

# 1 Introdução

## 1.1. Considerações Gerais

Nos últimos anos, a indústria de energia elétrica de diversos países vem sofrendo diversas transformações, principalmente no que diz respeito à estrutura do mercado e regulamentação. O principal objetivo deste processo de reestruturação é promover a eficiência econômica através da competição.

Embora cada país tenha adotado um modelo específico, é possível identificar algumas características comuns:

- a introdução da competição na geração e na comercialização é utilizada para se alcançar uma maior eficiência econômica (com redução de preços e custos, melhores serviços e aperfeiçoamentos tecnológicos);
- a transmissão é considerada um monopólio natural, neutra, sujeita a forte regulação e controle de preços;
- o segmento de distribuição também é tratado como um monopólio regulado, sujeito a controle de preços.

Antes do processo de reestruturação, a contratação de energia não era uma variável de risco para uma empresa geradora, pois a tarifa adotada na venda de energia assegurava a cobertura dos custos de investimento das usinas.

Com a reestruturação, as empresas geradoras passaram a ter que competir por contratos de venda de energia para as companhias distribuidoras e grandes consumidores. Além disso, a energia elétrica passou a ser tratada como uma *commodity*, cujo valor de mercado varia constantemente. Logo, uma geradora

passou a enxergar a contratação de energia como uma variável de risco, pois passou a existir a possibilidade de ela não conseguir fechar contratos de venda de energia, ou os contratos por ela fechados podem vir a se mostrar insatisfatórios dependendo do valor assumido pelo preço de mercado da energia.

Vale ressaltar que com relação aos investimentos para construção de novas usinas, estes só serão viabilizados se os investidores acreditarem que recuperarão o capital investido a uma taxa de remuneração superior aos respectivos custos de oportunidade de capital. Obviamente, a remuneração do capital investido é função do sucesso da estratégia de comercialização de energia adotada.

Verifica-se então que com o processo de reestruturação da indústria de energia elétrica, tornou-se de extrema importância o gerenciamento de riscos associados à comercialização de energia. Mais especificamente, uma empresa geradora deve constantemente avaliar sua exposição ao risco associado à estratégia de comercialização de energia por ela adotada, e sempre que constatada um nível de exposição inaceitável, alterar a estratégia de modo a reduzir tal exposição.

O desenvolvimento de técnicas de gerenciamento de riscos tem origem na área econômico-financeira. Entre tais técnicas, destacam-se os modelos de otimização de portfólio, utilizados para auxiliar na determinação de uma carteira de ativos financeiros que maximize o retorno do investidor, sujeito ao atendimento a uma exposição limite de risco, ou de forma alternativa, minimize a exposição ao risco, sujeito ao atendimento a um retorno mínimo requerido pelo investidor. Ou seja, dada uma lista de ativos candidatos, os modelos de otimização de portfólio indicam para o investidor aqueles que devem ser adquiridos, de modo que a carteira resultante forneça a melhor relação risco *versus* retorno.

## **1.2. Objetivo da Tese**

O foco principal desta tese é o desenvolvimento de modelos de otimização de portfólio de contratos de energia quando vistos pela ótica de uma empresa

geradora. O uso de tais modelos tem por objetivo auxiliar na determinação da estratégia de comercialização de energia que maximize o valor esperado dos valores presentes das remunerações líquidas da geradora ao longo de todo o horizonte de estudo, dado um nível de risco por ela aceitável. Uma questão importante a ser investigada está relacionada à adequação da métrica utilizada para medir o risco do portfólio.

Na formulação do problema é importante modelar as incertezas relacionadas à evolução do valor de mercado da energia e ao despacho futuro de geração, o que resulta em um problema de otimização estocástica de grande porte. Logo, técnicas de decomposição para solução de problemas de programação estocástica desempenham um papel importante na solução do problema.

Vale ressaltar que a necessidade de gerenciamento de riscos na comercialização de energia é bastante recente, tendo surgido com o processo de reestruturação da indústria de eletricidade. O desenvolvimento de ferramentas específicas para tal finalidade é uma área ainda pouco explorada e de grande relevância no cenário mundial.

### **1.3. Contextualização da Tese com Relação ao Setor Elétrico Brasileiro**

No Brasil, o processo de reestruturação do setor elétrico teve início em meados da década de 90. Tal processo surgiu como parte do esforço do governo em atrair investimentos privados nacionais e estrangeiros para o setor de energia elétrica, em virtude da falta de capacidade de o estado investir isoladamente na expansão do sistema segundo os volumes necessários para acompanhar o crescimento previsto do mercado de energia elétrica. Entretanto, os investimentos privados não ocorreram na proporção esperada pelo estado, o que culminou em um racionamento de energia em 2001/2002.

Com a mudança de governo em 2003, iniciou-se um segundo processo de reestruturação do setor elétrico brasileiro, ainda em fase de regulamentação. Neste novo modelo, o estado passa a ser responsável pelo planejamento da expansão do

setor, e os investimentos na expansão passam a ser feitos via licitação utilizando-se o critério de menor tarifa. Com relação à comercialização de energia, passam a coexistir dois ambientes: o Ambiente de Contratação Regulada e o Ambiente de Contratação Livre. As distribuidoras são obrigadas a comprar energia no Ambiente de Contratação Regulada. Os consumidores livres e as comercializadoras devem negociar a energia no Ambiente de Contratação Livre. Os geradores podem comercializar energia tanto no Ambiente de Contratação Regulada quando no Ambiente de Contratação Livre.

Os modelos para otimização de portfólio de contratos de energia propostos nesta tese foram desenvolvidos imaginando-se que o setor elétrico funcionaria segundo as diretrizes do primeiro processo de reestruturação. Entretanto, com a publicação em 15 de março de 2004 das Leis 10.847 e 10.848, que apresentam as linhas gerais de funcionamento do setor segundo os moldes do processo de reestruturação iniciado em 2003, há uma indicação de que os modelos para otimização de portfólio propostos nesta tese poderão ser utilizados pelos geradores que optarem por comercializar energia no Ambiente de Contratação Livre.

#### **1.4. Estrutura da Tese**

Esta tese foi estruturada em sete capítulos, e a seguir é apresentada uma breve descrição de cada um deles.

Neste capítulo foram apresentados algumas considerações gerais sobre o processo de reestruturação da indústria de energia elétrica que vem ocorrendo a nível mundial, o objetivo da tese, e sua contextualização com relação ao setor elétrico brasileiro.

No capítulo 2 são apresentados os principais modelos para otimização de portfólio propostos na área econômico-financeira, assim como também na área de comercialização de energia.

No capítulo 3 são apresentados os conceitos e algoritmos relacionados à solução de problemas de otimização estocástica via método de programação dinâmica dual. Tal método é utilizado na solução de duas abordagens propostas nesta tese para otimização de portfólio de contratos de energia.

No capítulo 4 são apresentadas as premissas adotadas com relação aos modelos de despacho de geração e formação do preço da energia e de comercialização de energia. A partir de tais premissas deduz-se uma expressão para representar a remuneração líquida da geradora, a ser utilizada nas abordagens propostas nesta tese para otimização de portfólio de contratos de energia.

No capítulo 5 são propostas três abordagens para otimização de portfólio de contratos de energia quando visto pela ótica de uma empresa geradora. A primeira abordagem utiliza o desvio padrão dos valores presentes das remunerações líquidas da geradora como medida de risco. Na segunda abordagem a medida de risco é o mínimo da distribuição de tais valores presentes. Na terceira abordagem adota-se o CVaR como medida de risco.

No capítulo 6 são apresentados os resultados numéricos obtidos com a aplicação das abordagens propostas no capítulo 5.

Finalmente, no capítulo 7 são apresentadas as conclusões obtidas neste trabalho, e sugestões para desenvolvimentos futuros.