

1 Introdução

1.1 Histórico

Dentre as funcionalidades necessárias à operação de sistemas elétricos, a previsão de carga é uma das principais. A motivação para produzir previsões precisas baseia-se no fato de a energia elétrica não ser armazenável. Logo, para as empresas de eletricidade, a estimativa da demanda futura é necessária para gerenciar a produção e realizar compras economicamente viáveis. No Brasil, a abertura do mercado de energia começa a incrementar a competição entre as empresas deste setor.

Métodos de previsão de carga podem ser divididos em modelos de curtíssimo, curto, médio e longo prazo de acordo com os intervalos de discretização (Karanta 1990). Em previsão a curtíssimo prazo, o intervalo entre as observações pode ser de poucos minutos, enquanto em previsão a longo prazo, o intervalo pode variar de um ano até muitas décadas. Este trabalho concentra-se em modelos de previsão de carga a curtíssimo/curto prazo, onde o horizonte de previsão varia entre uma hora e uma semana.

Previsão de carga a curto prazo tem sido classificada, na literatura, como um problema de sistemas de potência. Inovações científicas e tecnológicas têm contribuído com novas abordagens para resolver este problema e o desenvolvimento da tecnologia de computação tem ampliado estas possibilidades permitindo que apareçam novos métodos de trabalho em tempo real.

Paralelamente, muitos processos de previsão têm sido testados e apresentado sucesso, mas nenhum método de aplicação geral foi desenvolvido. Uma das razões é que as circunstâncias e requisitos de uma particular situação têm influência significativa na escolha do modelo adequado e outra é que os resultados apresentados, freqüentemente, não são diretamente comparáveis.

Recentemente, com o desenvolvimento da área de inteligência artificial, soluções alternativas têm sido propostas. Os sistemas especialistas têm sido aplicados com sucesso (Rahman & Bhatnagar 1988) baseando-se na suposição

da existência de um especialista com capacidade de fazer boas estimativas dos parâmetros do sistema. Um método possível para um especialista criar a previsão para um determinado dia é buscar nos dados históricos um dia com as mesmas características (fatores sociais, climáticos, etc...) e então supor o valor da carga deste dia similar como base para a previsão. Jabbour, Riveros & Landsbergen (1988) mostram que um sistema especialista pode automatizar este tipo de pesquisa, mas advertem que é extremamente difícil transformar o conhecimento do especialista em regras matemáticas.

Uma abordagem recente baseada em lógica nebulosa tem se tornado popular (ver, *e.g.*, Hsu & Ho (1992), Kim et al. (1995), Momoh & Tomsovic (1995), Lourenço, Lourenço, Ribeiro & Silva (1999)). A abordagem heurística adotada na solução dos sistemas especialistas torna-os atrativos para os operadores e pode induzir o usuário a seguir a lógica do modelo (Asar & McDonald 1994). A área mais promissora da inteligência artificial é composta pelos métodos que utilizam redes neurais, por não se basearem no conhecimento especializado, mas procurarem “aprender” o relacionamento funcional entre as entradas e as saídas dos sistemas. Muitos trabalhos têm apresentado bons resultados e a atração por estes métodos baseia-se na hipótese ilusória que as redes neurais são capazes de aprender todas as propriedades da carga, e que outros métodos exigem análise cuidadosa para descobri-las.

Contudo, o desenvolvimento dos métodos não está concluído e a falta de resultados comparativos entre diferentes variações de modelagem é um problema pouco estudado. Assim, para usar as técnicas em uma aplicação real, uma análise comparativa das propriedades estatísticas dos diferentes tipos de modelagem é necessária.

1.2

Proposta do trabalho

Este trabalho estuda a aplicabilidade de diferentes metodologias de modelagem para previsão de carga a curto prazo e as abordagens são comparadas através de medidas estatísticas. Os modelos testados realizam a previsão 1 passo à frente, a previsão do perfil da carga diária (24 passos à frente para séries com intervalo de discretização horária, 48 passos à frente para séries com intervalo de discretização de 30 minutos ou o número apropriado para intervalos de discretização menores) e a previsão para uma semana à frente (168 passos à frente para séries com intervalo de discretização horária). São realizados três ensaios com dados reais de carga de uma concessionária de distribuição de energia elétrica da região do sudeste brasileiro.

Como existe necessidade de obter previsões de carga confiáveis para muitos passos à frente, o objetivo é sugerir ou escolher o(s) modelo(s) mais apropriado(s), e estudar o desempenho dos modelos. Intuitivamente, parece ser possível que diferentes modelos sejam escolhidos para diferentes horizontes de previsão.

Como os modelos apresentados na literatura são divididos em modelos para prever o perfil da curva de carga diária ou modelos para previsão da carga horária, esta divisão é utilizada nos ensaios desenvolvidos.

O trabalho constrói bases para que um sistema automático de previsão possa ser usado em ambientes de tempo real. A motivação apóia-se na necessidade existente em sistemas de gerenciamento de energia desenvolvidos pelo CEPEL—Centro de Pesquisas em Energia Elétrica e algumas concessionárias de distribuição e produção de energia elétrica no Brasil. A seguir são listadas algumas propriedades consideradas importantes para estes sistemas:

- O modelo deverá ser automático e capaz de incorporar mudanças bruscas na carga;
- O modelo deverá possuir capacidade de ser usado em diferentes situações;
- O sistema deverá ser confiável e produzir previsões que sejam consideradas razoáveis, mesmo em circunstâncias excepcionais;
- Diferentes condições climáticas, conforme características regionais, especialmente uma grande variação de temperaturas, deverão ser consideradas; e
- O modelo deverá ser facilmente incorporado ao sistema de gerenciamento existente.

Este trabalho considera a existência de dias especiais como feriados (oficiais, profissionais e religiosos), que têm perfis de consumo diferentes dos dias úteis, o que exige procedimentos de previsão diferentes.

1.3

Estrutura do trabalho

O capítulo 2 descreve e analisa os dados usados nos ensaios, mostrando algumas características importantes e descrevendo a forma como são utilizados pelos modelos. São discutidas as propriedades das curvas de carga e consideradas possíveis abordagens para o problema.

O capítulo 3 discute aspectos relativos à modelagem linear e seu uso em previsão de carga. A idéia básica é aplicar métodos baseados em regressão e manipulá-los. Desenvolve-se um modelo para previsão da curva de carga diária, usando uma modelagem em duas etapas.

Na primeira etapa desenvolve-se um modelo preditivo para identificar as variáveis significantes e aspectos relacionados à dependência da forma funcional, em relação ao horizonte de previsão e à taxa de discretização dos dados. Modelase a tendência, a sazonalidade anual, os efeitos dos dias da semana e alguns efeitos especiais como feriados, meio-expedientes e dias entre feriados utilizando séries de Fourier e variáveis binárias.

Na segunda etapa são estimados diferentes modelos auto-regressivos (*AR*) com defasagens selecionadas com base no critério *SBIC*. Para série de observações de cada hora, todas as combinações de modelos *AR* de ordem 1 a 7 são testados. A melhor combinação define o modelo selecionado.

O capítulo 4 trata da modelagem considerando a existência de memória longa e de memória longa (sazonal) generalizada. Inicialmente, são tratados os efeitos sazonais semanais e aqueles decorrentes dos diferentes dias da semana. Também considera alguns efeitos especiais como feriados, meio-expedientes, mas todos os componentes são considerados estocásticos.

As metodologias propostas apresentaram bom desempenho com o conjunto de dados utilizado e podem ser usadas por qualquer empresa de energia elétrica no Brasil ou no exterior. O objetivo final é comparar a capacidade preditiva dos diversos modelos com relação aos valores observados.

Os modelos são avaliados usando um histórico de carga de 11 anos e, para obtenção de uma medida do desempenho, as previsões dos modelos são comparadas às de um modelo *SARIMA*.

Finalmente, o capítulo 5 apresenta uma síntese do trabalho desenvolvido e sugere possíveis refinamentos.