

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contratação de energia através de leilões

Desde 2002, o leilão de contratos de suprimento vem sendo o principal instrumento para compra e venda de energia elétrica no Brasil. Inicialmente, a lei 10.438/2002 determinou que no mínimo 50% da energia das geradoras sob controle federal (grande parte da capacidade do Brasil) fosse comercializada através de leilões públicos. Em seguida, o Decreto 4.562/2002 determinou que todas as distribuidoras deveriam contratar suas necessidades de energia através de leilões públicos.

Além das contratações públicas, grandes consumidores industriais promoveram importantes leilões de compra de energia em 2003 e 2004. Dentre estes, destacam-se o da Albrás (grande produtora de alumínio, subsidiária da Vale do Rio Doce), onde foram negociados cerca de 700 MW médios de energia por 14 anos e o leilão de excedentes de contratos iniciais, realizado para consumidores livres, sob a coordenação da ANEEL.

1.2 O novo marco regulatório

O novo marco regulatório brasileiro, aprovado em março de 2004 e regulamentado pelo Decreto 5.163 de Julho 2004, consolidou a orientação de contratação por leilões através de três determinações principais [10]:

1. toda demanda – tanto dos consumidores livres como dos cativos – deve estar 100% contratada

Esta obrigação tem dois objetivos principais [28]:

- Viabilizar comercialmente a entrada de novos geradores e assim, a garantir a expansão do sistema – a razão é que, como será visto ao longo deste trabalho, o preço spot é demasiadamente volátil, fazendo com que o

gerador novo precise da segurança de um contrato de capacidade para viabilizar o seu “project finance”.

- Garantir a segurança de suprimento - embora os contratos sejam instrumentos financeiros, eles devem ser respaldados por capacidade física efetiva (o chamado “lastro” de contratos¹). Se a demanda está 100% contratada, isto significa que há capacidade física de respaldo suficiente para atendê-la.

2. As empresas geradoras sob controle governamental (federais e estaduais) somente podem vender energia para consumidores livres através de “processos públicos e transparentes”

Embora os consumidores livres possam negociar diretamente as condições (prazos e preços) de seus contratos, a orientação acima, aliada ao fato de os geradores públicos corresponderem à maior parte da capacidade instalada, induz tais consumidores a realizar leilões de compra; caso contrário, os únicos participantes seriam geradores privados, o que reduziria a competição e aumentaria os preços.

3. Leilões de contratação para distribuidoras

As distribuidoras devem participar, todos os anos, dois tipos de leilão:

- contratação de energia existente – realizado anualmente, visa renovar os contratos da distribuidora que expiram até 31 de Dezembro do mesmo ano. A duração dos contratos é de cinco a quinze anos, com início em primeiro de janeiro do ano seguinte.
- contratação de energia nova – realizado anualmente, visa atender o crescimento previsto da demanda cinco anos à frente. Este leilão está restrito a novos empreendimentos, e são oferecidos contratos com duração de quinze a trinta anos, para entrada em operação a partir de janeiro, cinco anos depois. A duração do contrato e a antecedência da contratação permitem que o vencedor

¹ No caso de uma usina hidroelétrica o “lastro” de contrato é dado pela energia assegurada, que é a energia que uma hidroelétrica consegue produzir com uma confiabilidade de 95%. No caso de uma usina termoeétrica, o “lastro” é dado pela capacidade disponível da central (capacidade instalada ajustada por indisponibilidades).

da licitação consiga financiamento para a construção da usina (“project finance”).

Ambos os leilões devem ser realizados “em conjunto”, isto é, é leiloado um montante de energia que corresponde ao total requerido pelas distribuidoras (soma dos montantes individuais de cada empresa). Cada gerador que vence o leilão é obrigado a assinar contratos bilaterais separados com todas as distribuidoras, isto é, há um esquema de contratação bilateral entre cada gerador vencedor do leilão e todas as 64 distribuidoras.

1.3 Estratégia de oferta das geradoras

A existência de leilões cria um desafio importante para as geradoras, que é determinar uma *estratégia de oferta* (preço e quantidade) que maximize a rentabilidade da empresa, levando em consideração seu “perfil de risco” e incertezas importantes quanto ao custo de oportunidade da energia, risco de longos períodos de preços baixos no mercado de curto prazo para energia não contratada.

1.4 Objetivo

O objetivo desta tese é desenvolver uma metodologia para *estratégia de oferta* de geradoras em leilões de contratos de energia elétrica, que determine a quantidade ótima que deve ser ofertada de cada contrato para cada nível de preço de leilão, levando em conta os perfis de risco de cada agente e os riscos associados à contratação. Em particular a incerteza quanto ao montante de energia produzida e ao seu preço no mercado de curto prazo (preço “spot”), também conhecida como “incerteza de quantidade e preço”.

1.5 Visão Geral da Metodologia

A idéia básica é a determinação da *curva de disposição a contratar (CDC)* de cada geradora. Esta curva, representada por $E_c(P)$, fornece a quantidade de energia E_c que o gerador ofereceria para contratação se o preço do contrato fosse P . Dadas as CDCs de todas as geradoras, pode-se construir uma *curva agregada*

de disposição a contratar, que fornece o total de energia oferecido pelo conjunto de geradoras em função do preço de contrato. O preço de equilíbrio do leilão corresponde à interseção da curva agregada com a demanda total licitada.

1.5.1 Cálculo da CDC

O processo de construção da CDC tem três componentes principais:

1. cálculo da renda líquida da geradora;
2. definição de uma medida de “aversão a risco” da geradora, que permita comparar de maneira consistente opções de contratação com diferentes atributos preço, quantidade e risco.
3. definição de uma metodologia de otimização da rentabilidade (ajustada por risco) da empresa, que permita determinar as quantidades a contratar, para um conjunto de preços candidatos.

Cada um destes temas será discutido a seguir.

1.5.2 Cálculo da remuneração líquida

A remuneração líquida da geradora depende dos seguintes fatores:

- venda de energia no mercado de curto prazo, dada pelo produto do preço de curto prazo com a energia total produzida, deduzidos os custos operativos (por exemplo, custos de combustível e O&M variáveis). Como será visto em detalhe nesta tese, esta remuneração líquida é uma variável aleatória, pois o preço de curto prazo depende das condições hidrológicas, do nível de armazenamento dos reservatórios e do balanço atual e futuro da oferta e demanda de energia, entre outros fatores.
- venda de contratos de suprimento, dada pelo produto do preço do contrato, P , pelo montante contratado E_c , subtraídos os preços de compra dos montantes contratados no mercado de curto prazo (variável aleatória).

1.5.3 Medida de aversão a risco

Propõe-se definir, para cada empresa, uma função utilidade [3][9], que “traduz” a distribuição de probabilidade da renda líquida em uma distribuição de “utilidade”, que é neutra em relação a risco. Isto permite que duas alternativas de contratação, que tenham diferentes distribuições de probabilidade de remuneração líquida, possam ser comparadas em termos de uma única métrica de risco, o valor esperado da utilidade da renda líquida.

1.5.4 Maximização da rentabilidade ajustada por risco

Propõe-se formular o problema como um processo de otimização estocástica, onde a função objetivo é maximizar a utilidade esperada da renda da empresa, o parâmetro de entrada é o preço do contrato P e a variável de decisão a otimizar é o montante contratado E_c .

1.6 Organização da Tese

Este trabalho está organizado nos seguintes capítulos: O capítulo 2 discute a primeira parcela da remuneração líquida das geradoras, a venda de energia no mercado de curto prazo. Os temas discutidos incluem o cálculo da produção de cada geradora e do preço no mercado de curto prazo em sistemas térmicos e hidrotérmicos, e o esquema de programação dinâmica estocástica utilizado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS). Os capítulos 3 a 4 se referem à segunda parcela, a venda de contratos de suprimento. O capítulo 3 apresenta a modelagem destes contratos, os benefícios e riscos resultantes dos mesmos. O capítulo 4 discute a precificação de contratos a termo para energia elétrica, mostrando que os mesmos têm características diferentes das de outras *commodities*. O capítulo 5 discute a medida de aversão a risco, que é a função utilidade. Como mencionado, esta função permite comparar de maneira consistente opções de contratação com diferentes atributos.

No capítulo 6 é apresentada a cadeia de modelos utilizada para “alimentar” o modelo de otimização que será visto em detalhes no capítulo 7, onde é apresentado o tema central deste trabalho: a definição da curva de disposição a

contratar – CDC – como o resultado da aplicação sucessiva de um modelo de otimização estocástica, que fornece o montante a contratar, E_c , em função do preço ofertado, P . Como dito anteriormente, objetivo do modelo estocástico é a maximização da utilidade esperada da empresa. O cálculo da CDC é ilustrado com um exemplo baseado em uma empresa geradora real. Finalmente, o capítulo 8 discute o uso das CDCs na simulação de leilões de venda de energia. Inicialmente, apresenta-se o caso de um leilão mono-produto, isto é, onde um único contrato é oferecido. Neste caso, o resultado do leilão pode ser modelado através da composição das CDCs individuais em uma CDC agregada. O preço de equilíbrio do leilão será aquele onde a disposição agregada a contratar é igual à demanda. A metodologia é então estendida para o caso de leilões multi-produto, onde são oferecidos vários contratos, começando por exemplo, em anos diferentes. Neste caso, faz-se um procedimento de simulação, onde o conjunto de preços (um para cada contrato) é iterativamente ajustado pelo “leiloeiro” a partir das diferenças entre as demandas e ofertas de cada contrato no passo anterior. A aplicação da metodologia é ilustrada para o chamado “leilão de transição”, a ser realizado em Dezembro de 2004. Este leilão envolve cinco contratos num montante de cerca de 30 mil MW médios, quase 75% da demanda do Brasil. O capítulo 8 apresenta as principais conclusões do trabalho e sugestões para pesquisas posteriores.