

# 1 Introdução

## 1.1. Aspectos Gerais

Prever carga elétrica não pode ser considerada uma tarefa simples. Em Rodrigues (2002), encontra-se que as séries de consumo são complexas, uma vez que apresentam comportamentos aleatórios devido à influência da temperatura e da estação do ano. Além disso, as características das séries variam em função da região do país e da diversidade dos consumidores, por exemplo, cargas residenciais, rurais, comerciais e industriais. Com esta complexidade, torna-se mais difícil encontrar técnicas capazes de representar a série de forma precisa.

Algumas técnicas têm sido utilizadas para este fim, dentre as quais pode-se destacar os modelos lineares de Box & Jenkins e os modelos de alisamento exponencial. Outras técnicas que também merecem destaque nesta área são métodos de previsão por Lógica Fuzzy, conforme estudado por Neto (1999) e Redes Neurais Artificiais por Lehmann (2002).

Os valores futuros da série de carga elétrica, estimada pelos modelos, podem ser classificados como previsões de curtíssimo, curto, médio ou longo prazo. Desse modo, os horizontes de previsão são definidos por Souza (1989) como:

- Previsão múltiplos passos à frente: esta abordagem, adotada para longos horizontes de previsão, procura identificar as tendências gerais e os pontos de inflexão mais relevantes na série temporal. Na previsão múltiplos passos, o conjunto de valores correntes é empregado na realização da previsão para determinado instante. Esta previsão é, então, introduzida entre as observações passadas, compondo, desta forma, um novo conjunto de dados, sobre o qual será obtida a previsão do tempo subsequente.

- Previsão um passo à frente: nesta técnica não há incorporação de previsões aos dados utilizados para encontrar a próxima previsão, sendo esta independente dos valores anteriormente previstos. A previsão é feita apenas para o período de tempo imediatamente posterior ao atual, a partir das observações da série temporal.

Quanto aos horizontes das previsões estudados nesta dissertação, serão estimadas cargas mensais um passo à frente. Porém, as previsões em médio prazo também são um desafio para a maioria dos pesquisadores, uma vez que, quanto mais distante do período corrente, maior a variabilidade do valor verdadeiro. Assim, trataremos também do problema de previsão doze passos à frente.

Entretanto, este trabalho não está preocupado com simples previsões de carga elétrica. Após um estudo bibliográfico sobre previsão de carga, constatou-se a existência de poucos trabalhos envolvendo séries de consumo em períodos com presença de eventos que alteram permanentemente a série temporal. Desta forma, o interesse maior surge nas previsões com ocorrência de fenômenos típicos do racionamento de energia ocorrido no Brasil em 2001.

## **1.2. Crise de Abastecimento**

O ano de 2001 foi marcado pelo racionamento de energia elétrica no país. O Governo Federal, por meio de Cardoso (2001), implantou um programa emergencial de redução do consumo de energia com o objetivo de evitar um colapso na economia do país. Com esta medida, o governo buscou o pleno atendimento da demanda, evitando prejuízos à população, restrições ao crescimento econômico e impacto indesejável nos níveis de emprego. No período de nove meses, compreendido entre junho de 2001 e fevereiro de 2002, todos os setores da sociedade brasileira foram obrigados a refrear o consumo, por exemplo, os consumidores residenciais do estado do Rio de Janeiro, que foram obrigados a reduzir em 20 % o consumo de energia. Segundo pesquisa da Federação Nacional dos Urbanitários (2001), a crise atingiu as regiões Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste do sistema interligado do país e foi causada basicamente por dois fatores:

- Baixo nível dos reservatórios das hidrelétricas das regiões atingidas;
- Crescimento significativo do mercado de energia elétrica.

Também deve-se ressaltar que na década de noventa houve escassez de investimentos no setor elétrico, resultado da política energética do governo federal, que tinha na privatização a base para as mudanças no setor elétrico.

A redução da oferta de energia teve como consequência imediata prejuízos em todos os setores da sociedade brasileira. Por um lado, os consumidores arcaram com aumentos nas tarifas de energia elétrica para compensar prejuízos das concessionárias (Abdo, 2002). Em contrapartida, as empresas do setor elétrico tiveram queda nos faturamentos durante os oito meses de intervenção devido à redução do consumo de energia.

Embora os danos causados pela crise de abastecimento de energia sejam tema de discussão em toda a sociedade brasileira, outro tema começa a ser questionado: futuras intervenções. A possibilidade de um novo racionamento a partir de 2007 já é admitida pelo próprio governo e já faz parte das previsões de alguns setores privados (Abdib, 2003a). Nesta pesquisa, detectou-se que a maioria dos empresários dos setores produtivos acredita que o país pode sofrer uma nova crise de oferta de energia, a partir de 2007 ou ainda em 2006.

Na pesquisa realizada pela Associação Brasileira da Infra-Estrutura e Indústrias de Base (Abdib, 2003b), estudos mostram que se o PIB crescer apenas 3% por ano em 2004, 2005 e 2006, o país estará consumindo em 2006 toda a capacidade atual de energia e o que está previsto para entrada em operação até lá.

Diante destes fatos, esta dissertação tem como um dos objetivos a previsão de carga elétrica (valor em MW Médio) de empresas concessionárias do Sistema Interligado Nacional (SIN) no período de racionamento. Os resultados obtidos mostrarão que são necessárias mudanças nos modelos de previsão e transformações nas próprias séries.

### 1.3. Setor Elétrico Brasileiro

O sistema de produção de energia elétrica do Brasil tem forte predominância de usinas hidrelétricas e complementadas por usinas termelétricas. Empresas de geração, transmissão e distribuição das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte formam o Sistema Interligado Nacional. O Sistema Isolado completa a produção de eletricidade do país em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na Região Amazônica.

Além das empresas que operam diretamente na produção, transmissão e distribuição da energia, outros agentes participam do setor. Segundo Silva (2001), esses agentes são descritos por:

- Operador independente do sistema;
- Operador do mercado;
- Regulador do mercado;
- Planejador do sistema;

No Brasil, tem-se uma organização na qual as funções de operação independente do sistema, operação do mercado, planejamento da transmissão e regulação do mercado são desempenhadas, respectivamente por:

- Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)
- Mercado Atacadista de Energia (MAE)
- Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos (CCPE)
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

O ONS realiza uma das atividades mais importantes para o perfeito desenvolvimento do mercado de energia elétrica. Sua função é garantir o funcionamento do sistema elétrico em conformidade com padrões de qualidade e confiabilidade estabelecidos. Adicionalmente, o operador do sistema tem a responsabilidade pelo planejamento eletro-energético, programação, despacho e operação.

O agente planejador do sistema é responsável pelos estudos de planejamento da expansão do sistema, que visam adequar a oferta de geração

aos requisitos de demanda futura. O planejador do sistema possui as seguintes atribuições:

- Projetar a demanda futura de energia;
- Definir a expansão da transmissão;
- Indicar potenciais projetos de geração;
- Atualizar as informações dos possíveis aproveitamentos energéticos.

Já o agente de comercialização é o responsável pelas transações comerciais do mercado, podendo esta atividade ser exercida em conjunto com atividade de distribuição ou geração.

Por último, o agente regulador, representado pela ANEEL, tem a atribuição de fixar preços para os consumidores cativos e para os serviços de natureza monopolista. Também define os padrões de qualidade, estimula a eficiência econômica da indústria e a universalização do serviço e evita abusos na estrutura de custos do sistema.

Uma característica comum em todos os agentes citados, incluindo as empresas de transmissão, geração e distribuição, é a necessidade do conhecimento do consumo futuro de energia. Tanto na metodologia de cálculo do preço da energia, como no planejamento financeiro das empresas, a previsão do consumo é vital para a operacionalização do setor elétrico. A previsão de carga elétrica desempenha um papel muito importante na formulação de estratégias de operação econômicas, otimizando todos os recursos disponíveis no sistema. Com um modelo de previsão de carga ajustado à realidade do mercado, pode-se obter ganhos expressivos de qualidade e confiabilidade nas operações dos agentes. Pode-se citar algumas:

- Tomada de decisões mais ágeis e com menor risco;
- Ganhos financeiros, por meio de um gerenciamento corrigem das séries de energia;
- Melhor previsão do fluxo de caixa.

Vale ressaltar, que o Ministério de Minas e Energia anunciou no mês de dezembro de 2003, por meio de medida provisória, um novo modelo para o setor elétrico. A medida prevê a criação de dois ambientes de comercialização de energia, um livre e outro regulado. O Ministério propõe a criação da Câmara de

Comercialização de Energia (CCEE), que assumirá parte das atribuições da Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica) e do MAE (Mercado Atacadista de Energia), como interveniente nos contratos bilaterais que cada geradora firmará com cada distribuidora.

## **1.4. Objetivos e Motivação do Trabalho**

### **1.4.1. Motivação**

Este trabalho tem como motivação a ineficiência de alguns modelos estatísticos em realizar previsões de carga elétrica durante períodos de racionamento. Os modelos estudados foram ARIMA (p,d,q) proposto por Box & Jenkins, Amortecimento Exponencial de Holt & Winters, Lógica Fuzzy e Redes Neurais Artificiais. Propõem-se procedimentos alternativos nos modelos em questão, com o intuito de diminuir os erros de previsão decorrentes de eventos desta natureza.

### **1.4.2. Objetivos**

O primeiro objetivo deste trabalho é explorar alguns modelos de previsão de consumo de carga e analisar como as previsões se comportam diante de um racionamento de energia. O segundo objetivo foi definir procedimentos para melhorar o poder de predição, de um até doze passos à frente, desses modelos. Por último, procuram-se séries de energias com comportamentos semelhantes diante do impacto ao longo do racionamento.

## **1.5. Estrutura da Dissertação**

A presente dissertação está estruturada em sete capítulos, a saber:

Capítulo 1: Introdução. Neste capítulo, discute-se, de forma sintética, o tema, expõe-se o problema a ser pesquisado, os objetivos gerais e específicos, a metodologia utilizada e a estrutura do trabalho;

Capítulo 2:Revisão Bibliográfica dos Modelos de Previsão. Apresentam-se conceitos básicos sobre séries temporais, previsão de carga elétrica, métodos de previsão lineares (Box & Jenkins e Holt & Winters) e não-lineares (Redes Neurais Artificiais e Lógica Fuzzy) e, finalmente, considerações sobre combinação de previsões;

Capítulo 3:Previsão de Carga com Horizonte de Um Mês em Períodos de Racionamento. Apresenta-se neste capítulo as dificuldades dos modelos em realizar previsões um passo à frente da série de carga elétrica nos períodos de racionamento. Posteriormente são desenvolvidas alternativas para reduzir os erros de previsão destes modelos;

Capítulo 4:Previsão de Carga com Horizonte de Doze Meses em Períodos de Racionamento. Apresenta-se neste capítulo a aplicação de fatores de redução de previsão nos modelos de previsão em médio prazo no início do racionamento;

Capítulo 5:Comentários Finais. Este capítulo da dissertação contém as considerações finais e recomendações para trabalhos futuros;

Capítulo 6:Referências Bibliográficas;

Capítulo 7:Apêndice.