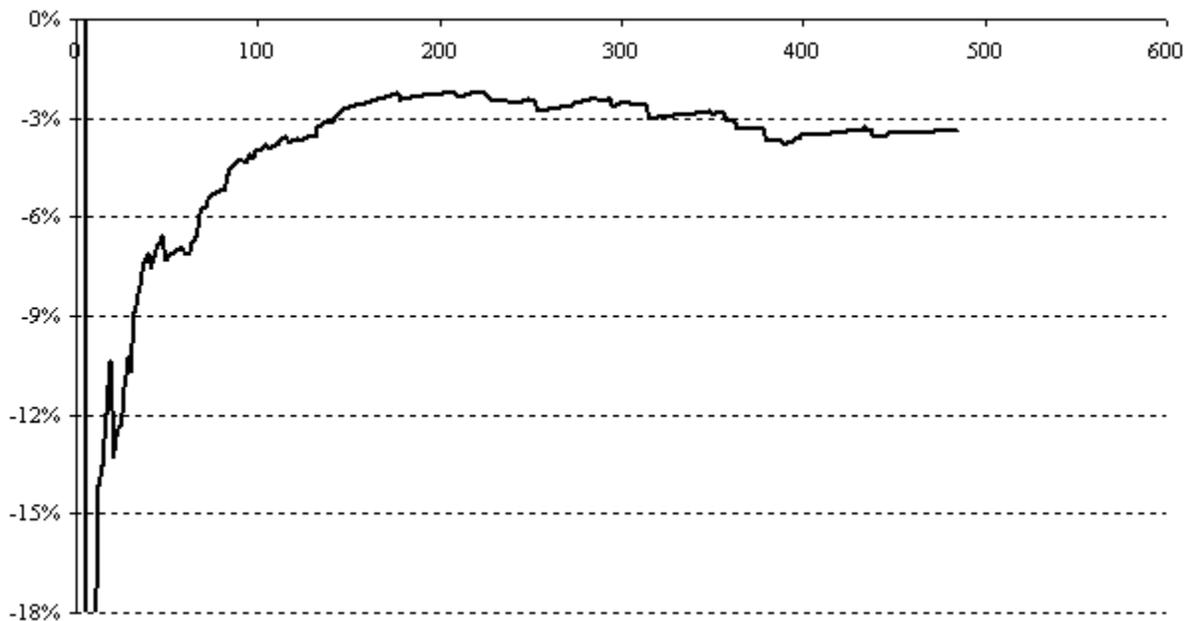


Figura 26: Variação cumulativa do excedente no leilão 3x3.

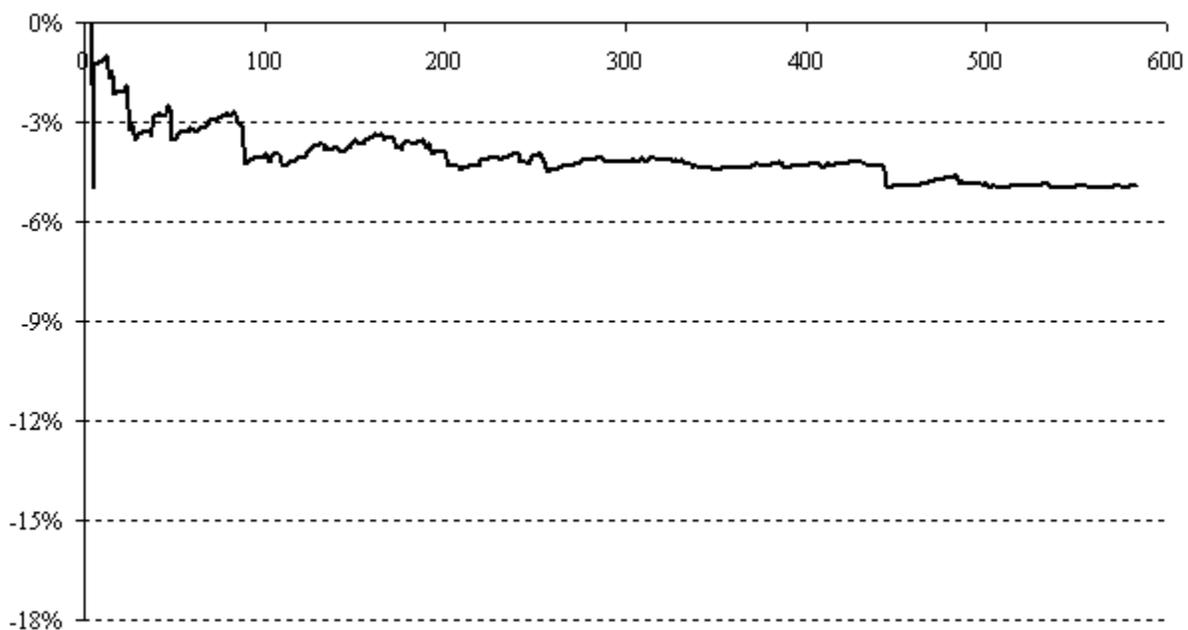


Figura 27: Variação cumulativa do excedente no leilão 4x4.

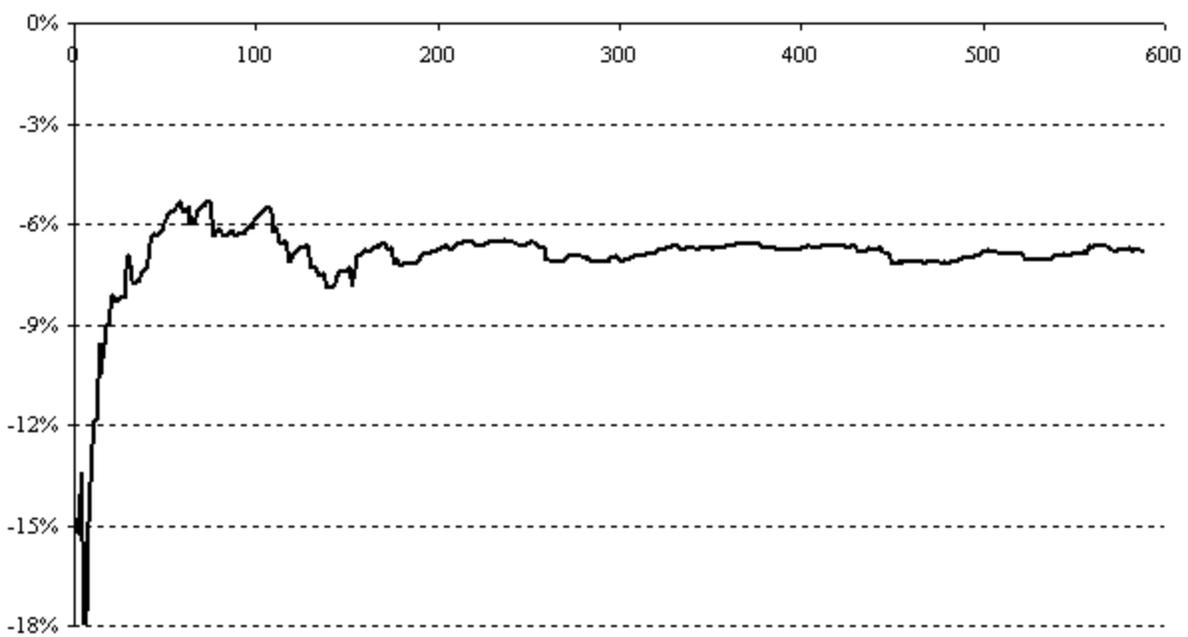


Figura 28: Variação cumulativa do excedente no leilão 5x5.

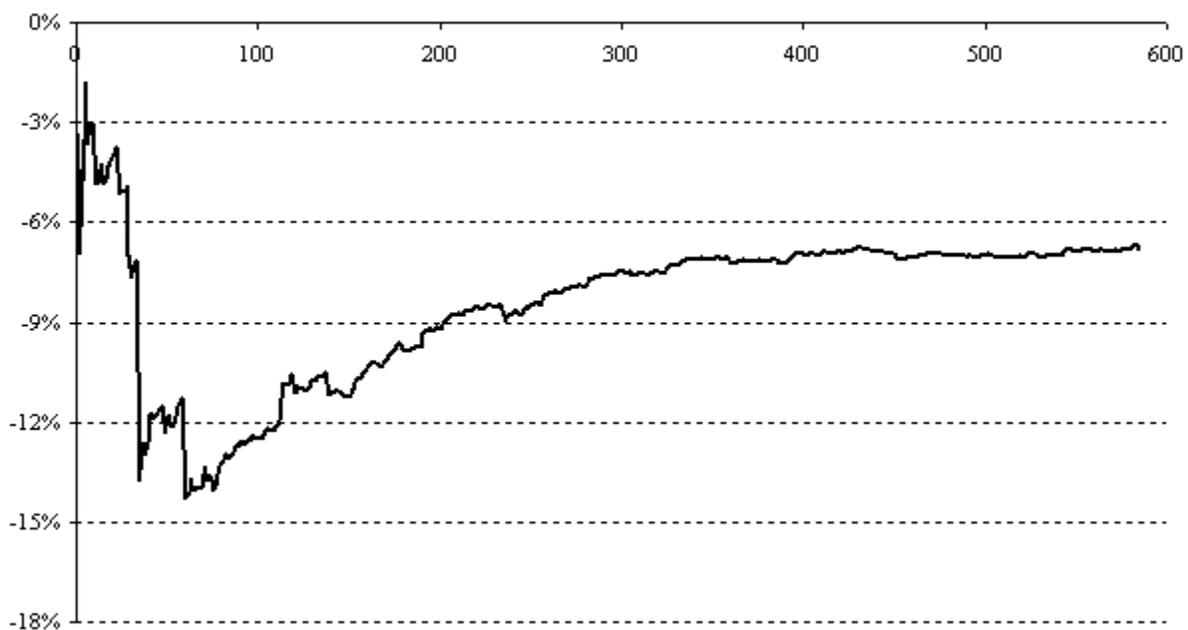


Figura 29: Variação cumulativa do excedente no leilão 6x6.

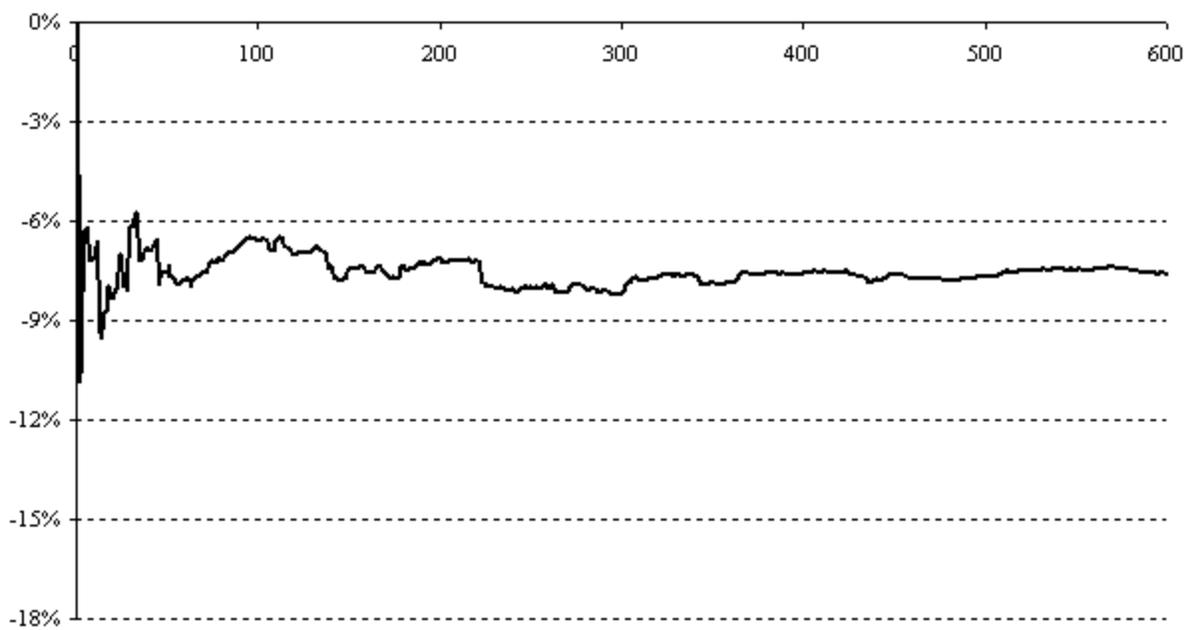


Figura 30: Variação cumulativa do excedente no leilão 7x7.

As figuras apresentadas nestas análises, por exemplo, as Figuras 26 a 30, mostram como se comportaria a variação de um parâmetro, o excedente, quando utilizamos o modelo da máxima quantidade em vez do modelo do máximo excedente se um grande número de leilões fossem realizados. Cada simulação representa um leilão. As figuras contidas aqui mostram como seriam os ganhos ou perdas de um determinado parâmetro no decorrer de seiscentos leilões. Cabe notar que em leilões com poucos participantes existe uma probabilidade razoável de os lances não viabilizarem negócios; Este é o motivo de na Figura 26, por exemplo, a linha cheia não ir até o final das seiscentas simulações. Muitas das simulações não geraram negócio e a linha ficou parada no mesmo ponto.

Conforme aumenta o número de agentes no leilão aumenta a probabilidade de que agentes com melhores preços participem do leilão fazendo com que a diferença entre os lances paulatinamente aumente. Este aumento da diferença entre os lances dos agentes dá margem para que o modelo de leilão para o máximo excedente aumente sua função objetivo. As curvas mostradas anteriormente provam que a variação do excedente produzido nos respectivos leilões não sofrerá mudanças consideráveis ao se continuar executando simulações. A Tabela 16 mostra como se comportou o excedente gerado nas simulações. Esta tabela apresenta a média dos excedentes gerados nos leilões e seu respectivo desvio padrão que dará uma noção do espalhamento discreto em torno da média que um nova simulação de leilão pode produzir. A variação acumulada mostra um tendência de aumento da diferença do excedente produzido entre os leilões.

Tabela 16: Excedentes médios dos leilões de certificados [R\$/MWh].

	Realizado	Simulações				
	2,60x3,03	3x3	4x4	5x5	6x6	7x7
Modelo do máx. excedente	3.233,19	54.780,36	77.162,18	92.433,70	125.411,53	149.569,92
Desvio padrão	6.649,19	76.013,61	116.630,66	118.622,59	159.517,74	167.746,27
Modelo da máx. quantidade	3.056,06	52.911,71	73.424,43	86.170,40	116.868,69	138.187,74
Desvio padrão	6.661,79	74.888,14	113.783,86	113.557,21	155.206,37	159.942,23
Média das variações discretas	-7,21%	-3,07%	-4,2%	-5,77%	-7,53%	-8,03%
Desvio padrão	20,39%	10,61%	10,91%	11,36%	12,81%	11,63%
Variação acumulada	-5,48%	-3,41%	-4,86%	-6,79%	-6,81%	-7,6%

4.9. A quantidade negociada

As curvas apresentadas nas Figura 31 a 35 mostram uma tendência de aumento da diferença da variação cumulativa da quantidade negociada. Da mesma forma como o aumento do número de agentes aumenta a diferença entre os lances de preço dos agentes e suas respectivas contrapartes, este aumento produz maiores possibilidades de combinação para formação de pares comprador-vendedor no modelo de leilão para a máxima quantidade. Cabe lembrar que todas estas curvas mostram uma tendência de variação cumulativa dos parâmetros quando compara-se o leilão da máxima quantidade com o leilão do máximo excedente no decorrer das simulações.

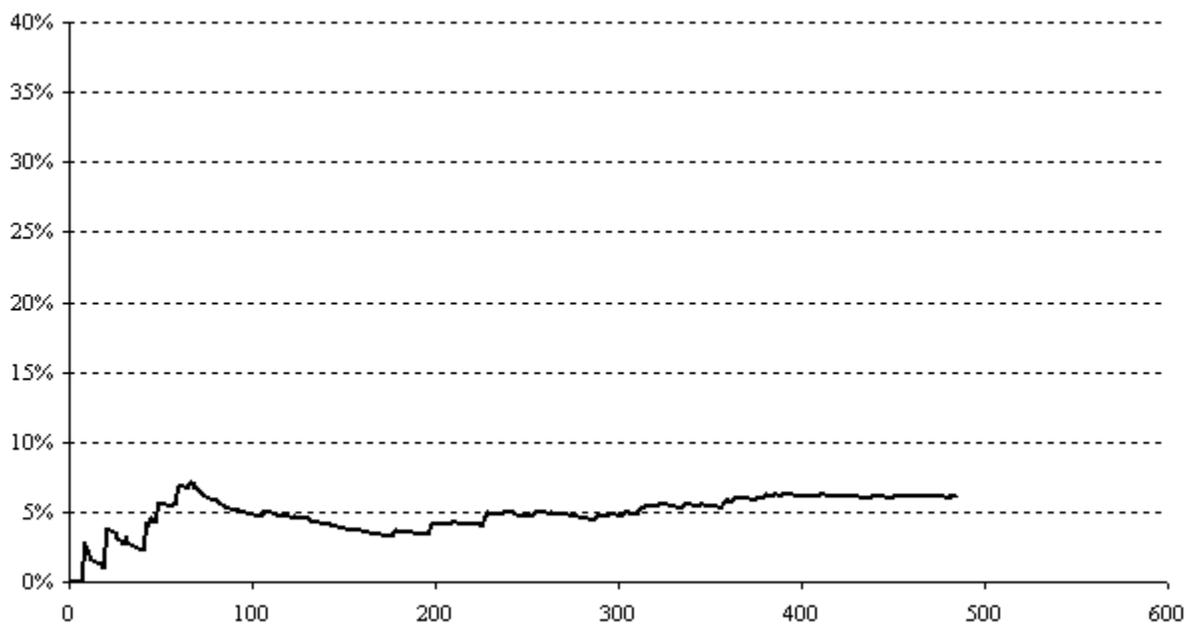


Figura 31: Variação cumulativa da quantidade negociada em leilão 3x3.

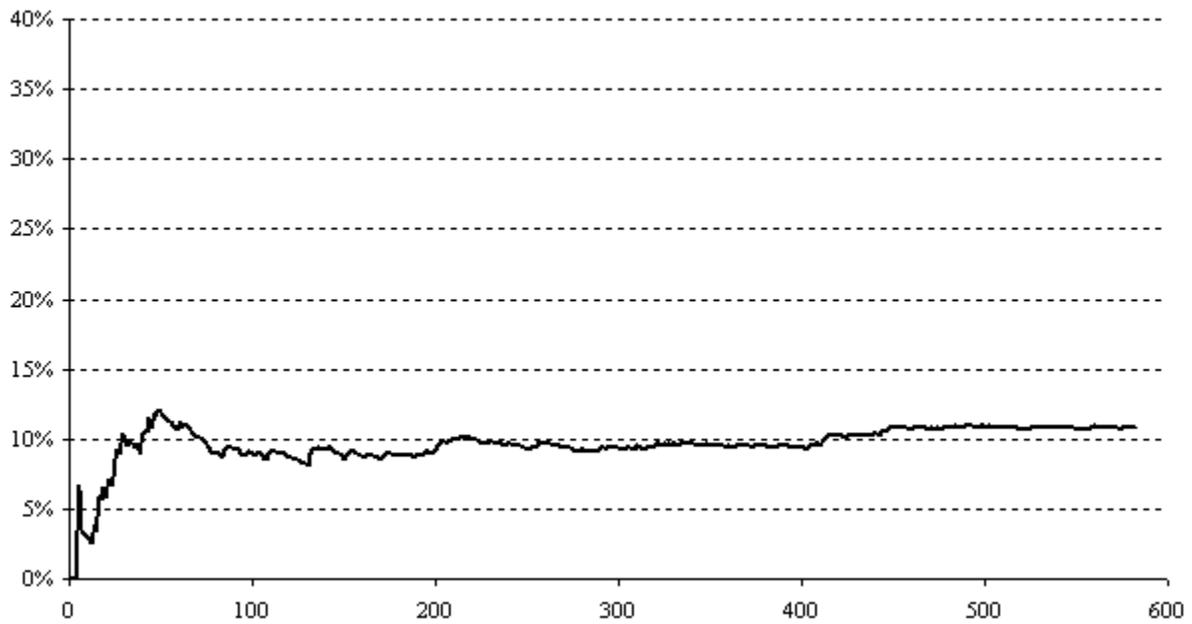


Figura 32: Variação cumulativa da quantidade negociada em leilão 4x4.

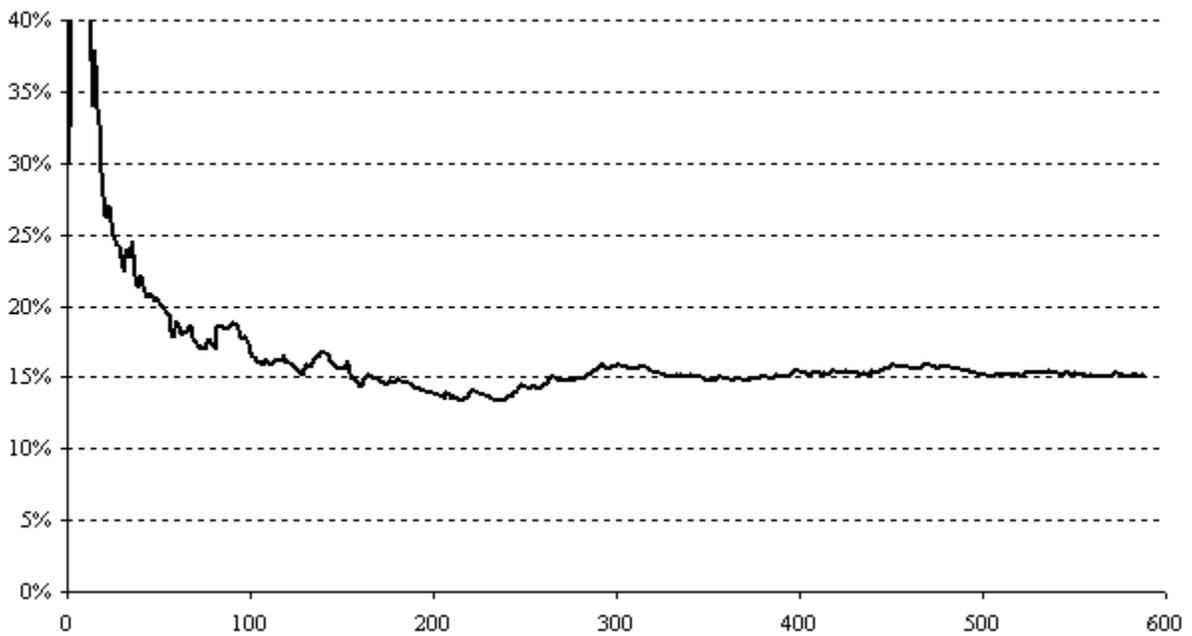


Figura 33: Variação cumulativa da quantidade negociada em leilão 5x5.

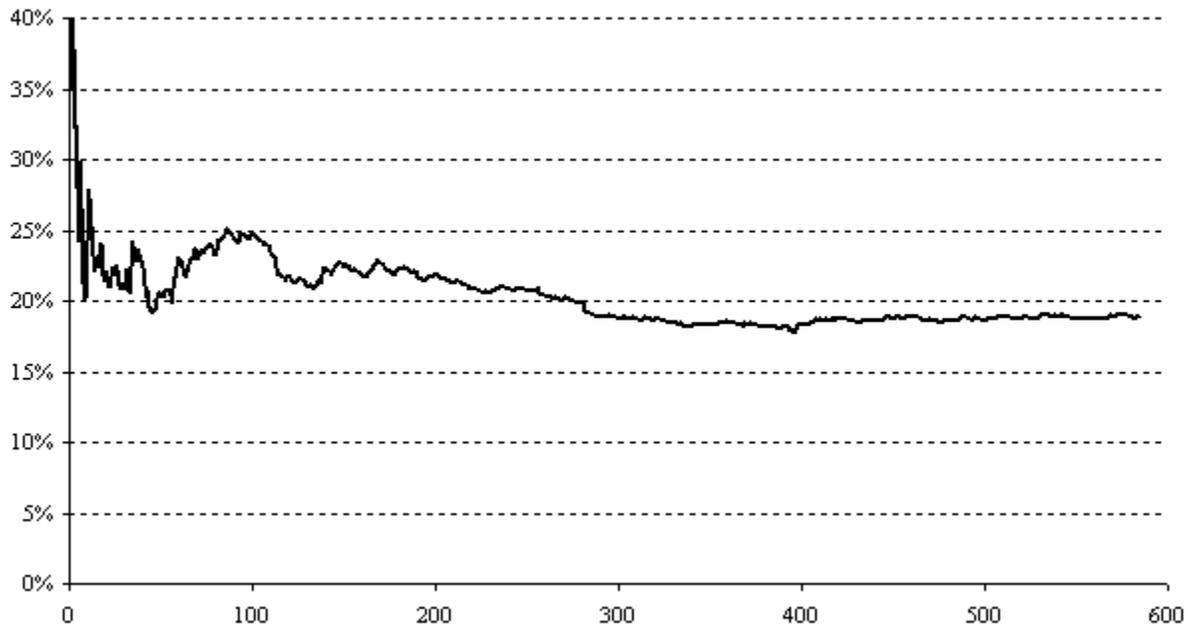


Figura 34: Variação cumulativa da quantidade negociada em leilão 6x6.

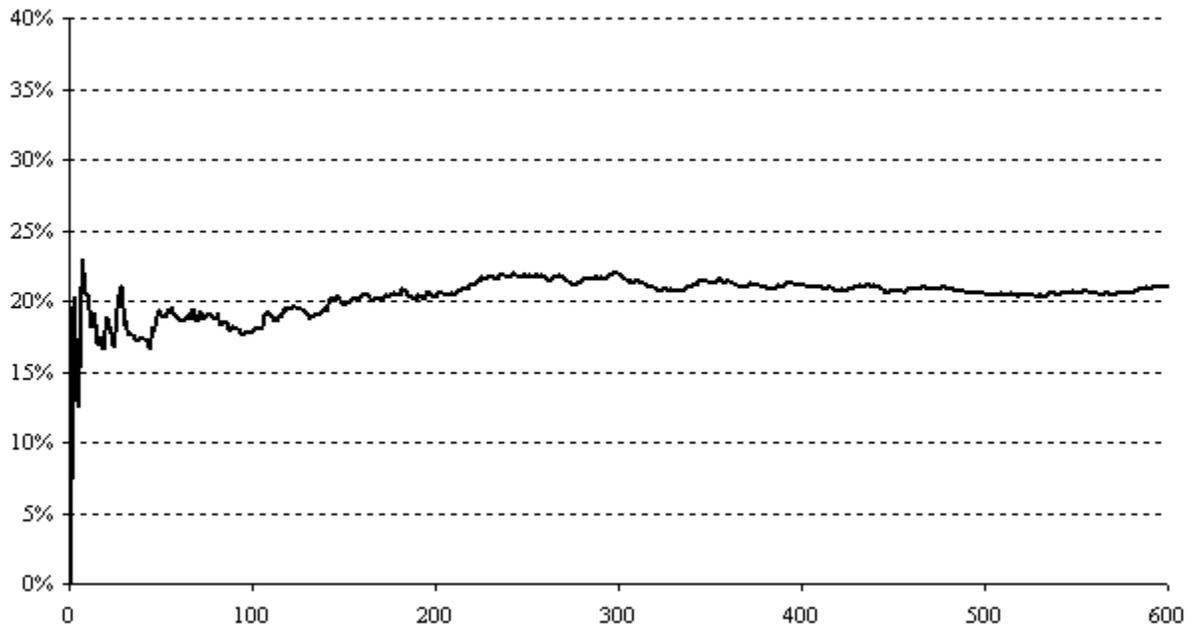


Figura 35: Variação cumulativa da quantidade negociada em leilão 7x7.

A Tabela 17 mostra como se comporta a quantidade negociada no leilão com a variação do número de agentes participantes. Os valores de quantidade são valores médios. Nota-se que, a média do número de agentes no leilão de certificados realizados não condiz com o comportamento das simulações; Os valores obtidos para o leilão de certificados indicam que o comportamento no tocante à quantidade negociada é mais bem representado em um leilão intermediário entre o leilão 3x3 e o leilão 4x4. Talvez simulações de um leilão 3x4 ou 4x3 indique uma melhor aderência entre os valores simulados e realizados.

Tabela 17: Quantidades médias negociadas nos leilões de certificados [MWh].

	Realizado	Simulações				
	2,60x3,03	3x3	4x4	5x5	6x6	7x7
Modelo do máx. excedente	687,40	614,19	856,28	994,83	1.266,05	1.567,71
Desvio padrão	658,52	551,52	773,69	807,73	956,94	1.130,90
Modelo da máx. quantidade	710,39	651,47	948,30	1.145,95	1.505,32	1.897,01
Desvio padrão	668,29	583,71	821,56	917,46	1.096,68	1.324,16
Média das variações discretas	3,81%	6,18%	12,19%	16,18%	22,31%	25,14%
Desvio padrão	13,03%	18,24%	24,88%	28,85%	30,16%	30,93%
Variação acumulada	3,34%	6,07%	10,77%	15,24%	18,9%	20,98%

4.10. O preço da energia

O preço médio da energia negociada no leilão pode ser determinado de várias maneiras, conforme foi apresentado na Seção 3.3.3. Neste trabalho o preço de fechamento foi determinado de três maneiras e todos eles são preços discriminatórios únicos por negócio. Os mais importantes para este trabalho são:

- i. preço de fechamento *discriminatório* determinado pela *média dos lances* de preço dos agentes, visto que esta forma não beneficia de forma discriminatória os agentes do leilão e mostrou produzir preços médios razoavelmente baixos quando comparados com o leilão de preço uniforme;
- ii. preço de fechamento *discriminatório* determinado pelos *lances dos vendedores*. Esta forma, apesar de continuar a beneficiar apenas uma parte do leilão com os excedentes, possui uma melhor comparação com o leilão de preço uniforme, visto

que o leilão de certificados realizado pelo MAE usou preços de fechamento especificados pelo vendedor.

Assim, pode-se comparar os resultados ao se modificar apenas o tipo de preço de fechamento, assim como ao ser alterado o modelo de otimização do leilão.

As curvas mostradas nas Figura 36 a 40 mostram o comportamento da variação cumulativa dos preços de fechamento no decorrer dos leilões e quando se altera o número de agentes no leilão. As três curvas indicadas de baixo para cima mostram o comportamento do preço médio de fechamento quando ele próprio é determinado pelos (i) lances dos vendedores, (ii) média dos lances dos pares comprador-vendedor, e (iii) lances dos compradores.

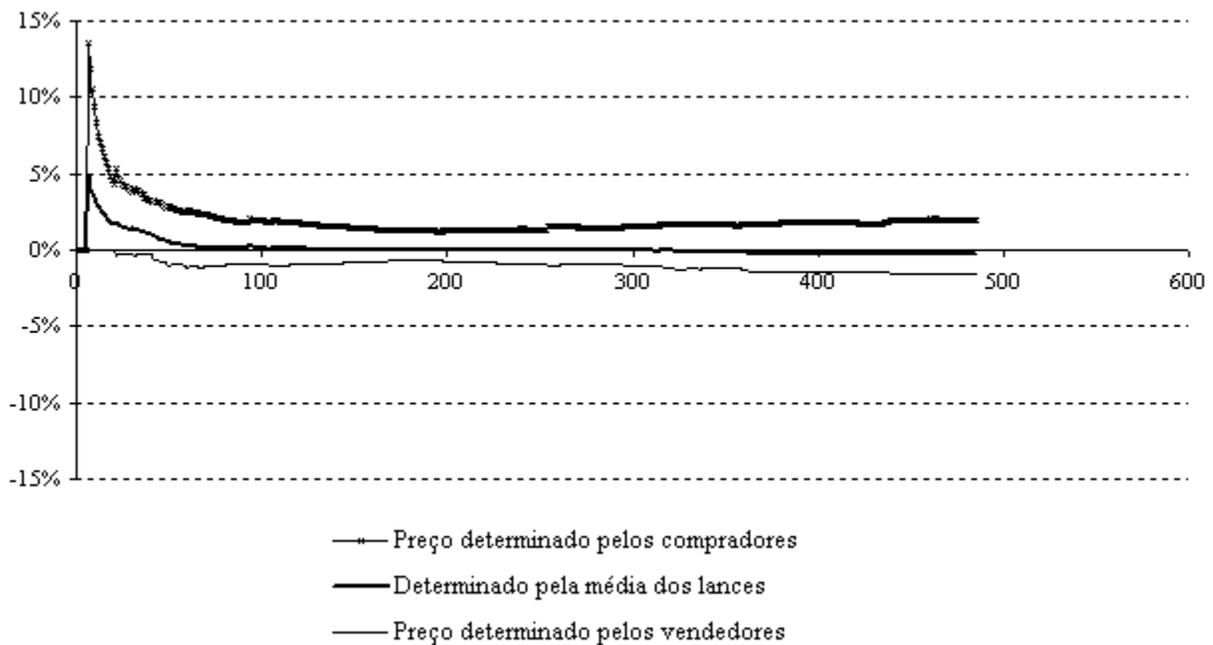


Figura 36: Variação cumulativa do preço da energia negociada em leilões 3x3.

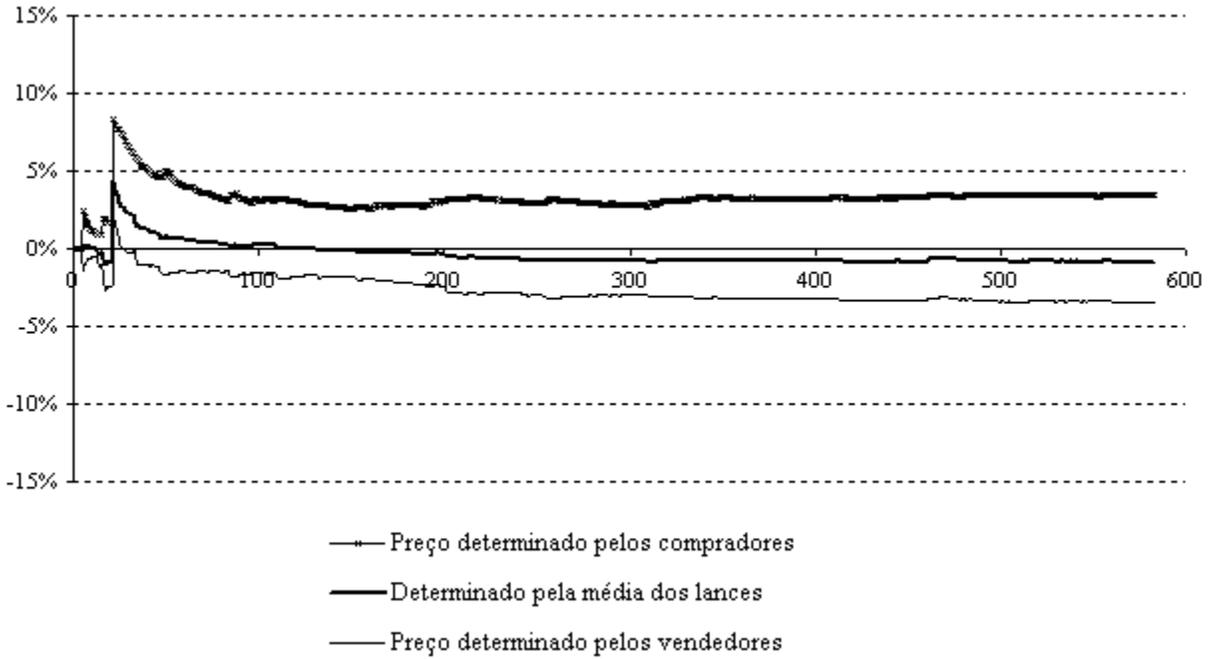


Figura 37: Variação cumulativa do preço da energia negociada em leilões 4x4.

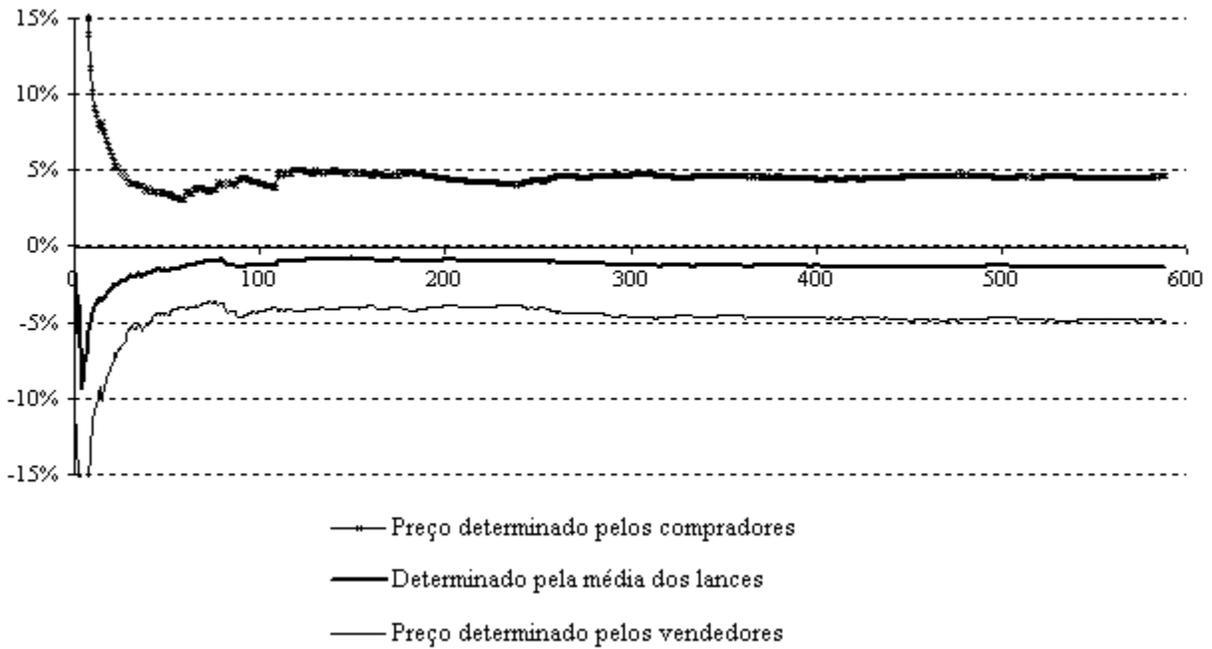


Figura 38: Variação cumulativa do preço da energia negociada em leilões 5x5.

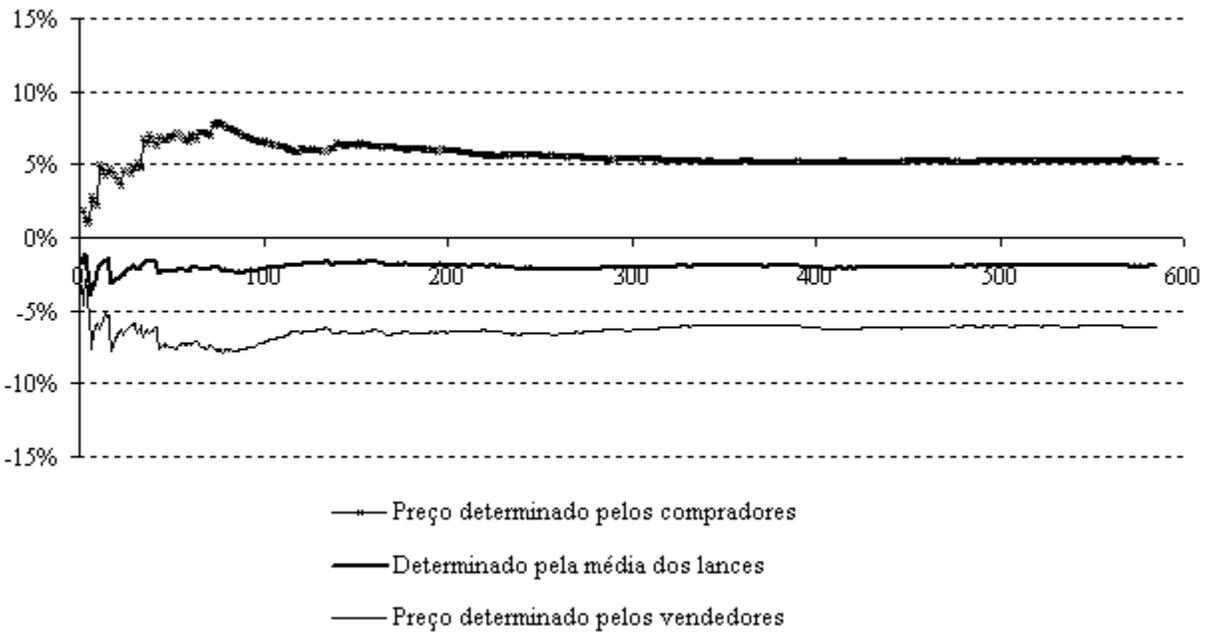


Figura 39: Variação cumulativa do preço da energia negociada em leilões 6x6.

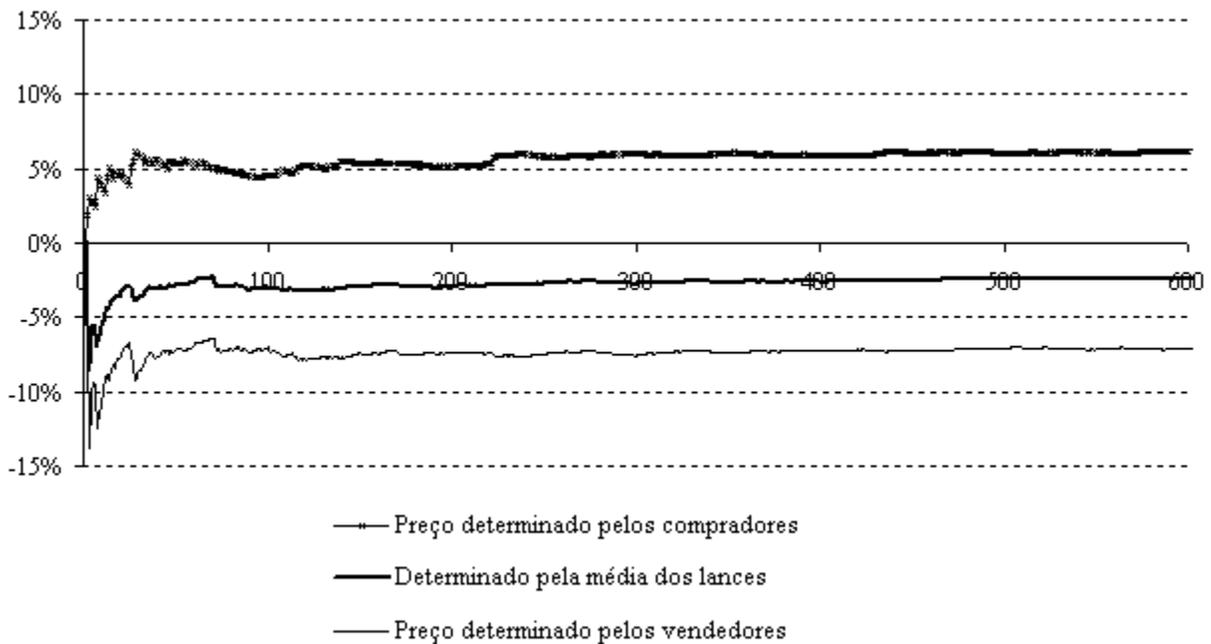


Figura 40: Variação cumulativa do preço da energia negociada em leilões 7x7.

O preço de fechamento assume um comportamento mais característico para cada leilão onde é alterado o número dos agentes. Por exemplo, no leilão com 7 compradores e 7 vendedores

o a variação cumulativa do preço da energia negociada pouco se altera e, para preços determinados pela média dos lances dos agentes este valor se estabelece na casa dos 2% abaixo do preço cumulativo gerado no modelo de leilão para o máximo benefício. A Tabela 18 apresenta este comportamento para um leilão onde o preço é determinado pela média dos lances dos agentes.

Tabela 18: Preços médios de fechamento [R\$/MWh] (média dos lances).

	Realizado	Simulações				
	2,60x3,03	3x3	4x4	5x5	6x6	7x7
Modelo do máx. excedente	171,80	171,33	165,85	167,43	164,27	162,11
Desvio padrão	109,09	58,88	55,21	53,71	46,40	43,12
Modelo da máx. quantidade	171,82	170,93	164,46	165,07	161,05	158,33
Desvio padrão	109,10	58,50	52,95	51,09	43,76	40,34
Média das variações discretas	0,01%	-0,15%	-0,94%	-1,06%	-1,63%	-1,97%
Desvio padrão	0,23%	2,4%	3,39%	3,75%	4,13%	4,39%
Variação acumulada	0,01%	-0,23%	-0,83%	-1,41%	-1,96%	-2,35%

O desvio padrão relativamente baixo mostrado na Tabela 18 para leilões onde é aplicado o modelo da máxima quantidade (e preço discriminatório) mostra como os preços de fechamento possuem um pequeno espalhamento se comparado com os outros parâmetros avaliados. As Tabelas 19 e 20 mostram o comportamento dos preços médios de fechamento quando são determinados pelos lances dos vendedores e dos compradores respectivamente.

Tabela 19: Preços médios de fechamento [R\$/MWh] (lances dos vendedores).

	Realizado	Simulações				
	2,60x3,03	3x3	4x4	5x5	6x6	7x7
Modelo do máx. excedente	169,12	128,07	124,12	122,11	118,76	115,57
Desvio padrão	108,62	42,64	45,52	32,94	28,31	25,72
Modelo da máx. quantidade	169,30	130,61	128,36	127,68	125,10	122,90
Desvio padrão	108,55	42,77	44,81	33,71	29,69	26,24
Média das variações discretas	-0,13%	-1,36%	-3,02%	-3,97%	-5,27%	-6,21%
Desvio padrão	0,50%	4,19%	6,12%	6,94%	7,07%	7,73%
Variação acumulada	-0,08%	-1,56%	-3,38%	-4,84%	-6,09%	-7,13%

Tabela 20: Preços médios de fechamento [R\$/MWh] (lances dos compradores).

	Realizado	Simulações				
	2,60x3,03	3x3	4x4	5x5	6x6	7x7
Modelo do máx. excedente	174,48	214,59	207,57	212,75	209,78	208,65
Desvio padrão	109,73	90,94	82,61	87,19	76,25	71,35
Modelo da máx. quantidade	174,34	211,26	200,57	202,47	197,01	193,77
Desvio padrão	109,81	89,51	77,07	79,12	68,19	62,87
Média das variações discretas	0,15%	2,43%	3,50%	5,20%	5,86%	7,01%
Desvio padrão	0,52%	9,63%	9,55%	11,22%	11,75%	11,58%
Variação acumulada	0,11%	1,99%	3,42%	4,56%	5,34%	6,27%

O leilão para a máxima quantidade faz com que novos agentes participem do leilão; Assim uma maior quantidade é negociada e a combinação realizada pelo modelo para a maximização da quantidade resulta em preços ligeiramente mais baixos. Mount (1999) defende o uso do leilão de preço discriminatório em leilões de energia pelo fato de produzir uma baixa volatilidade do preço de fechamento.

4.11. O volume negociado

Como foi visto na Seção 4.1 o volume de negócios é uma medida importante de sucesso de um leilão. O volume de negócios depende diretamente do preço de fechamento da energia, assim como da quantidade negociada. O volume negociado é uma composição destes parâmetros e por isto revela um comportamento parecido com o do preço de fechamento. A seguir são apresentadas as curvas das Figuras 41 a 45. Estas curvas mostram como a variação cumulativa do volume médio de negócios pelo modelo proposto se comporta quando comparado com o modelo do máximo excedente ao longo das simulações. Esta curva mostra o comportamento cumulativo desta variação; Assim pode-se associar um valor de variação para determinado tipo de leilão.

As curvas estão dispostas da mesma forma como nas curvas de variação do preço de fechamento. A curva mais acima representa a variação cumulativa do volume quando é adotado o preço de fechamento discriminatório determinado pelos lances dos compradores. A curva do meio mostra a variação quando adota-se o preço de fechamento calculado a partir da média dos

lances e a curva mais abaixo mostra o comportamento da variação cumulativa do volume quando é adotado o preço de fechamento a partir do lance de preço dos vendedores.

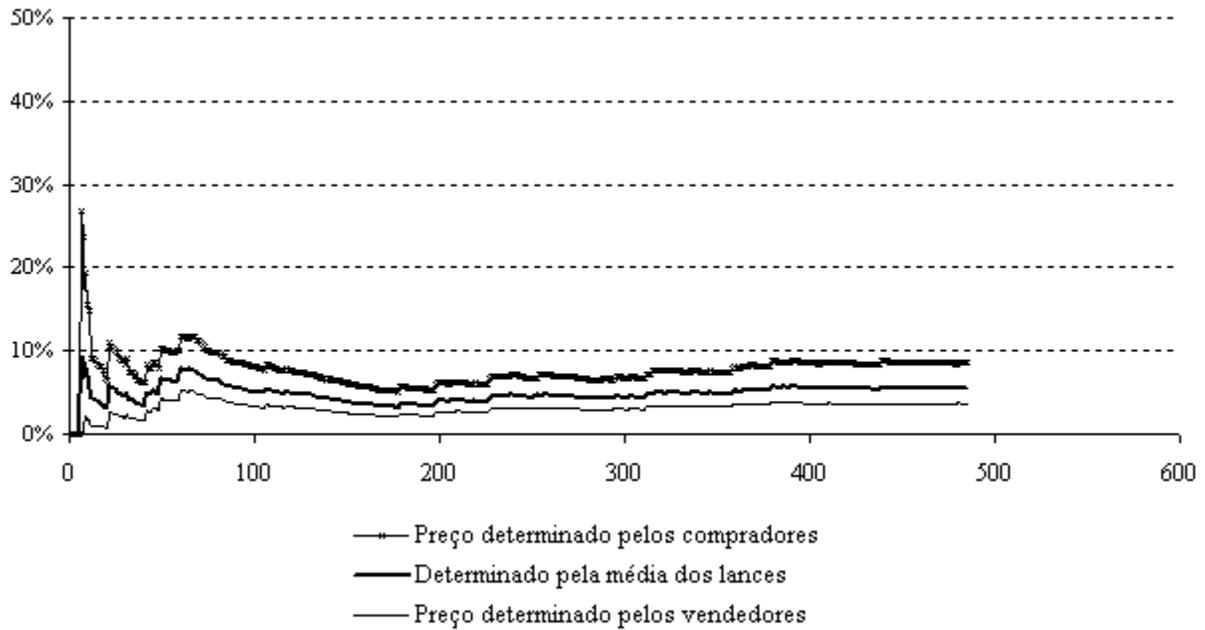


Figura 41: Variação cumulativa do volume negociado em leilão 3x3.

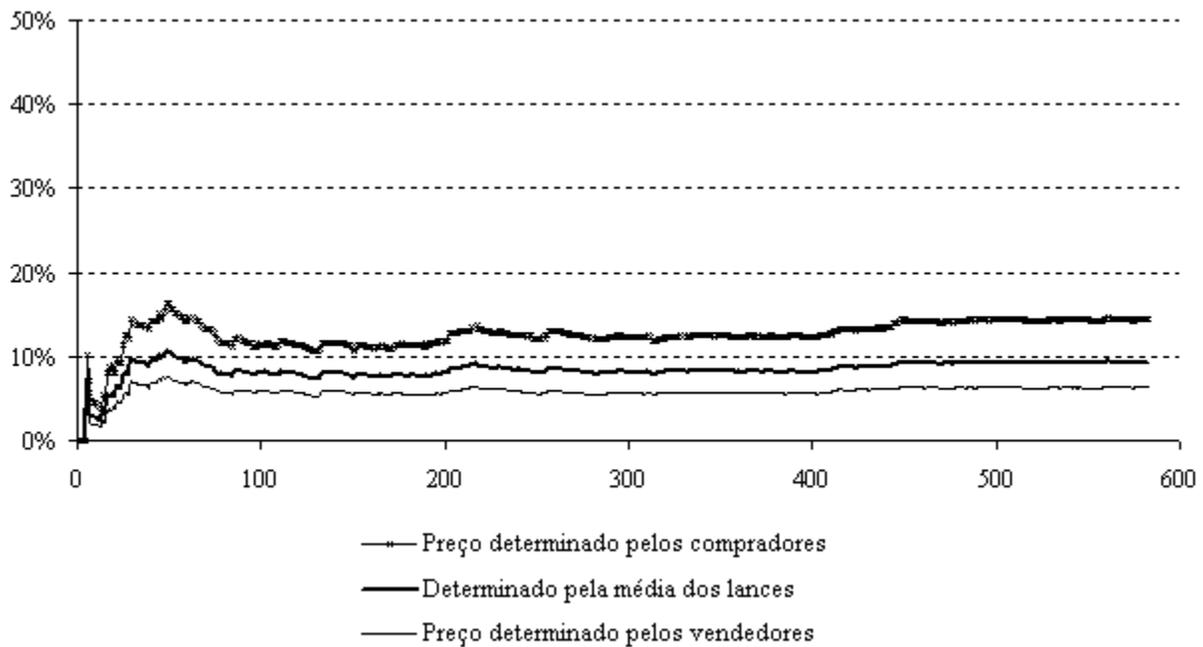


Figura 42: Variação cumulativa do volume negociado em leilão 4x4.

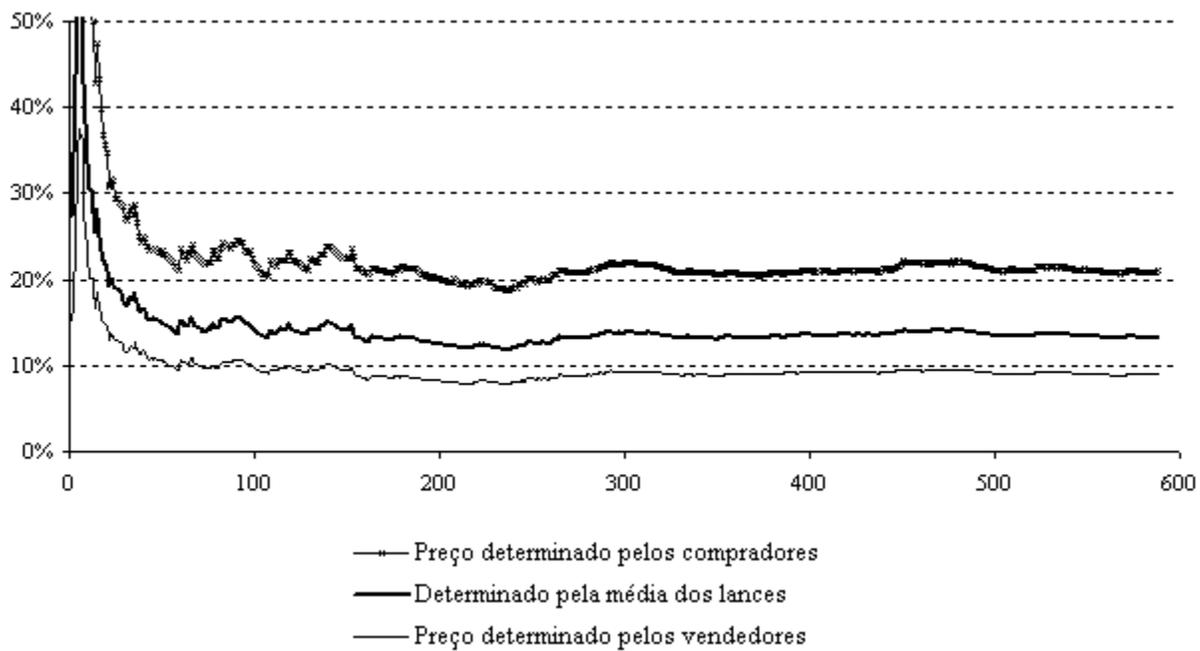


Figura 43: Variação cumulativa do volume negociado em leilão 5x5.

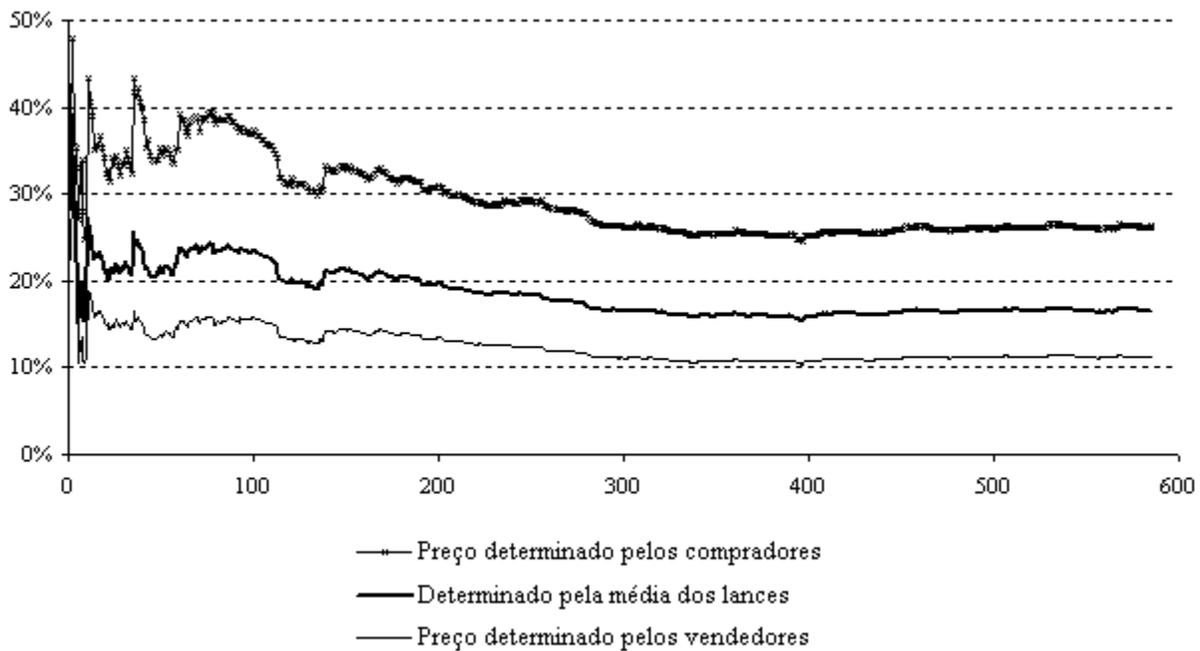


Figura 44: Variação cumulativa do volume negociado em leilão 6x6.

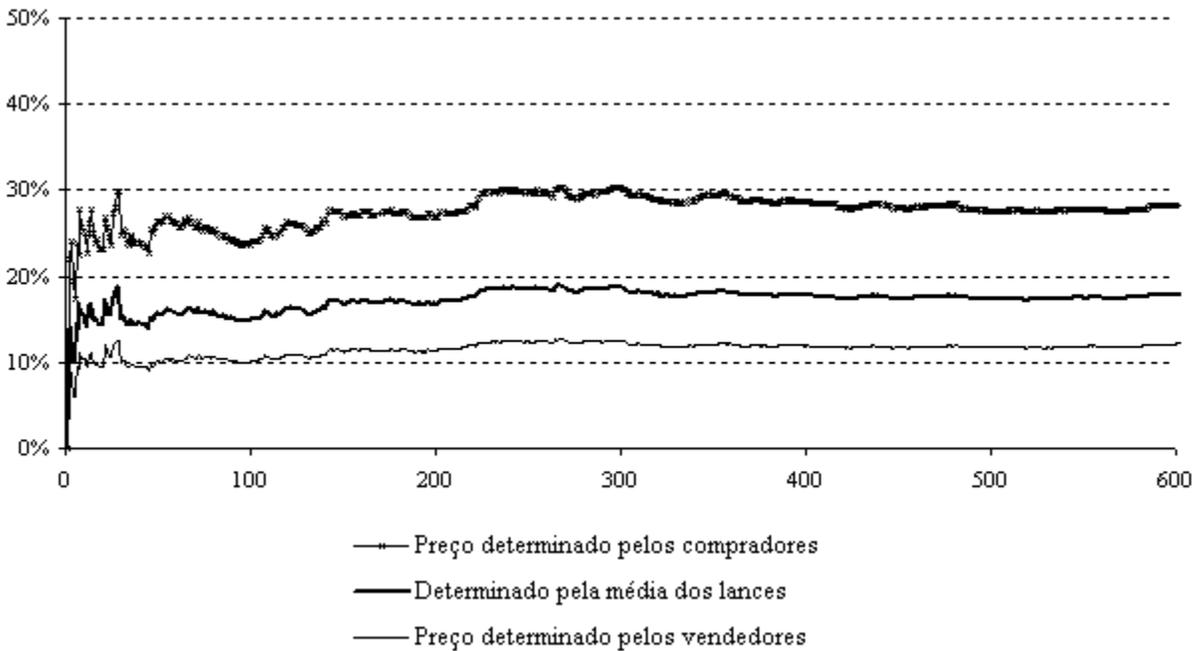


Figura 45: Variação cumulativa do volume negociado em leilão 7x7.

A variação do volume de negócios se mostra com uma volatilidade maior que a confirmada no preço de fechamento. Isto ocorre por causa da natureza do próprio volume, que é uma combinação das componentes de preço de fechamento e da quantidade total negociada. Uma vez que a quantidade média negociada tem uma alta volatilidade, e o volume médio depende da quantidade negociada, o volume herda esta característica. No entanto, o preço de fechamento apresenta um valor bem definido ao se variar o tipo do leilão. Os dados da Tabela 21 mostram a variação do volumes médios de venda nos leilões quando se varia o número de agentes e quando o preço de fechamento é determinado pela média dos lances dos agentes. As Tabelas 22 e 23 mostram, respectivamente, os resultados do volume médio quando o preço de fechamento é determinado pelo comprador e pelo vendedor.

Tabela 21: Volumes médios de venda [R\$] (média dos lances).

	Realizado	Simulações				
	2,60x3,03	3x3	4x4	5x5	6x6	7x7
Modelo do máx. excedente	117.646,74	105.313,12	145.830,73	167.542,82	214.084,23	257.725,60
Desvio padrão	128.677,22	105.148,72	163.515,09	163.262,22	199.438,16	215.660,48
Modelo da máx. quantidade	120.660,08	111.035,89	159.272,19	189.860,28	249.574,48	303.940,93
Desvio padrão	129.349,80	109.730,03	170.905,18	178.350,72	221.712,95	240.738,80
Média das variações discretas	3,81%	5,92%	10,74%	14,49%	19,77%	21,93%
Desvio padrão	13,04%	17,55%	22,65%	26,83%	27,5%	26,88%
Variação acumulada	2,56%	5,44%	9,24%	13,35%	16,58%	17,89%

Tabela 22: Volumes médios de venda [R\$] (lances dos vendedores).

	Realizado	Simulações				
	2,60x3,03	3x3	4x4	5x5	6x6	7x7
Modelo do máx. excedente	116.030,14	77.922,94	107.249,65	121.325,97	151.378,47	182.940,64
Desvio padrão	127.390,96	77.353,82	122.206,76	116.430,86	132.548,84	152.308,90
Modelo da máx. quantidade	119.132,05	84.580,04	122.559,97	146.775,08	191.140,13	234.847,06
Desvio padrão	128.120,02	83.293,29	131.178,62	134.962,88	162.224,23	180.994,14
Média das variações discretas	3,64%	4,09%	7,57%	9,9%	14,15%	15,3%
Desvio padrão	12,6%	12,54%	16,98%	19,00%	20,82%	19,11%
Variação acumulada	2,45%	3,61%	6,29%	8,99%	11,28%	12,16%

Tabela 23: Volumes médios de venda [R\$] (lances dos compradores).

	Realizado	Simulações				
	2,60x3,03	3x3	4x4	5x5	6x6	7x7
Modelo do máx. excedente	119.263,33	132.703,31	184.411,82	213.759,67	276.790,00	332.510,56
Desvio padrão	130.035,78	137.905,50	212.934,81	216.306,77	273.322,00	289.638,21
Modelo da máx. quantidade	122.188,11	137.491,75	195.984,40	232.945,48	308.008,83	373.034,80
Desvio padrão	130.652,94	141.236,33	218.363,71	227.707,27	289.898,38	309.745,42
Média das variações discretas	4%	9,85%	17,57%	24,51%	31,43%	36,21%
Desvio padrão	13,51%	30,95%	37,29%	46,40%	45,32%	47,21%
Variação acumulada	2,67%	8,55%	14,31%	21,02%	26,27%	28,31%

Com base nos dados das simulações apresentadas na tabela, pode-se notar que o leilão proposto apresenta vantagens consideráveis nos quesitos volume de negócios e quantidade de bens negociados, conforme mostra a Figura 46. Esta figura exhibe os valores considerando o preço determinado pela média dos lances dos agentes.

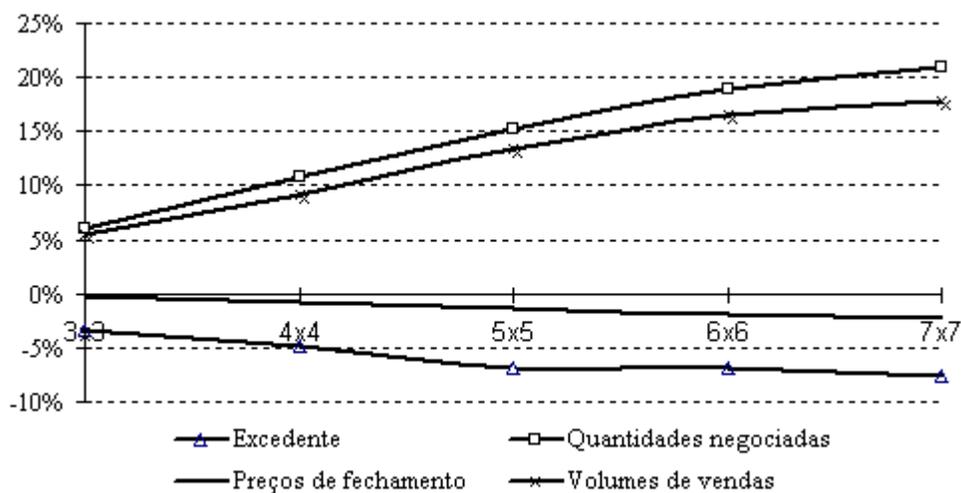


Figura 46: Variação dos parâmetros com o aumento do n° de agentes.

O modelo proposto gera preços menores comparados com o modelo do máximo benefício quando são utilizados os lances dos vendedores ou a média dos lances para se calcular o preço de fechamento, conforme é mostrado na Figura 47.

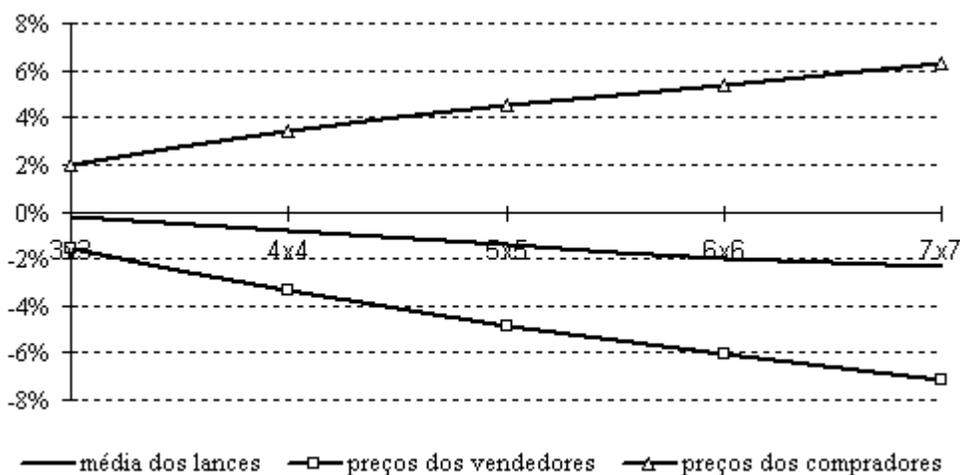


Figura 47: Variação dos preços de fechamento conforme modo de cálculo.

O modelo proposto também gera volumes maiores, não importando como os preços são determinados, conforme mostra a Figura 48.

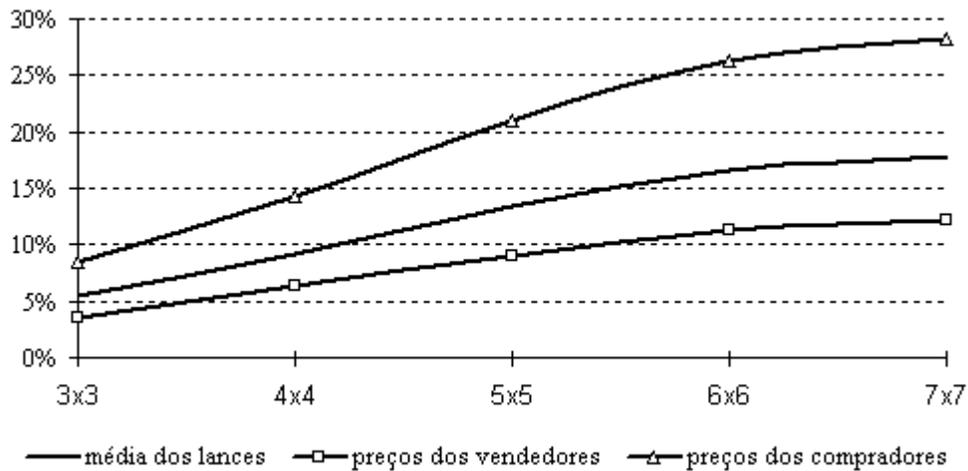


Figura 48: Variação do volume negociado conforme modo de cálculo do preço de fechamento.

Importante salientar que as simulações referentes ao leilão uniforme que constam na seção 4.6, bem como os dados que contidos na Seção 3.3.3. e na última tabela do Apêndice, foram realizadas exatamente como aconteceu com os leilões de certificados, inclusive com a mesma regra observada na determinação do preço de fechamento; Regra esta que foi amplamente explorada na Seção 3.3.3..

5. Considerações finais e conclusões

Os leilões de certificados foram criados durante o racionamento ocorrido entre junho de 2001 e fevereiro de 2002 onde os agentes que possuíam ou necessitavam de energia além da meta estabelecida puderam comercializar este excedente. Estes leilões ocorreram pela internet e possuíam seus dados de entrada e saída divulgados até o início do leilão seguinte. Estes dados foram coletados e utilizados nesta dissertação para testar um modelo para maximização da quantidade de energia negociada.

Este trabalho comparou dois modelos de leilão com objetivos distintos. O primeiro modelo foi utilizado pelo MAE para a resolução do leilão de certificados. Este modelo gera a mesma solução do método guloso, como foi visto na Seção 4.3. O outro modelo procurou tornar máxima a quantidade de negócios realizados no leilão. Uma diferença estrutural entre os dois modelos está na determinação do preço de fechamento; O modelo utilizado pelo MAE usa apenas um preço para todos os negócios realizados no leilão, enquanto que no modelo proposto não é possível que se exija isto; No modelo proposto existe um preço para cada negócio realizado no âmbito do leilão. Não é apenas esta característica que torna o leilão proposto especial. A Seção 4.5 mostra como esta proposta difere do modelo utilizado pelo MAE na sua essência. Foram realizadas mais de três mil simulações baseadas nos dados realizados do leilão de certificados que constam no Apêndice deste trabalho. Nem todas as simulações realizadas geraram negócios. A Tabela 24 mostra algumas estatísticas a respeito das simulações.

Tabela 24: Estatística do uso do leilão proposto.

	Realizado	Simulações				
	2,60x3,03	3x3	4x4	5x5	6x6	7x7
Número de simulações (100%)	155	600	600	600	600	600
Aconteceram negócios	77 (49,67%)	474 (79%)	534 (89%)	576 (96%)	586 (97,67%)	598 (99,67%)
O modelo proposto gerou mais negócios	10 (6,45%)	80 (13,33%)	170 (28,33%)	244 (40,67%)	337 (56,17%)	390 (65%)

Na Seção 4.6 foi realizada comparação dos resultados a partir de simulações com os dois modelos utilizando dados idênticos aos realizados nos leilões de certificados que aconteceram no período do racionamento. Estas simulações apontaram que o leilão proposto, aquele que maximiza a quantidade negociada, se mostra vantajoso quando é usado o preço de fechamento baseado nos lances dos vendedores. O modelo proposto gerou 3,34% a mais de quantidade negociada a um preço 0,34% menor do que foi praticado no leilão real, que utilizou preço de fechamento uniforme. Estes negócios resultaram em um aumento no volume de venda da ordem de 0,2%, que equivale a mais de 180 mil reais. Estes dados são apresentados na Tabela 14. Toda esta diferença foi gerada por apenas dez leilões nos quais o modelo proposto gerou resultados diferentes dos gerados nos leilões que foram realizados. Comparado com o total de dias que houve leilões, isto equivale a 6,45% dos dias, conforme mostra a Tabela 24. No restante dos dias o modelo proposto gerou os mesmos resultados que os gerados pelo modelo do máximo excedente, que por sua vez, foi o modelo utilizado nos leilões de certificados, bem como em todos os outros que constam na literatura.

Posteriormente foram realizadas simulações variando-se o número de agentes nos leilões; Foram usados leilões com 3x3, 4x4, 5x5, 6x6 e 7x7 (nº de compradores x nº de vendedores), e os parâmetros de quantidade negociada, excedente gerado, preços produzidos e volumes negociados foram identificados. Os resultados obtidos mostram que ao aplicar a metodologia proposta nesta dissertação, o leilão proposto gerou maior quantidade negociada, maior volume de negócios e preços menores. A Figura 49 mostra a taxa na qual o modelo proposto gera resultados diferentes do modelo para a máxima quantidade. Quanto maior o número de agentes no leilão, maior é o percentual de vezes que o modelo de leilão proposto gera maiores quantidades negociadas e maior volume de negócios. Estas estatísticas consideram a mesma distribuição de probabilidades para todos os sorteios realizados, conforme mostram as Figuras 20 a 25.

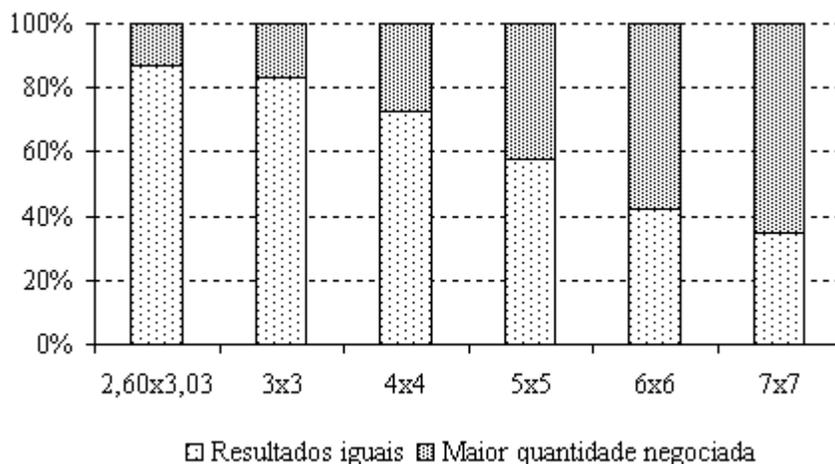


Figura 49: Desempenho do modelo da máxima quantidade.

Cabe ressaltar que os resultados obtidos aqui são fruto de dados coletados a partir de um modelo de leilão com características um pouco diferentes do modelo de leilão proposto nesta dissertação. O leilão de certificados possuía preço de fechamento uniforme enquanto este modelo pressupõe preço discriminatório. O presente trabalho não pretende transpor as conclusões a que chegou este trabalho para todos os tipos de leilão; Isto apenas seria válido se for considerado que o comportamento dos participantes de um leilão com preço uniforme é semelhante ao comportamento em leilões com preço discriminatório, o que não é possível afirmar com base no dados dos leilões de certificados. Ademais, não há garantias de que os agentes se comportarão da mesma forma em um provável uso deste modelo de leilão. O comportamento de um participante é exteriorizado em forma de lances. Tais lances foram considerados idênticos em toda a análise contida nesta dissertação.

Mount (1999) observa que com preços discriminatórios os leilões tendem a gerar preços com menor volatilidade. Porém Wolfram (1999) afirma que os dois modelos apresentam vantagens e desvantagens específicas que foram descritas na Seção 3.3.3. A primeira coisa que se nota no estudo dos modos de preço de fechamento é que não há um modo totalmente livre de desvantagens. Uma vez determinado que o preço de fechamento é uniforme, a metodologia proposta não surtirá melhorias quando comparado como o modelo de máximo excedente, visto que a primeira etapa do modelo do leilão se utiliza do universo das negociações factíveis e isto não pode ser considerado no leilão com preço uniforme.

Entende-se que numa situação de exceção, como um racionamento, não se justifica o uso de um leilão como uma forma de fixar preços ou gerar excedentes diferenciados entre os agentes envolvidos em uma mesma negociação; desta maneira, não se justifica o uso de remuneração por preço uniforme. Ademais, se o objetivo do leilão era maximizar o atendimento das ofertas de compra e de venda, ou seja, da quantidade de negócios (energia transferida), como deixa claro ASMAE (2001) e SPE (2001), esta dissertação conclui que o uso do preço discriminatório é uma condição necessária, visto que muitas soluções de máxima quantidade negociada obrigam a curva de oferta e demanda possuírem mais de um ponto em comum, conforme mostra a Figura 19. Este trabalho aponta uma solução de como tornar máxima a quantidade de negócios realizada em um leilão duplo de um bem homogêneo como a energia elétrica.

Do ponto de vista dos agentes que participam do leilão o modelo proposto apresenta vantagens e desvantagens. Vantagens no aspecto de que mais agentes realizarão negócios, visto que o modelo apresentado aumenta significativamente a quantidade negociada e o agente será beneficiado da mesma forma que a sua contraparte, dado que o leilão utiliza preço discriminatório e o preço de fechamento pode ser determinado pela média dos lances, conforme ilustra a Figura 46. Desvantagens na geração de excedentes, visto que o leilão proposto, comparado ao modelo de máximo excedente, produz cerca de 1% a menos de excedentes em média, como mostra a Figura 46.

Do ponto de vista do leiloeiro este modo de realizar um leilão apresenta vantagens, visto que ele produz volumes de negócio sempre maiores que o modelo do máximo excedente, assim como a quantidade de bens negociados, aumentando o sucesso do leilão. Porém, se o objetivo do leiloeiro é gerar preços baixos, o modelo proposto apenas apresenta vantagens quando o preço de fechamento não é determinado pelo comprador, mas sim pelo vendedor ou pela média dos lances.

Quanto ao consumidor final, no caso dos leilões de certificados acredita-se que menores preços e maiores quantidades negociadas sejam vantajosos. O modelo proposto atende satisfatoriamente estas condições, desde que aplicados preços de fechamento discriminatórios calculados a partir dos lances dos vendedores ou pela média dos lances dos agentes, como foi mostrado na Figura 46.

Kahn et. all. (2001) acreditam que a remuneração dos agentes a partir do preço discriminatório *pay-as-bid* é pior para o consumidor final pelo fato de onerar o produtor de

energia com menor poder econômico e o conseqüente repasse dos custos ao consumidor, trazendo assim, segundo os autores, mais prejuízos que benefícios. Porém os resultados que este trabalho apresenta não são relativos à aplicação de preço discriminatório *pay-as-bid*, mas sim do preço discriminatório único por negociação. Ademais, autores como Ethier et. all. (1999), mostram que a remuneração por preço uniforme não possui as vantagens que se apregoa quando este modelo é aplicado em um mercado de energia elétrica, com agentes de relativo poder de mercado, trechos com restrições de transmissão e um número relativamente baixo de agentes.

Enfim, a discussão em torno da forma de remuneração dos agentes é algo que, até o momento, não apresenta convergência. Tanto é verdade que a Inglaterra adotou em março de 2001 a remuneração dos agentes a partir do preço discriminatório *pay-as-bid* por acreditar que este modelo de leilão está menos sujeito às manipulações por parte dos agentes com grande poder econômico; Eles esperam que esta medida reduza os preços da energia. Fabra et. all.(2002) e Klemperer (2001) sugerem que a Inglaterra optou por esta medida devido à ocorrência de colusão tácita entre os agentes. Em muitos mercados, inclusive no brasileiro, a forma de remuneração dos agentes adotada pelo mercado atacadista é a de preço uniforme por submercado, o chamado preço MAE. Fabra et. all. (2002), assim como muitos autores, defendem a aplicação de preço discriminatório, assim como o tipo *pay-as-bid*.

Uma maior variedade de simulações podem ser feitas com vistas a analisar os impactos nos parâmetros aqui expostos quando há acréscimos de agentes apenas de um lado do leilão; Por exemplo, um leilão com maior número de vendedores do que compradores. Ademais, é interessante usar outros valores de entrada para testar a validade deste modelo em outros tipos de leilão, ou até mesmo adotar este modelo para testes na comercialização de algum bem de consumo.

Finalmente, é válido analisar a influência deste tipo de leilão na geração de excedentes para cobrir os sobrecustos gerados pela operação em tempo real da rede básica de que tratou Amboni (2002) onde agentes fora da ordem de mérito no despacho que, devido restrições de transmissão, eram despachados e precisavam ter remuneração adequada.

Referências bibliográficas

- AMBONI, M. K.; SILVA, E. L. “Alocação do sobrecusto operativo via teoria dos jogos cooperativos” Grupo de estudos de planejamento de sistemas energéticos – Grupo VII, XVII SNPTEE, Campinas, 2001.
- ARAUJO, J. L. R. H., “Modelos de energia para planejamento”. Área Interdisciplinar de Energia COPPE/UFRJ, 1988. Tese para concurso de professor titular.
- ASMAE “Normas para comercialização temporária de energia elétrica em razão do programa emergencial de racionamento” Documento da ASMAE - Administradora de Serviços do Mercado Atacadista de Energia. Versão 07/08/2001.
- ASSUNÇÃO, V. F. da, “Otimização energética de rede de trocadores de calor: abordagem multi-objetivo em grafo generalizado”. Faculdade de Engenharia Mecânica/Unicamp, Campinas, 1997. Dissertação (mestrado).
- AUSUBEL, L. M., “An efficient ascending-bid auction for multiple objects”. Working Paper 97–06, University of Maryland, 1997.
- AUSUBEL, L.M., CRAMTON P., “Demand reduction and inefficiency in multi-unit auctions”. Working Paper 96–07, University of Maryland, 1996.
- CIGRE Joint Working Group 39/11 “ Exchange of Services between Large Electricity Generating Plants and High Voltage Electric Power Systems”, CIGRE, July 1998. *apud* LEFEVRE M., 2000.
- CRAMTON, P. “Application of auction theory: Ascending auctions”. European Economic Review 42, 745–756. Maryland, 1998.
- DEKRAJANGPETCH, S.; SHEBLÉ, G. B. “Structures and formulations for electric power auctions”. Electric Power Systems Research, v.54, (3). Iowa, 2000.
- ETHIER, R. et. all. “A uniform price auction with locational price adjustments for competitive electricity markets” Electrical Power and Energy Systems, vol 21 pp. 103-110, 1999.
- FABRA, N.; FEHR, N. H.; HARBORD D. “Modeling Electricity Auctions” In Proceedings, The Electricity Journal, Elsevier Science, 2002.

- FRIEDMAN, M. A. “A program for a monetary stability”. NY: Fordham University Press, pp 63–65, 1960 *apud* ETHIER (1999).
- HUDSON, R. “Analysis of uniform and discriminatory price auctions in restructured electricity markets”. Technical Report , pp. 1-7, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, 2000.
- KAHN, A. E.; CRAMTON, P. C.; PORTER, R. H.; TABORS, R. D. “Pricing in the California Power Exchange electricity market: should California switch from uniform price to pay-as-bid pricing?” A study commissioned by the California Power Exchange. Blue Ribbon Panel Report, janeiro de 2001.
- KLEMPERER, P. “Auctions theory: a guide to the literature”. *Journal of Economic Surveys* 13 (3), 227–286. Oxford, 1999.
- _____ “What really matter in auction design”. Mimeo, Nuffield College, Oxford University, England, 2001.
- _____ “Why every economist should learn some auction theory”. Nuffield College, Oxford University, England, 2000.
- MAE, “Treinamento para os participantes do leilão de energia elétrica – 10/09/2002” documento disponível na página oficial do MAE em setembro de 2002.
- MILGROM, P. R.; ROBERT J. W. “A Theory of Auctions and Competitive Bidding,” *Econometrica*, 1982, vol. 50, pp. 1089–1122.
- MOREY, M. J. “Power market auction design: rules and lessons in market-based control for the new electricity industry”. Relatório técnico, Envision Consulting, Alexandria, 2001.
- MOUNT, T. “Market Power and Price Volatility in Restructured Markets for Electricity.” *IEEE Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences*, January 5–8, 1999. Maui, Hawaii.
- ONS, “Estatuto do ONS – art. 4, inciso V” www.ons.org.br em 05/1999.
- OREN, S. S. “Design of ancillary service markets”. In proceedings of the 34th annual Hawaii international conference on system sciences, vol. 5. IEEE Computer society. 2001.
- PERRY, M.; WOLFSTETTER, E. “A Sealed-Bid Auction That Matches the English Auction”; *Games and Economic Behavior* 33, 265–273 (2000) *apud* MILGROM (1982).
- RASMUSEN, E. “Games and information: an introduction to game theory” 3 ed.; pp323–339, Blackwell Publishers, Indiana University, Bloomington, 2001.
- RESEB – Estágio VI 98, “Serviços ancilares”. Ordem de serviço 98/2/2–2. SEN/Eletróbrás. p.63. PRICEWATERHOUSECOOPER et. al., Brasília, 1998.
- RPPI. “Privatization 2002: Putting pieces together”. Relatório Técnico. 16th Annual Report on Privatization, Reason Public Policy Institute, 2002.

SPE “Panorama macroeconômico brasileiro – Efeitos do racionamento de energia elétrica sobre a oferta agregada. Secretaria de Política Econômica – Ministério da Fazenda, Brasília, junho de 2001 – disponível em <http://www.energiabrasil.gov.br/estudos.asp> em 09/2002.

VICKREY, W. “Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders” *Journal of Finance*, March 1961, 16(1), pp. 8–37.

WOLFRAM, C. “Electricity markets: Should the rest of the world adopt the UK reforms?” Working paper of University of California. Berkley, 1999.

WOLFSTETTER, E. “Topics in Microeconomics. Industrial Organization, Auctions, and Incentives” Cambridge University Press, Ch8 70p, Chinese Edition, Berlin, 1999.

WOLFSTETTER, E. “Third-and higher-price auctions” Humboldt-Universität zu Berlin, 9p, Berlin, 1995.

Legislação

Art. 22, 37 e 175 da Constituição Federal.

Lei 8.666 de 21 de junho de 1993 .

Lei 8.987, de 13 de fevereiro de 1995.

Lei 9648 de 27 de maio de 1998.

Lei 10.438, de 26 de abril de 2002.

Decreto 1.503 de maio de 1995.

Páginas da Internet

<http://www.nordpool.no> – *NordPool*

<http://www.mae.org> – MAE

Apêndices

Dados dos leilões de certificados

O primeiro leilão de certificados aconteceu no dia 25 de junho de 2001 e foram realizados nos dias úteis. O último leilão ocorreu no dia 28/02/2002 quando foi determinado o fim do racionamento. Os dados de entrada do leilão eram disponibilizados até o início do leilão seguinte. O resultado final de todos o leilões agrupados diariamente tornou-se disponível ao final do período de racionamento na página do MAE.

Tabela 25: Dados de entrada e saída dos leilões de certificados.

Data	Dados de entrada				Resultado		
	Ofertas de Compra		Ofertas de Venda		Negócios Realizados		
	Quant. (MWh)	Preço (R\$/MWh)	Preço (R\$/MWh)	Quant. (MWh)	Quant. (MWh)	Preço (R\$/MWh)	Volume negociado (R\$)
25/06/01	100	R\$ 595,00	R\$ 595,00	1.000	100	595,00	59.500,00
	5.000	R\$ 212,00	R\$ 650,00	500			
	5.000	R\$ 210,00	R\$ 660,00	300			
26/06/01	540	R\$ 597,00	R\$ 597,00	1.100	540	597,00	322.380,00
	100	R\$ 420,00	R\$ 650,00	1.000			
	500	R\$ 410,00	-	-			
	1.000	R\$ 300,00	-	-			
	5.800	R\$ 240,00	-	-			
27/06/01	50	R\$ 450,00	R\$ 628,00	500	0	0,00	0,00
	450	R\$ 350,00	R\$ 630,00	500			
	-	-	R\$ 650,00	500			
28/06/01	250	R\$ 550,00	R\$ 520,00	150	250	539,00	134.750,00
	450	R\$ 485,00	R\$ 539,00	550			
	450	R\$ 350,00	R\$ 545,00	250			
	150	R\$ 150,00	R\$ 550,00	100			
	-	-	R\$ 600,00	550			
29/06/01	250	R\$ 250,00	R\$ 430,00	460	0	0,00	0,00

	150	R\$ 150,00	R\$ 439,00	180			
	-		- R\$ 440,00	600			
	-		- R\$ 498,00	550			
	-		- R\$ 500,00	830			
02/07/01	150	R\$ 150,00	R\$ 499,00	500	0	0,00	0,00
	-		- R\$ 500,00	830			
	-		- R\$ 600,00	550			
03/07/01	150	R\$ 150,00	R\$ 420,00	200	0	0,00	0,00
	-		- R\$ 430,00	200			
	-		- R\$ 500,00	830			
	-		- R\$ 590,00	500			
	-		- R\$ 600,00	350			
04/07/01	150	R\$ 150,00	R\$ 380,00	200	0	0,00	0,00
	-		- R\$ 450,00	50			
	-		- R\$ 500,00	830			
	-		- R\$ 520,00	300			
	-		- R\$ 600,00	500			
05/07/01	800	R\$ 380,00	R\$ 449,00	1.000	0	0,00	0,00
	150	R\$ 150,00	R\$ 450,00	800			
	-		- R\$ 455,00	50			
	-		- R\$ 540,00	500			
06/07/01	-		- R\$ 405,00	1.000	0	0,00	0,00
	-		- R\$ 450,00	1.000			
10/07/01	-		- R\$ 445,00	150	0	0,00	0,00
	-		- R\$ 450,00	800			
	-		- R\$ 500,00	200			
	-		- R\$ 539,00	450			
11/07/01	300	R\$ 250,00	R\$ 395,00	300	0	0,00	0,00
	-		- R\$ 450,00	450			
	-		- R\$ 510,00	500			
12/07/01	350	R\$ 300,00	R\$ 350,00	350	0	0,00	0,00
	300	R\$ 290,00	R\$ 440,00	50			
	300	R\$ 280,00	R\$ 450,00	400			
	-		- R\$ 500,00	500			
	-		- R\$ 510,00	450			
13/07/01	100	R\$ 340,00	R\$ 335,00	350	350	335,00	117.250,00
	350	R\$ 335,00	R\$ 350,00	760			
			R\$ 410,00	300			
16/07/01	350	R\$ 300,00	R\$ 299,00	350	350	299,00	104.650,00
	-		- R\$ 300,00	1.200			
	-		- R\$ 305,00	350			
	-		- R\$ 310,00	300			
	-		- R\$ 350,00	760			
17/07/01	700	R\$ 250,00	R\$ 250,00	1.300	700	250,00	175.000,00
	500	R\$ 240,00	R\$ 348,00	1.250			
	-		- R\$ 350,00	1.000			

	-		- R\$ 410,00	500			
	-		- R\$ 683,00	200			
18/07/01	700	R\$ 210,00	R\$ 269,00	700	0	0,00	0,00
	-		- R\$ 340,00	750			
	-		- R\$ 430,00	1.200			
19/07/01	700	R\$ 210,00	R\$ 299,00	600	0	0,00	0,00
	-		- R\$ 300,00	600			
	-		- R\$ 350,00	500			
	-		- R\$ 400,00	100			
	-		- R\$ 450,00	500			
20/07/01	600	R\$ 220,00	R\$ 300,00	600	0	0,00	0,00
	-		- R\$ 400,00	500			
	-		- R\$ 500,00	300			
	-		- R\$ 510,00	500			
23/07/01	-		- R\$ 500,00	500	0	0,00	0,00
	-		- R\$ 509,00	200			
	-		- R\$ 510,00	1.000			
	-		- R\$ 540,00	500			
24/07/01	400	R\$ 350,00	R\$ 345,00	400	400	345,00	138.000,00
	-		- R\$ 347,00	800			
	-		- R\$ 350,00	400			
25/07/01	200	R\$ 340,00	R\$ 340,00	700	200	340,00	68.000,00
	1.000	R\$ 250,00	R\$ 349,00	400			
	400	R\$ 245,00	R\$ 350,00	200			
	500	R\$ 210,00	R\$ 390,00	500			
	500	R\$ 200,00	R\$ 400,00	500			
26/07/01	700	R\$ 305,00	R\$ 304,00	1.500	700	304,00	212.800,00
	400	R\$ 250,00	R\$ 305,00	290			
	-		- R\$ 345,00	300			
	-		- R\$ 350,00	600			
	-		- R\$ 400,00	500			
27/07/01	900	R\$ 303,00	R\$ 320,00	900	0	0,00	0,00
	600	R\$ 301,00	R\$ 323,00	1.500			
	-		- R\$ 325,00	400			
	-		- R\$ 345,00	350			
	-		- R\$ 360,00	400			
30/07/01	-		- R\$ 309,00	1.500	0	0,00	0,00
	-		- R\$ 310,00	950			
31/07/01	1.230	R\$ 301,00	R\$ 279,99	1.800	1.710	279,99	478.782,90
	180	R\$ 300,00	R\$ 300,00	240			
	300	R\$ 280,00	R\$ 301,00	950			
	30	R\$ 260,00	R\$ 314,00	1.400			
	30	R\$ 250,00	R\$ 330,00	280			
01/08/01	-		- R\$ 309,00	200	0	0,00	0,00
	-		- R\$ 310,00	700			
02/08/01	-		- R\$ 310,00	740	0	0,00	0,00

	-	-	R\$ 320,00	200			
	-	-	R\$ 350,00	100			
03/08/01	-	-	R\$ 320,00	200	0	0,00	0,00
06/08/01	900	R\$ 280,00	R\$ 335,00	900	0	0,00	0,00
	400	R\$ 270,00	R\$ 450,00	500			
	1.400	R\$ 269,00	-	-			
07/08/01	680	R\$ 280,00	R\$ 279,97	1.550	680	279,97	190.379,60
	500	R\$ 275,00	R\$ 280,00	300			
	480	R\$ 274,00	R\$ 300,00	680			
	480	R\$ 272,00	R\$ 301,00	900			
	400	R\$ 270,00	R\$ 302,00	600			
08/08/01	1.000	R\$ 270,00	R\$ 273,00	1.200	0	0,00	0,00
	900	R\$ 251,00	R\$ 274,00	280			
	350	R\$ 250,00	R\$ 302,00	100			
09/08/01	1.000	R\$ 270,00	R\$ 267,99	1.500	1.000	267,99	267.990,00
	350	R\$ 250,00	R\$ 269,00	1.000			
	900	R\$ 200,00	R\$ 269,96	1.000			
	-	-	R\$ 295,00	350			
10/08/01	100	R\$ 263,00	R\$ 257,00	2.000	2.650	258,00	683.700,00
	2.400	R\$ 260,00	R\$ 258,00	2.500			
	150	R\$ 258,00	R\$ 259,00	590			
	350	R\$ 255,00	R\$ 289,00	1.110			
	-	-	R\$ 350,00	300			
13/08/01	500	R\$ 245,00	R\$ 245,00	500	500	245,00	122.500,00
	1.200	R\$ 240,00	R\$ 255,00	1.000			
	-	-	R\$ 269,00	1.900			
	-	-	R\$ 279,00	2.000			
	-	-	R\$ 280,00	500			
14/08/01	2.350	R\$ 225,00	R\$ 240,00	280	0	0,00	0,00
	200	R\$ 220,00	R\$ 250,00	2.200			
		-	R\$ 300,00	300			
15/08/01	100	R\$ 250,00	R\$ 240,00	1.000	1.100	244,00	268.400,00
	1.000	R\$ 245,00	R\$ 244,00	2.000			
	1.500	R\$ 233,00	R\$ 248,99	1.500			
	-	-	R\$ 250,00	200			
16/08/01	1.700	R\$ 233,00	R\$ 228,50	2.500	2.300	228,50	525.550,00
	100	R\$ 232,00	R\$ 229,00	240			
	500	R\$ 229,00	R\$ 233,00	1.700			
	-	-	R\$ 236,00	1.200			
	-	-	R\$ 238,00	500			
17/08/01	400	R\$ 235,00	R\$ 227,99	200	0	0,00	0,00
	1.500	R\$ 218,00	R\$ 228,50	3.000		Negociação não concluída	
	250	R\$ 215,00	R\$ 230,00	500	400	228,50	91.400,00
	-	-	R\$ 240,00	1.900			
	-	-	R\$ 300,00	250			
20/08/01	150	R\$ 230,00	R\$ 249,00	1.400	0	0,00	0,00

	250	R\$ 225,00	R\$ 265,00	1.400			
	1.000	R\$ 210,00	R\$ 305,00	400			
	-	-	R\$ 350,00	550			
21/08/01	150	R\$ 250,00	R\$ 228,50	2.800	150	228,50	34.275,00
	250	R\$ 225,00	R\$ 229,00	2.800			
	2.400	R\$ 220,00	R\$ 229,99	1.900			
	2.400	R\$ 215,00	R\$ 230,00	150			
			- R\$ 240,00	300			
22/08/01	1.000	R\$ 210,00	R\$ 205,00	500	500	205,00	102.500,00
	-	-	- R\$ 228,50	2.000			
	-	-	- R\$ 232,00	1.000			
	-	-	- R\$ 234,00	500			
	-	-	- R\$ 235,00	500			
23/08/01	1.000	R\$ 175,00	R\$ 225,00	500	0	0,00	0,00
	-	-	- R\$ 230,00	1.000			
	-	-	- R\$ 240,00	800			
	-	-	- R\$ 260,00	1.000			
24/08/01	100	R\$ 220,00	R\$ 209,77	800	300	209,77	62.931,00
	200	R\$ 211,00	R\$ 210,99	130			
	1.000	R\$ 190,00	R\$ 223,00	300			
	150	R\$ 180,00	R\$ 223,90	1.500			
	-	-	- R\$ 224,00	1.000			
27/08/01	800	R\$ 280,00	R\$ 219,00	800	0	0,00	0,00
	1.000	R\$ 190,00	R\$ 225,00	1.000			
	-	-	- R\$ 227,90	130	800	219,00	175.200,00
	-	-	- R\$ 235,00	2.800			
	-	-	- R\$ 237,00	1.000			
28/08/01	-	-	- R\$ 215,00	130	0	0,00	0,00
	-	-	- R\$ 227,97	1.000			
	-	-	- R\$ 229,00	120			
	-	-	- R\$ 230,00	100			
	-	-	- R\$ 240,00	1.800			
29/08/01	-	-	- R\$ 228,50	1.000	0	0,00	0,00
	-	-	- R\$ 230,00	600			
	-	-	- R\$ 270,00	100			
30/08/01	-	-	- R\$ 200,00	130	0	0,00	0,00
	-	-	- R\$ 215,00	600			
	-	-	- R\$ 220,00	1.000			
	-	-	- R\$ 222,00	100			
	-	-	- R\$ 350,00	100			
31/08/01	70	R\$ 227,00	R\$ 199,00	100	70	199,00	13.930,00
	-	-	- R\$ 199,97	130			
	-	-	- R\$ 219,97	70			
	-	-	- R\$ 219,99	70			
04/09/01	-	-	- R\$ 245,00	500	0	0,00	0,00
05/09/01	-	-	- R\$ 225,00	1.000	0	0,00	0,00

	-		- R\$ 280,00	450			
06/09/01	50	R\$ 181,00	R\$ 190,00	300	0	0,00	0,00
	500	R\$ 180,00	R\$ 220,00	350			
	-		- R\$ 330,00	4.000			
10/09/01	550	R\$ 180,00	R\$ 177,77	550	550	177,77	97.773,00
	50	R\$ 170,00	R\$ 200,00	1.000			
11/09/01	850	R\$ 175,00	R\$ 171,00	1.100	850	171,00	145.350,00
	-		- R\$ 172,77	500			
	-		- R\$ 180,00	1.000			
12/09/01	510	R\$ 165,05	R\$ 159,00	800	560	159,00	89.040,00
	50	R\$ 160,00	R\$ 159,70	510			
	-		- R\$ 160,00	1.000			
	-		- R\$ 182,00	4.000			
13/09/01	250	R\$ 159,00	R\$ 155,00	1.000	250	155,00	38.750,00
	200	R\$ 140,00	R\$ 170,00	300			
	8.000	R\$ 76,00	R\$ 178,00	150			
	-		- R\$ 180,00	500			
14/09/01	100	R\$ 155,00	R\$ 145,00	750	300	145,00	43.500,00
	200	R\$ 145,00	R\$ 155,00	4.000			
	750	R\$ 143,00	R\$ 181,00	500			
	8.000	R\$ 77,00	-	-			
17/09/01	110	R\$ 150,00	R\$ 146,00	200	1.360	147,00	199.920,00
	750	R\$ 147,50	R\$ 147,00	1.200			
	500	R\$ 147,00	R\$ 245,00	100			
	50	R\$ 140,00	R\$ 250,00	1.000			
	-		- R\$ 260,00	50			
18/09/01	100	R\$ 159,00	R\$ 147,00	450	450	149,11	67.099,50
	400	R\$ 149,11	R\$ 157,77	900			
	300	R\$ 149,10	R\$ 159,00	500			
	4.000	R\$ 149,00	-	-			
	100	R\$ 148,10	-	-			
19/09/01	2.000	R\$ 152,01	R\$ 150,00	2.840	2.840	152,00	431.680,00
	2.840	R\$ 152,00	R\$ 190,00	1.000			
	300	R\$ 151,11	R\$ 210,00	1.150			
	50	R\$ 151,00	-	-			
	500	R\$ 150,01	-	-			
20/09/01	10	R\$ 170,00	R\$ 155,00	1.000	990	155,00	153.450,00
	80	R\$ 159,00	R\$ 157,00	1.000		Negociação não concluída	
	300	R\$ 158,00	R\$ 250,00	500	10	155,00	1.550,00
	1.000	R\$ 155,20	-	-			
	20	R\$ 150,10	-	-			
21/09/01	100	R\$ 185,00	R\$ 163,00	1.000	1.000	164,00	164.000,00
	100	R\$ 180,00	R\$ 178,00	1.000			
	1.000	R\$ 164,00	R\$ 180,00	100			
	1.350	R\$ 163,00	R\$ 200,00	1.300			
	50	R\$ 160,00	-	-			

24/09/01	70	R\$ 180,00	R\$ 145,00	2.000	2.000	145,00	290.000,00
	50	R\$ 175,00	R\$ 170,00	300			
	50	R\$ 150,00	R\$ 180,00	300			
	1.500	R\$ 146,00	R\$ 190,00	1.000			
	2.000	R\$ 145,00	R\$ 250,00	1.500			
25/09/01	1.000	R\$ 141,12	R\$ 127,00	100	100	141,12	14.112,00
	3.000	R\$ 141,11	R\$ 155,00	1.000			
	50	R\$ 141,00	R\$ 160,00	2.000			
	500	R\$ 140,00	R\$ 180,00	1.000			
26/09/01	300	R\$ 142,00	R\$ 140,00	3.000	800	140,00	112.000,00
	200	R\$ 141,00	R\$ 160,00	2.000		Negociação não concluída	
	500	R\$ 140,00	R\$ 180,00	400	200	140,00	28.000,00
27/09/01	100	R\$ 140,00	R\$ 149,99	2.000	0	0,00	0,00
	200	R\$ 138,90	R\$ 155,00	1.000			
	150	R\$ 130,00	R\$ 180,00	400			
	250	R\$ 125,00	-	-			
	50	R\$ 110,00	-	-			
28/09/01	100	R\$ 148,00	R\$ 133,00	300	300	133,00	39.900,00
	200	R\$ 134,00	R\$ 133,90	300			
	50	R\$ 110,00	R\$ 148,00	100			
	-	-	R\$ 149,99	2.000			
	-	-	R\$ 150,00	1.000			
01/10/01	500	R\$ 120,00	-	-	0	0,00	0,00
	8.000	R\$ 65,00	-	-			
02/10/01	80	R\$ 150,00	R\$ 119,76	500	500	119,76	59.880,00
	1.000	R\$ 120,00	R\$ 228,50	4.000			
	-	-	R\$ 229,00	1.000			
03/10/01	50	R\$ 122,00	R\$ 179,00	1.000	0	0,00	0,00
	500	R\$ 120,50	R\$ 180,00	500			
	200	R\$ 120,00	R\$ 230,00	4.000			
04/10/01	500	R\$ 120,00	R\$ 180,00	1.000	0	0,00	0,00
	600	R\$ 100,00	R\$ 190,00	500			
	-	-	R\$ 210,00	1.300			
	-	-	R\$ 215,00	1.000			
	-	-	R\$ 225,00	4.000			
05/10/01	50	R\$ 148,00	R\$ 170,00	1.000	0	0,00	0,00
	50	R\$ 121,00	R\$ 178,50	500			
	510	R\$ 120,00	R\$ 200,00	1.300			
	-	-	R\$ 230,00	4.000			
08/10/01	50	R\$ 131,00	R\$ 150,00	1.300	0	0,00	0,00
	600	R\$ 130,01	R\$ 200,00	1.300			
	50	R\$ 121,00	R\$ 230,00	4.000			
09/10/01	100	R\$ 180,00	R\$ 149,70	300	150	149,70	22.455,00
	50	R\$ 150,00	R\$ 150,00	300			
	50	R\$ 131,00	R\$ 200,00	5.300			
	600	R\$ 130,00	-	-			

	50	R\$ 121,00	-	-			
10/10/01	100	R\$ 145,00	R\$ 145,00	300	100	145,00	14.500,00
	1.350	R\$ 135,00	R\$ 150,00	1.300			
	600	R\$ 130,00	R\$ 170,00	300			
	150	R\$ 125,00	R\$ 200,00	5.300			
11/10/01	500	R\$ 150,00	R\$ 129,99	100	2.000	145,00	290.000,00
	500	R\$ 145,05	R\$ 145,00	3.150			
	1.000	R\$ 145,00	R\$ 150,00	300			
	800	R\$ 130,00	R\$ 180,00	100			
	-	-	R\$ 200,00	4.000			
15/10/01	50	R\$ 141,00	R\$ 138,00	100	250	139,00	34.750,00
	200	R\$ 140,00	R\$ 139,00	150			
	750	R\$ 135,00	R\$ 139,50	400			
	240	R\$ 120,00	R\$ 142,50	600			
	3.270	R\$ 100,00	R\$ 150,00	900			
16/10/01	50	R\$ 140,00	R\$ 130,00	2.000	800	130,00	104.000,00
	700	R\$ 135,00	R\$ 135,00	750			
	50	R\$ 133,00	R\$ 140,00	200			
	100	R\$ 90,00	R\$ 145,00	600			
			- R\$ 150,00	300			
17/10/01	800	R\$ 140,00	R\$ 128,00	790	800	130,00	104.000,00
	50	R\$ 121,00	R\$ 130,00	4.200			
	-	-	R\$ 138,50	800			
	-	-	R\$ 140,00	300			
	-	-	R\$ 170,00	1.000			
18/10/01	150	R\$ 125,00	R\$ 110,00	410	410	110,00	45.100,00
	150	R\$ 120,00	R\$ 125,00	900			
	270	R\$ 115,00	R\$ 130,00	450			
	-	-	R\$ 139,00	300			
	-	-	R\$ 141,00	50			
19/10/01	100	R\$ 99,00	R\$ 125,00	900	0	0,00	0,00
	-	-	R\$ 129,00	300			
	-	-	R\$ 130,00	4.190			
	-	-	R\$ 158,00	1.000			
	-	-	R\$ 189,00	500			
22/10/01	50	R\$ 100,00	R\$ 100,00	250	50	100,00	5.000,00
	50	R\$ 80,00	R\$ 150,00	500			
	-	-	R\$ 195,00	1.300			
	-	-	R\$ 200,00	4.000			
23/10/01	50	R\$ 80,00	R\$ 100,00	350	0	0,00	0,00
	50	R\$ 60,00	R\$ 101,00	1.000			
	-	-	R\$ 145,00	300			
	-	-	R\$ 150,00	500			
	-	-	R\$ 179,00	2.000			
24/10/01	100	R\$ 80,00	R\$ 79,90	300	100	79,90	7.990,00
	-	-	R\$ 100,00	300			

	-	-	R\$ 120,00	1.000			
	-	-	R\$ 130,00	200			
	-	-	R\$ 140,00	1.550			
25/10/01	200	R\$ 50,00	R\$ 69,99	200	0	0,00	0,00
	-	-	R\$ 100,00	1.650			
	-	-	R\$ 135,00	3.000			
	-	-	R\$ 136,00	3.000			
	-	-	R\$ 140,00	500			
26/10/01	250	R\$ 50,00	R\$ 100,00	100	0	0,00	0,00
	-	-	R\$ 120,00	1.000			
	-	-	R\$ 130,00	100			
	-	-	R\$ 165,00	1.300			
	-	-	R\$ 170,00	4.000			
29/10/01	100	R\$ 79,89	R\$ 79,89	200	100	79,89	7.989,00
	250	R\$ 50,00	R\$ 100,00	350			
	-	-	R\$ 120,00	1.300			
	-	-	R\$ 130,00	4.000			
30/10/01	50	R\$ 58,00	R\$ 78,69	100	0	0,00	0,00
	200	R\$ 55,00	R\$ 92,00	200			
	50	R\$ 50,00	R\$ 95,00	400			
	500	R\$ 48,00	R\$ 98,00	1.600			
	-	-	R\$ 99,50	4.000			
31/10/01	1.000	R\$ 65,00	R\$ 69,99	100	0	0,00	0,00
	200	R\$ 50,00	R\$ 80,00	1.600			
	-	-	R\$ 92,00	1.650			
	-	-	R\$ 100,00	1.300			
	-	-	R\$ 101,00	4.000			
01/11/01	50	R\$ 70,00	-	-	0	0,00	0,00
	500	R\$ 60,00	-	-			
	200	R\$ 50,00	-	-			
	1.000	R\$ 48,00	-	-			
05/11/01	500	R\$ 50,00	-	-	0	0,00	0,00
06/11/01	50	R\$ 69,99	R\$ 150,00	500	0	0,00	0,00
	500	R\$ 69,90	-	-			
07/11/01	200	R\$ 85,00	R\$ 150,00	100	0	0,00	0,00
	100	R\$ 79,00	R\$ 190,00	180			
	-	-	R\$ 210,00	200			
09/11/01	300	R\$ 106,00	R\$ 104,97	400	400	105,50	42.200,00
	310	R\$ 105,50	R\$ 130,00	1.000			
	500	R\$ 105,00	-	-			
	300	R\$ 101,00	-	-			
	250	R\$ 90,00	-	-			
12/11/01	210	R\$ 103,00	-	-	0	0,00	0,00
	250	R\$ 101,00	-	-			
	700	R\$ 78,00	-	-			
	550	R\$ 70,00	-	-			

Em 08/11/01 não houve leilão
“Balço mensal”, segundo a ASMAE

13/11/01	110	R\$ 103,00	R\$ 150,00	6.000	0	0,00	0,00
	100	R\$ 100,00	-	-			
	500	R\$ 98,00	-	-			
	500	R\$ 87,00	-	-			
	750	R\$ 80,00	-	-			
14/11/01	210	R\$ 91,00	R\$ 80,00	500	500	80,50	40.250,00
	800	R\$ 80,50	R\$ 105,00	200			
	1.600	R\$ 80,00	R\$ 130,00	4.000			
16/11/01	50	R\$ 100,00	R\$ 120,00	500	0	0,00	0,00
	200	R\$ 82,50	R\$ 150,00	4.000			
	1.000	R\$ 82,01	-	-			
	300	R\$ 70,00	-	-			
						Em 15/11/01 não houve leilão Feriado Nacional	
19/11/01	220	R\$ 112,00	R\$ 90,00	300	300	90,00	27.000,00
	100	R\$ 95,00	R\$ 129,00	4.000			
	1.000	R\$ 83,01	-	-			
20/11/01	300	R\$ 95,00	R\$ 80,50	100	300	94,90	28.470,00
	250	R\$ 80,50	R\$ 94,90	300			
	400	R\$ 50,00	R\$ 94,97	300			
	-	-	R\$ 105,00	300			
	-	-	R\$ 130,00	6.000			
21/11/01	350	R\$ 95,00	R\$ 80,00	330	330	95,00	31.350,00
	50	R\$ 91,00	R\$ 110,00	100			
	250	R\$ 82,01	R\$ 115,00	600			
	2.000	R\$ 82,00	R\$ 145,00	350			
22/11/01	1.000	R\$ 95,10	-	-	0	0,00	0,00
	800	R\$ 76,00	-	-			
	1.000	R\$ 75,00	-	-			
23/11/01	190	R\$ 99,90	R\$ 90,00	200	200	93,51	18.702,00
	200	R\$ 93,51	R\$ 110,00	100			
	300	R\$ 93,00	R\$ 180,00	3.000			
	200	R\$ 91,50	-	-			
	250	R\$ 90,00	-	-			
26/11/01	120	R\$ 99,90	R\$ 129,00	400	0	0,00	0,00
	190	R\$ 97,90	R\$ 130,00	5.000			
	500	R\$ 97,11	-	-			
	300	R\$ 97,00	-	-			
	500	R\$ 95,11	-	-			
27/11/01	50	R\$ 106,00	R\$ 105,00	50	50	106,00	5.300,00
	150	R\$ 105,50	R\$ 120,00	5.200			
	350	R\$ 105,00	R\$ 130,00	100			
	50	R\$ 95,50	-	-			
	200	R\$ 95,00	-	-			
28/11/01	250	R\$ 115,50	R\$ 95,00	60	250	115,00	28.750,00
	100	R\$ 107,00	R\$ 115,00	500			
	60	R\$ 105,00	R\$ 120,00	100			
	100	R\$ 100,00	-	-			

	1.100	R\$ 98,00	-	-			
29/11/01	140	R\$ 115,00	R\$ 110,00	50	140	115,00	16.100,00
	50	R\$ 98,00	R\$ 115,00	500			
	1.300	R\$ 95,00	R\$ 120,00	100			
	200	R\$ 80,00	-	-			
30/11/01	1.300	R\$ 110,00	R\$ 100,00	1.300	1.300	110,00	143.000,00
	300	R\$ 100,00	R\$ 115,00	100			
	310	R\$ 90,00	R\$ 120,00	600			
03/12/01	1.000	R\$ 100,00	R\$ 99,00	450	450	99,00	44.550,00
	500	R\$ 95,00	R\$ 120,00	1.000			
	500	R\$ 90,00	-	-			
04/12/01	310	R\$ 114,00	R\$ 100,00	50	310	114,00	35.340,00
	990	R\$ 107,00	R\$ 114,00	1.000			
	50	R\$ 103,20	-	-			
	1.000	R\$ 103,00	-	-			
	100	R\$ 90,00	-	-			
05/12/01	1.500	R\$ 100,00	R\$ 95,00	950	950	100,00	95.000,00
	700	R\$ 95,00	R\$ 115,00	1.000			
06/12/01	1.500	R\$ 106,10	R\$ 114,00	2.000	0	0,00	0,00
	1.000	R\$ 105,00	R\$ 115,00	5.200			
	1.000	R\$ 95,00	R\$ 120,00	90			
	90	R\$ 79,00	R\$ 177,00	1.000			
07/12/01	1.000	R\$ 110,00	R\$ 110,00	1.200	1.000	110,00	110.000,00
	1.000	R\$ 100,00	R\$ 129,00	600			
	500	R\$ 95,00	R\$ 130,00	70			
	1.090	R\$ 90,00	R\$ 135,00	200			
	450	R\$ 85,00	R\$ 150,00	400			
10/12/01	1.000	R\$ 110,10	R\$ 110,00	1.700	1.700	110,00	187.000,00
	1.700	R\$ 110,00	R\$ 115,00	50			
	400	R\$ 95,00	R\$ 120,00	100			
	350	R\$ 80,00	R\$ 125,00	200			
11/12/01	70	R\$ 113,00	R\$ 117,00	70	0	0,00	0,00
	100	R\$ 112,00	R\$ 118,00	550			
	2.000	R\$ 108,00	R\$ 120,00	2.390			
	500	R\$ 92,00	R\$ 130,00	450			
12/12/01	50	R\$ 117,00	R\$ 105,00	980	2.400	109,00	261.600,00
	400	R\$ 113,00	R\$ 108,00	500		Negociação não concluída	
	2.000	R\$ 110,00	R\$ 109,00	2.500	50	109,00	5.450,00
	500	R\$ 95,00	R\$ 114,00	1.000			
13/12/01	2.000	R\$ 105,00	R\$ 112,00	2.000	0	0,00	0,00
	500	R\$ 100,00	R\$ 122,00	1.100			
	1.000	R\$ 98,00	R\$ 125,00	700			
	130	R\$ 95,00	-	-			
14/12/01	990	R\$ 112,00	R\$ 108,00	2.000	2.000	108,00	216.000,00
	1.000	R\$ 110,00	R\$ 115,00	1.200			
	500	R\$ 109,00	R\$ 118,00	800			

	380	R\$ 95,00	R\$ 120,00	200			
	-	-	R\$ 125,00	400			
17/12/01	400	R\$ 109,00	R\$ 115,00	300	0	0,00	0,00
	1.000	R\$ 105,00	R\$ 119,00	1.150			
	-	-	R\$ 125,00	800			
18/12/01	100	R\$ 105,11	R\$ 100,00	160	260	105,00	27.300,00
	110	R\$ 105,10	R\$ 105,00	100			
	700	R\$ 105,00	R\$ 120,00	200			
	300	R\$ 100,00	-	-			
	780	R\$ 95,00	-	-			
19/12/01	1.600	R\$ 110,00	R\$ 150,00	50	0	0,00	0,00
	400	R\$ 109,00	R\$ 155,00	1.000			
	500	R\$ 100,00	-	-			
	3.000	R\$ 95,00	-	-			
	300	R\$ 85,00	-	-			
20/12/01	400	R\$ 115,00	R\$ 115,00	700	400	115,00	46.000,00
	400	R\$ 100,00	R\$ 140,00	150			
	300	R\$ 85,00	-	-			
21/12/01	350	R\$ 140,00	-	-	0	0,00	0,00
	1.200	R\$ 120,00	-	-			
	100	R\$ 110,00	-	-			
	300	R\$ 100,00	-	-			
	300	R\$ 85,00	-	-			
27/12/01	100	R\$ 111,00	-	-	0	0,00	0,00
	900	R\$ 110,00	-	-	De 24 a 26/12/01 não houve leilão		
	300	R\$ 105,00	-	-	Festividades de fim de ano		
28/12/01	300	R\$ 110,00	-	-	0	0,00	0,00
	300	R\$ 105,00	-	-			
	300	R\$ 85,00	-	-			
02/01/02	1.050	R\$ 85,00	-	-	0	0,00	0,00
03/01/02	1.000	R\$ 95,00	-	-	Em 31/12/01 e 01/01/02 não houve leilão		
	300	R\$ 90,00	-	-	Festividades de fim de ano		
	50	R\$ 85,00	-	-			
	2.000	R\$ 51,00	-	-			
	1.000	R\$ 10,00	-	-			
04/01/02	50	R\$ 130,00	-	-	0	0,00	0,00
	1.000	R\$ 105,00	-	-			
	300	R\$ 90,00	-	-			
	50	R\$ 85,00	-	-			
	2.100	R\$ 52,00	-	-			
07/01/02	1.000	R\$ 107,00	-	-	0	0,00	0,00
	1.050	R\$ 100,00	-	-			
	60	R\$ 85,00	-	-			
	2.000	R\$ 60,00	-	-			
	500	R\$ 30,00	-	-			
08/01/02	50	R\$ 116,00	R\$ 107,00	500	1.550	110,00	170.500,00

	500	R\$ 115,00	R\$ 110,00	1.550			
	500	R\$ 111,00	-	-			
	500	R\$ 110,00	-	-			
	500	R\$ 95,00	-	-			
09/01/02	500	R\$ 120,00	R\$ 135,00	500	0	0,00	0,00
	1.000	R\$ 112,00	-	-			
	500	R\$ 105,50	-	-			
	2.000	R\$ 105,00	-	-			
	340	R\$ 80,00	-	-			
10/01/02	500	R\$ 116,00	R\$ 115,00	1.250	1.250	115,00	143.750,00
	1.000	R\$ 115,00	R\$ 118,00	1.500			
	1.000	R\$ 110,00	R\$ 155,00	100			
11/01/02	500	R\$ 106,00	R\$ 105,00	500	500	106,00	53.000,00
	500	R\$ 105,00	R\$ 120,00	1.000			
15/01/02	50	R\$ 102,00	R\$ 99,00	500	550	101,00	55.550,00
	500	R\$ 101,00	R\$ 101,00	1.000			
	500	R\$ 99,00	R\$ 118,00	1.000			
	500	R\$ 95,00	-	-			
					Em 14/01/02 não houve leilão Problemas no Sistema		
16/01/02	100	R\$ 85,00	R\$ 105,00	950	0	0,00	0,00
	500	R\$ 75,00	-	-			
17/01/02	500	R\$ 100,50	R\$ 100,45	500	500	100,45	50.225,00
	300	R\$ 80,00	R\$ 103,00	350			
	-	-	R\$ 115,00	500			
18/01/02	300	R\$ 85,00	R\$ 115,00	300	0	0,00	0,00
	-	-	R\$ 135,00	50			
21/01/02	-	-	R\$ 115,00	500	0	0,00	0,00
22/01/02	200	R\$ 106,50	R\$ 88,00	1.150	950	88,00	83.600,00
	750	R\$ 89,00	R\$ 88,70	2.000			
23/01/02	-	-	R\$ 120,00	100	0	0,00	0,00
24/01/02	-	-	R\$ 115,00	500	0	0,00	0,00
	-	-	R\$ 125,00	100			
28/01/02	50	R\$ 90,00	R\$ 83,50	50	50	83,50	4.175,00
	-	-	R\$ 84,00	200			
	-	-	R\$ 84,50	200			
					Em 25/01/02 não houve leilão Feriado em São Paulo		
29/01/02	-	-	R\$ 79,00	200	0	0,00	0,00
	-	-	R\$ 82,50	100			
30/01/02	-	-	R\$ 70,00	200	0	0,00	0,00
05/02/02	300	R\$ 70,00	-	-	0	0,00	0,00
07/02/02	100	R\$ 50,00	R\$ 50,00	100	100	50,00	5.000,00
15/02/02	200	R\$ 80,00	-	-	0	0,00	0,00
18/02/02	-	-	R\$ 95,00	400	0	0,00	0,00
	-	-	R\$ 120,00	400			
	-	-	R\$ 95,00	400			
	-	-	R\$ 120,00	400			
					Em 11 e 12/02/02 não houve leilão Carnaval		
20/02/02	100	R\$ 50,00	R\$ 50,00	100	100	50,00	5.000,00

	950	R\$ 45,00	R\$ 85,00	400			
	250	R\$ 40,00	-	-			
21/02/02	950	R\$ 80,00	-	-	0	0,00	0,00
	120	R\$ 50,00	-	-			
22/02/02	950	R\$ 100,00	R\$ 100,00	400	400	100,00	40.000,00
25/02/02	670	R\$ 100,00	-	-	0	0,00	0,00
26/02/02	130	R\$ 100,00	-	-	0	0,00	0,00
	50	R\$ 50,00	-	-			
27/02/02	180	R\$ 100,00	-	-	0	0,00	0,00
	70	R\$ 50,00	-	-			
28/02/02	70	R\$ 90,01	R\$ 80,00	1.000	120	80,00	9.600,00
	50	R\$ 80,01	-	-			

Resumo dos leilões de certificados

Tabela 26: Resumo dos leilões de certificados.

	Negócios Efetuados	Negócios não concluídos
Quantidade de energia negociada:	51.470 MWh	1.460 MWh
Preço médio:	168,83 R\$/MWh	206,58 R\$/MWh
Excedentes gerados para os compradores:	R\$ 139.706,80	R\$ 52.150,00
Excedentes gerados para os compradores:	R\$ 56.796,50	R\$ 302,00
Excedentes totais:	R\$ 196.503,30	R\$ 52.452,00
Volume negociado:	R\$ 8.689.819,50	R\$ 301.600,00

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados dos leilões de certificados.

Tabela 27: Dados utilizados na confecção das Figuras 6 a 9.

	Jun-01	Jul-01	Ago-01	Set-01	Out-01	Nov-01	Dez-01	Jan-02	Fev-02
Quantidade – [MWh]									
Mensal discreta	890	4.410	10.450	12.560	5.260	3.770	9.520	5.350	720
Mensal acumulada	890	5.300	15.750	28.310	33.570	37.340	46.860	52.210	52.930
Preço – [R\$/MWh]									
Média mensal	577,00	307,57	234,44	152,43	120,75	100,54	107,78	100,56	70,00
Média acumulada	577,00	442,29	373,00	317,86	278,44	248,79	228,64	212,63	196,79
Excedente dos compradores – [R\$]									
Soma mensal	2.750,00	32.997,10	77.534,40	24.868,00	24.850,00	8.964,10	10.542,00	8.650,00	701,20
Soma acumulada	2.750,00	35.747,10	113.281,50	138.149,50	162.999,50	171.963,60	182.505,60	191.155,60	191.856,80
Média mensal	2.750,00	4.713,87	4.845,90	1.036,17	1.553,13	1.280,59	1.054,20	961,11	350,60
Média acumulada	2.750,00	3.731,94	4.103,26	3.336,48	2.979,81	2.696,61	2.461,98	2.274,37	2.060,62
Excedente dos vendedores – [R\$]									
Soma mensal	2.850,00	0,00	6.102,00	9.241,50	3.181,00	22.054,00	10.670,00	3.000,00	0,00
Soma acumulada	2.850,00	2.850,00	8.952,00	18.193,50	21.374,50	43.428,50	54.098,50	57.098,50	57.098,50
Média mensal	2.850,00	0,00	2.034,00	1.848,30	1.060,33	2.450,44	2.134,00	1.000,00	0,00
Média acumulada	2.850,00	1.425,00	1.628,00	1.683,08	1.558,53	1.707,18	1.768,15	1.672,13	1.486,34
Soma dos excedentes – [R\$]									
Soma mensal	5.600,00	32.997,10	83.636,40	34.109,50	28.031,00	31.018,10	21.212,00	11.650,00	701,20
Soma acumulada	5.600,00	38.597,10	122.233,50	156.343,00	184.374,00	215.392,10	236.604,10	248.254,10	248.955,30
Média mensal	2.800,00	2.356,94	3.439,95	1.442,23	1.306,73	1.865,52	1.594,10	980,56	175,30
Média acumulada	2.800,00	2.578,47	2.865,63	2.509,78	2.269,17	2.201,89	2.115,07	1.973,25	1.773,48
Volume de negócios – [R\$]									
Mensal	516.630,00	1.294.482,90	2.538.755,60	1.916.124,50	695.664,00	381.122,00	1.028.240,00	560.800,00	59.600,00
Acumulado	516.630,00	1.811.112,90	4.349.868,50	6.265.993,00	6.961.657,00	7.342.779,00	8.371.019,00	8.931.819,00	8.991.419,50
Dias de negócios									
Mensal	3	7	12	14	11	10	9	7	4
Acumulado	3	10	22	36	47	57	66	73	77

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados dos leilões de certificados.