

1

INTRODUÇÃO

O setor elétrico da maioria dos países industrializados passou por reformas estruturais na década de 90 do século passado, tendo como alicerce a desregulamentação e liberalização comercial (Lucia e Schwartz, 2002).

No Brasil, o setor elétrico brasileiro (SEB) passou por grandes mudanças nos últimos anos, destacando-se a reformulação do setor que foi iniciada a partir do segundo semestre de 1997 quando foram efetuadas as primeiras privatizações. Até aquele ponto a situação era, basicamente, traduzida por um monopólio estatal administrado por empresas federais e estaduais. A partir daquele momento as privatizações foram iniciadas, o que acarretou uma grande reestruturação do setor.

As mudanças então iniciadas foram baseadas no chamado Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (Projeto RE-SEB), apresentando como principais características:

- a desverticalização da produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica;
- a liberalização da competição nos segmentos de produção e comercialização, com preços contratados definidos pelo mercado;
- a permissão a geradores e comercializadores de ter livre acesso às redes de transmissão e distribuição;
- a criação do Mercado Atacadista de Energia (MAE), atualmente rebatizado de Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), como sendo um ambiente de contabilização e liquidação da energia elétrica negociada.

A partir daí, o formato de negociação de energia foi aprimorado, sendo estabelecidos ambientes de negociação de energia elétrica através do decreto nº 5.163 de 30 de Julho de 2004, regulamentados na forma do

Ambiente de Contratação Livre (ACL) e do Ambiente de Contratação Regulada (ACR).

Na prática, isto acarretou o surgimento de diferentes tipos de negócio exigindo competências específicas, sendo que as atividades específicas de comercialização e distribuição de energia elétrica são as principais para esse trabalho.

A presente tese trata da avaliação do risco associado à incerteza presente na previsão dos preços de energia elétrica, bem como os aspectos de incerteza associados à previsão de demanda da carga de energia elétrica exigida de uma distribuidora de eletricidade.

Para uma comercializadora de contratos de energia elétrica, tal previsão é de extrema importância no dia a dia, uma vez que somente tendo ideia do que poderá acontecer com os preços e quantidades do ativo sendo comercializado é que se pode decidir pelo possível lucro ou prejuízo de certa operação, dessa forma acionando os mecanismos financeiros de proteção disponíveis como, por exemplo, estratégias de hedge.

Entretanto, a energia elétrica apresenta comportamento singular, com extrema volatilidade, o que não só torna as previsões difíceis, mas também faz com que mecanismos tradicionais, baseados em hipóteses de normalidade sejam inapropriados (Weron, 2005; Weron, 2006; Pilipovic, 2007).

Tendo isso em mente, o primeiro artigo desta tese procura avaliar o risco associado (qual o tamanho do meu possível erro?) à previsão dos preços da energia elétrica que, na prática, são de previsão extremamente difícil e bastante inexata.

Assim, procuramos utilizar um método de previsão auto-regressivo de média móvel razoavelmente simples que possa ser utilizado com possível facilidade e frequência, ao mesmo tempo que o associamos ao tratamento da volatilidade variável dos preços da eletricidade, bem como sua sazonalidade, mas sempre considerando que estas previsões serão imprecisas (Aggarwal *et al.*, 2009) e tentando avaliar o risco inerente ao erro incorrido.

Considerando a grande volatilidade apresentada pelos preços da energia elétrica, buscamos o auxílio da Teoria de Valores Extremos (Mcneil e Frey, 2000; Byström, 2005; Embrechts *et al.*, 2008) para modelar os resíduos, ou erros, de previsão que foram quantificados através de duas métricas, VaR e CVaR. A primeira foi escolhida por sua popularidade e uso disseminado por toda a indústria, enquanto a segunda, também conhecida por ETL (Estimated Tail Loss), é introduzida por ser uma medida coerente e de uso fortemente incentivado na literatura (Philippe Artzner *et al.*, 1997; Artzner *et al.*, 1999; Yamai e Yoshida, 2002; Alexander, 2008).

Os resultados da modelagem são comparados com os preços efetivamente observados, e o desempenho das métricas de risco é avaliado para situações de probabilidades extremas, ou seja, a partir de 98%. O uso do VaR nessas situações, e para este ativo, mostra-se desaconselhado se comparado ao CVaR, ao mesmo tempo que é sugerido novo um método para quantificação do risco em quantis extremos da distribuição de resíduos.

Os dois artigos seguintes tratam da modelagem da carga elétrica demandada de uma distribuidora nacional, primeiramente enfocando o aspecto do esforço despendido na previsão desta carga, em termos de quanto é realmente o ganho de precisão potencialmente possível.

A previsão de carga que será demandada de uma distribuidora é extremamente importante para a empresa, uma vez que ao saber esse valor esta poderá otimizar a sua carteira de contratos de fornecimento de energia, maximizando o seu lucro sem correr riscos de não fazer face a seus compromissos de fornecimento.

Em particular no Brasil, por força da organização dos mercados de energia elétrica e da forma de contratação da energia gerada, as previsões de longo prazo acima de 5 anos são extremamente importantes pois subsidiam as distribuidoras em decisões a serem tomadas nos leilões de energia de longo prazo.

Entretanto, os métodos de previsão mais populares entre as distribuidoras nacionais são aqueles que utilizam métodos de séries temporais através de regressões lineares, como modelos do tipo ARMA e

suas variações, que são abordagens reconhecidamente com foco em previsões de curto prazo (Pindyck e Rubinfeld, 1998), mas não para o que são usados.

Um dos artifícios utilizados pelas distribuidoras para melhorar a capacidade de previsão destes modelos, estendendo-a para prazos maiores, é a adição a estes de variáveis exógenas, transformando-os na chamada família ARMAX.

Entretanto, o próprio valor das variáveis exógenas é, muitas vezes, resultados de previsões, estas mesmas frequentemente feitas a partir de modelos ARMA, embora usadas para prazos longos.

O trabalho apresentado faz uma comparação do desempenho de uma tal modelagem, como feita por empresa nacional, utilizando a técnica dentro-da-amostra/fora-da-amostra, e mostra que a sofisticação do modelo não apresenta vantagens se feita a utilização da média obtida, quando de uma comparação do ponto de vista de distribuição de resultados.

A seguir, o último artigo aborda os problemas de modelagem desta carga, sob a ótica de possíveis efeitos não lineares no processo de geração da demanda.

Em países de clima temperado, como na Europa, há algum tempo já existe a preocupação da influência da temperatura de forma diferente quando a demanda de carga é influenciada pela necessidade de resfriamento ou de aquecimento, estando o ambiente mais frio ou mais quente do que o confortável para seus habitantes. Isto certamente introduz uma não linearidade na influência da demanda causada por diferentes temperaturas (Moral-Carcedo e Vicéns-Otero, 2005; Rapach e Wohar, 2008; Rodrigues, 2012).

O presente trabalho mostra uma alternativa de modelagem da carga demandada a uma distribuidora utilizando-se um modelo não linear, embora eventuais assimetrias entre dias frios e dias quentes não devam ser tão aparentes em locais com temperaturas mais amenas no inverno, como a maior parte do território brasileiro.

Entretanto, fenômenos que dependem da complexa interação de vários elementos, cujo resultado final provavelmente não poderia ser

aceitavelmente capturado por um modelo linear comum, podem ser modelados por modelos não lineares.

Assim este trabalho buscou verificar se a série de carga demandada a uma distribuidora nacional de energia elétrica encerra processos não lineares na sua geração de dados, justificando o uso de modelos não lineares.

O modelo não linear adotado para este trabalho pertence à família de modelos conhecida como TAR (auto regressivo em torno de um limite), onde modelos lineares distintos, cada um com parametrização própria, são ajustados às observações dependendo do valor de limites arbitrários.

Neste trabalho procuramos mostrar que o uso de tais modelos pode ter vantagens em relação aos modelos lineares tradicionais, não só devido a sua resistência a problemas de quebras estruturais da série de dados como também ao fato de que variáveis exógenas podem ser prescindidas, embora o problema de previsões em prazos longos ainda exista, em função de sua base em modelos lineares simples.