



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GOP 18
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

**GRUPO IX
GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GOP**

O COMPORTAMENTO DA CARGA PERANTE EVENTOS CLIMÁTICOS E SOCIOECONÔMICOS

**Wilson Fernandes Lage * Gilvaney Marques Machado Walmir Marra
Geraldo Moreira Filho Ricardo Ernesto Rosa Santo**

CEMIG – COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS S.A.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise estruturada sobre o comportamento da carga perante variações de fatores externos, climáticos ou sócio-econômicos, buscando aprimorar e realimentar o processo de previsão de carga. Esta análise garante uma maior precisão a este processo, proporcionando a redução dos desvios da programação eletro-energética e, conseqüentemente, uma operação otimizada, econômica, segura e com qualidade. É feita uma breve descrição do processo de previsão de carga, com foco na análise do comportamento do consumo na área de atuação do COS da Cemig. É também apresentada uma série de curvas de carga exemplificando os fatores interferentes no consumo de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE

Previsão de Carga, Planejamento da Operação, Influência do Clima, Influência de Variáveis Socioeconômicas.

1.0 - INTRODUÇÃO

A principal entrada para os processos de planejamento, programação e execução da operação de um sistema eletro-energético é a carga prevista para o período considerado, seja anual, quadrimestral, mensal, semanal, diário, horário ou em intervalos de 15 minutos.

Valores precisos de previsão para demandas máximas, cargas mínimas e rampas associadas às alterações de patamares de consumo são essenciais para o adequado planejamento e execução da operação em tempo real de um sistema de energia elétrica.

O objetivo final destes processos é a execução otimizada da operação do Sistema Interligado Nacional pelo suprimento nas melhores condições técnicas (elétricas e energéticas), econômicas e com maior segurança operacional possível para atendimento às demandas previstas, considerando a integridade de equipamentos e as restrições existentes, estabelecendo programas diários de geração e intercâmbios. (1)

Outras entradas para estes processos são restrições de geração e transmissão, restrições elétricas entre e intra-subsistemas, programa de intervenções, restrições hidráulicas, de uso múltiplo das águas e ambientais, etc.

Também o processo de Programação de Intervenções em Instalações da Rede de Operação necessita de valores confiáveis de previsão de carga. Este processo apresenta os procedimentos para intervenção nos equipamentos da rede de operação com meta de garantir o suprimento de energia com o menor risco para os usuários, bem como assegurar que as condições operativas não excedam a capacidade dos equipamentos remanescentes desta

rede, e que os níveis de tensão estejam dentro da faixa operativa aceitável durante as intervenções. Demandas não previstas podem tornar impraticáveis determinadas intervenções.

O resultado final da operação e de intervenções no sistema eletroenergético tem seu compromisso de qualidade, economicidade e segurança diretamente influenciado pela precisão dos valores de carga previstos.

2.0 - A IMPORTÂNCIA DA PREVISÃO DE CARGA E AS ETAPAS DO PROCESSO

Destacamos como benefícios diretos da Precisão da Previsão de Carga:

- Programação mais econômica do sistema energético
- Redução do número de reprogramações de geração e intercâmbios
- Redução do número de manobras para controle de tensão
- Redução de custos em manutenção
- Análise e antecipação da tomada de decisões operativos
- Operação mais segura e confiável do sistema
- Melhoria da imagem da empresa
- Liberação de reserva de potência do sistema
- Melhor previsibilidade para compra e venda de energia
- Redução do nível de stress dos operadores

A Figura 1 apresenta a constante realimentação do processo de previsão de carga proporcionada pela etapa de análise da carga.

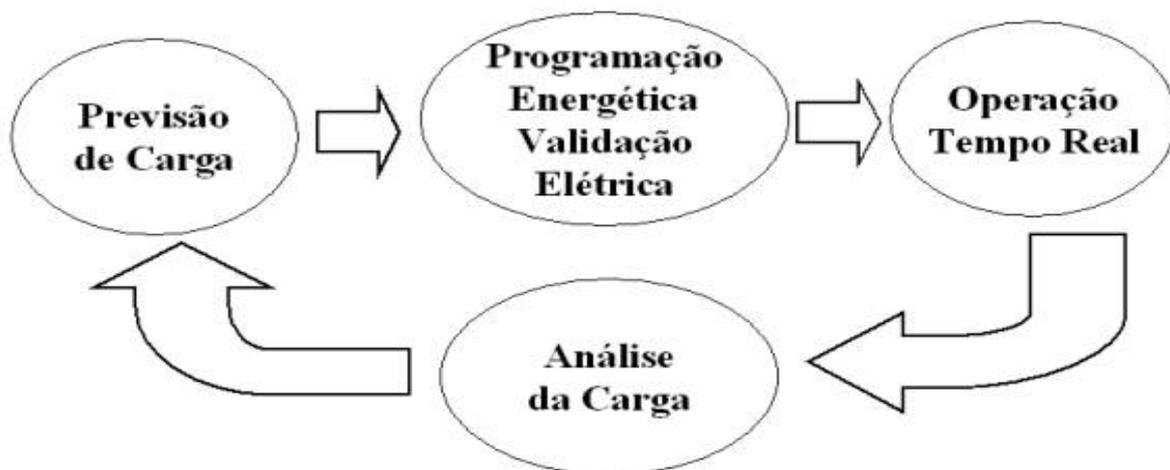


FIGURA 1 – Etapas do Processo de Previsão de carga

O processo de previsão de carga tem varias etapas:

2.1 Aquisição de dados previstos de clima e eventos

Uma previsão climatológica de qualidade e com a antecedência adequada é insumo necessário para a elaboração da previsão de carga. Esta antecedência pode chegar a uma semana, como no caso de feriados prolongados. Os fatores climatológicos interferem no perfil de consumo, sendo este efeito dependente da composição do mercado considerado. Eventos são todos os fatos que têm influência no consumo de energia elétrica e a informação dos mesmos é essencial para a qualidade da previsão.

2.2 Aquisição, correção e armazenamento de dados históricos de carga, de clima e de eventos

Dados verificados da carga devem ser submetidos à uma etapa de eliminação de erros e ruídos. Esta etapa é extremamente importante para se expurgar as distorções verificadas na carga e impedir que sejam utilizados dados atípicos na elaboração das previsões. São também necessários os dados verificados de clima, se possível regionalizados, para possibilitar o estabelecimento de correlação destes dados com a carga de cada região, observada a composição de seus mercados. Eventos verificados são coletados e utilizados para identificar anormalidades nos perfis de carga e carregar a base de eventos a ser utilizada, quando previsíveis e antecipadamente informados, na elaboração de previsões com situações semelhantes. Exemplos de eventos previsíveis são desligamentos programados, manutenções em cargas de consumidores e comercialização de

energias. Eventos imprevisíveis são exemplificados por ocorrências no sistema e desligamentos internos em consumidores não informados.

2.3 Elaboração da previsão

Consiste na elaboração da previsão, de forma manual, semi-automática ou totalmente automática e sua disponibilização aos usuários. Na Cemig são utilizados para a elaboração destas previsões um sistema comercial e dois sistemas computacionais próprios, desenvolvidos em projetos de P&D e parceria com UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá (2) (3). A carga verificada e previsões on-line e tradicional, global e das regionais para uma semana adiante está disponível para toda a empresa através da intranet. As previsões diárias, semanais, mensais, quadrimestrais e anuais são encaminhadas ao Operador Nacional do Sistema e aos órgãos internos de planejamento elétrico e energético da operação.

2.4 Análise do comportamento da carga

É a etapa mais importante da previsão de carga e responsável pela realimentação do processo e pelo desenvolvimento crítico e analítico da equipe de técnicos envolvida. Nesta etapa se busca analisar e justificar todas as variações observadas no perfil de consumo. Todos os eventos e fatores identificados que influenciaram a carga devem compor a base de dados de eventos para consulta e utilização futura em situações semelhantes.

Nesta etapa é elaborado o diagnóstico de variações do perfil de carga do dia anterior, procurando-se identificar e justificar os desvios de carga observados durante o período. Esta análise é realizada para a carga global, com detalhamento por região, atingindo o nível de consumidor e uso final da energia. O resultado desta análise realimenta o processo de previsão, possibilitando uma melhoria contínua no nível de qualidade de todo o processo.

Neste processo de análise da carga são procuradas informações sobre as variações de consumo observadas:

- em grandes clientes industriais ou comerciais, provocadas por férias, greves, comercialização de energias especiais, reduções por intervenções programadas ou ocorrências no setor elétrico ou ainda de origem interna, variação cambial, entrada de novos concorrentes no mercado, atuação da concorrência internacional, etc
- em clientes residenciais, provocadas por eventos televisivos de audiências elevadas ou extremamente baixas, tais como capítulos finais de novelas, copa do mundo de futebol, finais de campeonatos regionais, horário político, etc
- na iluminação artificial, pública ou particular, provocada por efeitos climáticos como chuvas e variações de luminosidade provocadas pelas estações do ano, pela adoção do horário de verão, etc

Os clientes do setor elétrico podem ser segregados em classes (industrial, comercial, residencial, etc) e ramos (ferroligas, siderúrgico, serviços, comércio, etc), variando o nível de tensão de atendimento, a tarifa cobrada, a localização geográfica ou o seu negócio.

As necessidades, características e resposta a influências externas de cada classe e ramo são naturalmente diferentes. Portanto o conhecimento da composição setorial de cada região é fundamental para análise do comportamento de seu mercado. A abordagem setorial é particularmente útil para auxiliar no conhecimento dos efeitos em cada setor e a composição setorial de cada regional para se produzir uma avaliação adequada do impacto das variáveis externas nestes mercados e o impacto na carga global da área de atuação do Centro de Operações do Sistema-COS da Cemig.

Já o enfoque por uso final (iluminação, refrigeração de alimentos e de ambientes, aquecimento de água, etc) é muito útil para se determinar quais os equipamentos são afetados, e como são afetados, pelas alterações de variáveis climáticas (luminosidade, temperatura, umidade relativa, sensação térmica, etc) e sua interferência no comportamento da população e dos equipamentos, traduzindo os efeitos esperados das variáveis interferentes no mercado consumidor, aprimorando a elaboração das previsões diárias de carga global e regionais.

3.0 - FATORES DE INFLUÊNCIA NO COMPORTAMENTO DA CARGA

O perfil de consumo de determinada área sob observação está diretamente vinculado a vários fatores que podem ser assim descritos:

3.1 Fatores Estruturais

A composição do mercado da região considerada define a reação da carga a variáveis externas. Regiões com maiores participações residenciais possuem baixos fatores de carga e são fortemente influenciadas por fatores climáticos. Regiões mais industrializadas apresentam fatores de carga mais elevados como consequência da tarifação horo-sazonal e são mais sensíveis a fatores econômicos. O perfil de consumo resultante está diretamente relacionado com a proporção de cada classe na composição final da área. Exemplificamos nas Figuras 2, 3, 4 e 5 duas regionais da Cemig:

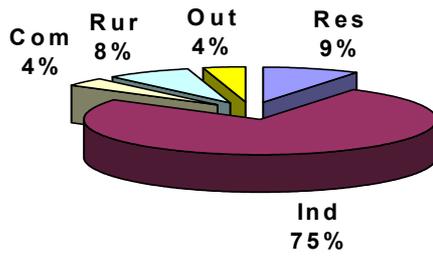


FIGURA 2 - Participação do Consumo por Classe na Região Norte

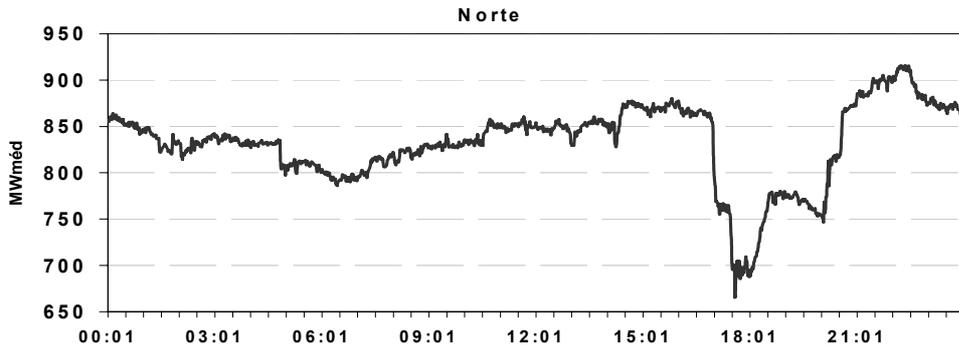


FIGURA 3 - Curva Típica da Região Norte

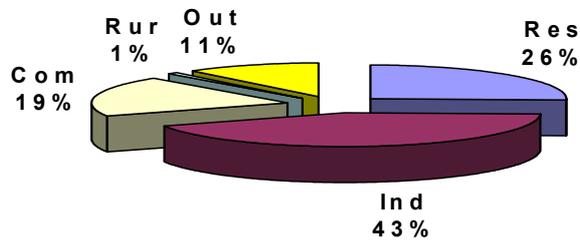


FIGURA 4 - Participação do Consumo por Classe na Região Central

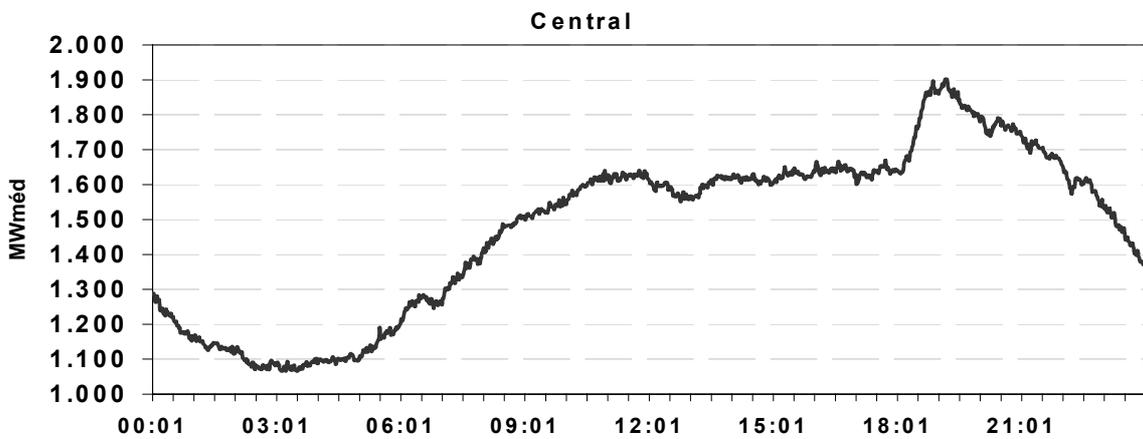


FIGURA 5 - Curva Típica da Região Norte

3.2 Fatores Temporais

São fatores relacionados ao tipo de dia ou período do ano, definindo tipologias específicas de consumo:

- Periodicidade semanal: dia útil/sáb/dom;
- Variações sazonais: estações do ano, horário de verão, férias coletivas, férias escolares, início/término do ano escolar;
- Feriados.

Na Figura 6 exemplificamos com o efeito observado na carga de Minas Gerais durante a adoção do Horário de Verão.

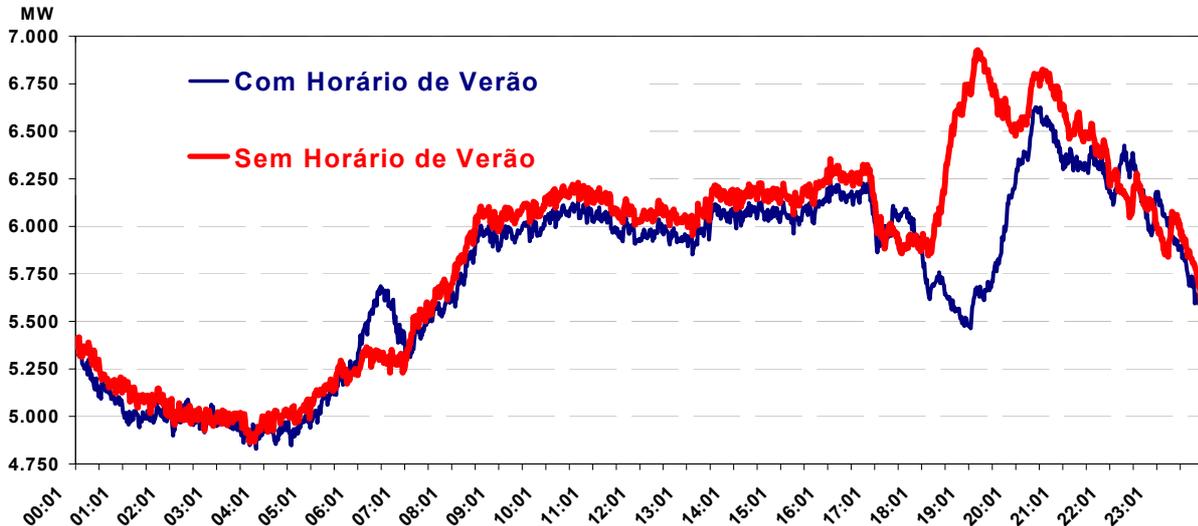


FIGURA 6 - Efeitos do Horário de Verão

3.3 Fatores Meteorológicos

São os fatores de clima com impactos diferenciados em cada classe de consumo. As classes residencial e comercial são as mais fortemente afetadas:

- Temperatura
- Umidade
- Luminosidade
- Precipitação
- Velocidade do vento

Na Figura 7 mostramos a curva de carga da Região Central, evidenciando as diferenças provocadas por variações de temperatura na madrugada e final do dia e pela ocorrência de tempestades ao final da tarde, ocasionando o adiantamento da entrada de iluminação artificial.

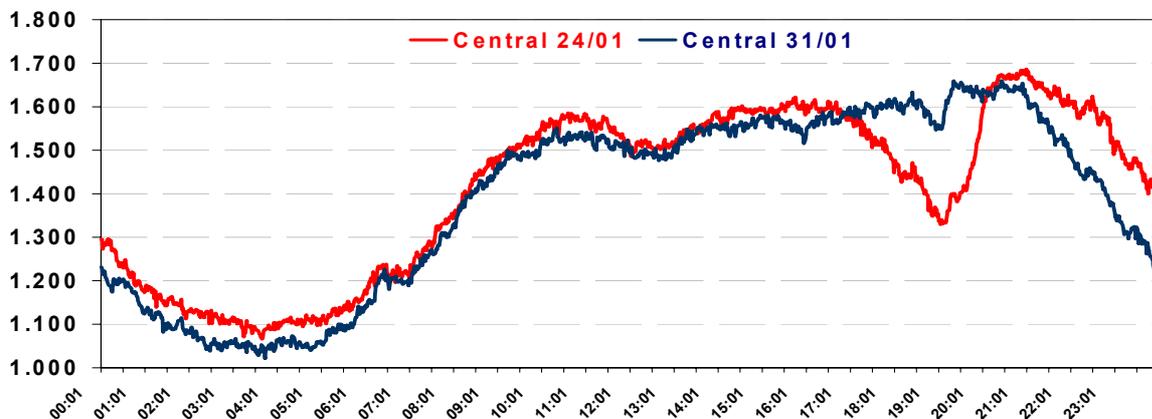


FIGURA 7 - Efeitos das variáveis de clima no comportamento da carga da Região Central

3.4 Fatores Aleatórios

São fatores ocasionais com horários, duração e valores imprevisíveis:

- Entrada/saída não programada de carga por problemas internos aos consumidores
- Economia: política salarial, crédito, desempenho setorial, restrições ou incentivos à exportação, variação cambial, concorrência internacional

Na Figura 8 observa-se a inércia de recuperação da carga após uma ocorrência no sistema, em uma regional com carga majoritariamente industrial.

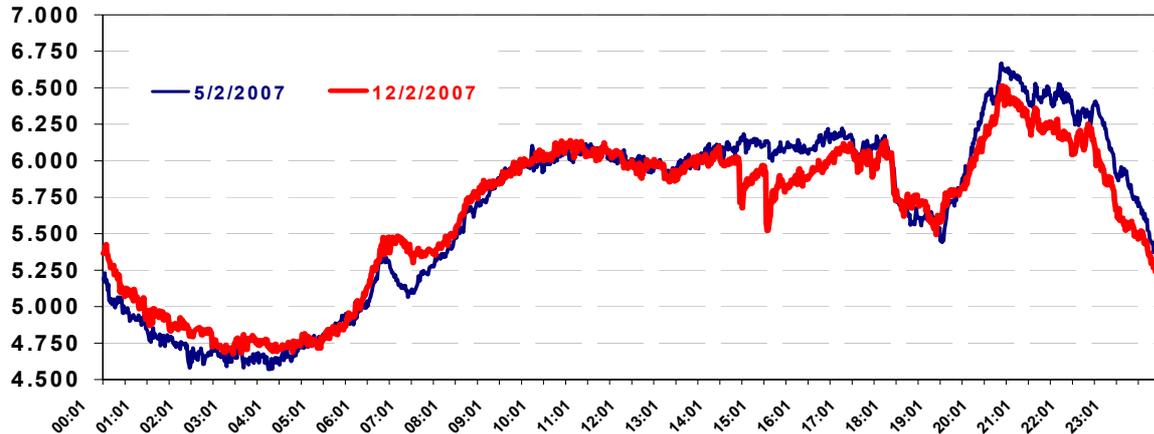


FIGURA 8 - Curva de Carga da Global com Ocorrência no Sistema

3.5 Fatores Determinísticos

São fatores que apresentam conseqüências perfeitamente definidas e considerados nas previsões:

- Ações de Gerenciamento da Carga
- Transmissão de programas televisivos de alta/baixa audiência (copa do mundo, novelas, horário político, etc)
- Tarifação horo-sazonal
- Comercialização de Energias
- Entradas/Saídas Programadas de carga

Nas Figura 9 a 11 observamos alguns exemplos de interferência no consumo provocados por eventos televisivos com elevado nível de audiência.

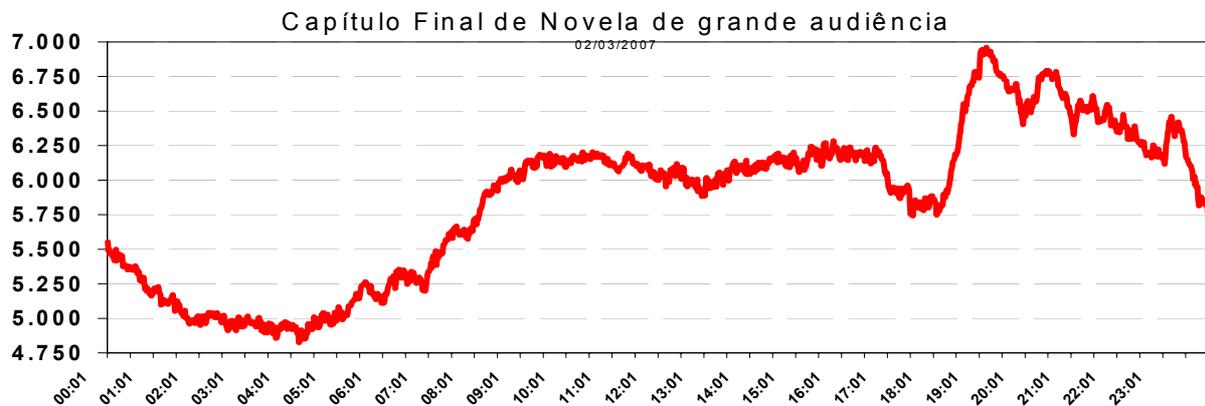


FIGURA 9 – Influência na carga global provocada por programa de elevada audiência – Novela 1

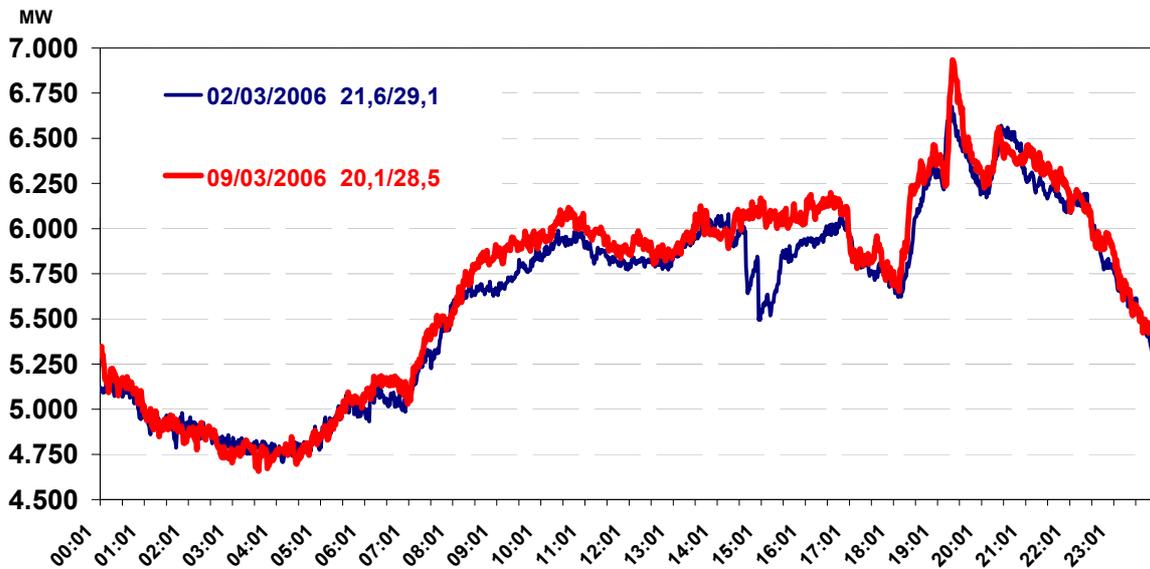


FIGURA 10 – Influência na carga global provocada por programa de elevada audiência – Novela 2



FIGURA 11 – Influência na carga global provocada por programa de elevada audiência – Copa do Mundo

4.0 - CONCLUSÃO

A previsão de carga de curto prazo torna-se cada vez mais importante para a operação dos sistemas elétricos de potência. A perspectiva de exploração de limites elétricos, imposta pela necessidade de maximização de resultados, bem como a possibilidade de perdas econômicas na compra e venda de energia ou no cancelamento de uma intervenção programada, como conseqüências de imprecisão destas previsões, são constatações atuais. A qualidade e a segurança da operação são conseqüências diretas da proximidade entre o que foi estudado e validado em tempo de programação e o que realmente acontece durante a execução da operação.

Estas análises de variações do comportamento da carga são aplicáveis a qualquer mercado de consumo de energia elétrica, após a adequada observação e caracterização do consumo local, correlacionando-se alterações observadas no comportamento da curva de carga aos fatores interferentes externos, possibilitando a operação do sistema eletro-energético com elevado nível de previsibilidade, adequado às necessidades e exigências do mercado consumidor.

Constata-se ainda, na nova realidade do Setor Elétrico Brasileiro, que vem se tornando cada vez mais reduzido o número de profissionais com a dedicação necessária e desejável nas rotinas de previsão de carga das empresas, algumas até sem equipes, demonstrado pelo elevado número de reprogramações de intercâmbio e geração observados na operação diária recente motivados por erros de previsão de carga. As especificidades locais da área de atuação de cada empresa fazem com que a melhor previsão seja a produzida pelas equipes locais, que têm maior conhecimento e feeling do mercado em que atuam. A adequada formação, treinamento e manutenção destas equipes é plenamente justificável, técnica e economicamente.

A precisão maior das previsões de carga traz como benefício direto a segurança, confiabilidade e economia na operação bem como a otimização na utilização dos recursos do sistema elétrico e energético. Ainda como conseqüência imediata observamos a melhoria do nível de incertezas para a operação em tempo real, contribuindo efetivamente para a diminuição do nível de stress dos operadores do sistema.

O perfeito conhecimento das movimentações da carga e dos fatores interferentes nestas variações certamente contribui para esta maior precisão das previsões de carga e proporciona ao cliente final o recebimento de um produto de maior qualidade e, sempre desejável, ao menor custo.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Procedimentos de Rede: Módulo 5: Consolidação da Previsão de Carga; Módulo 6: Planejamento e Programação da Operação Elétrica; Módulo 7: Planejamento da Operação Energética; Módulo 8: Programação Diária da Operação Eletroenergética, disponíveis em <http://www.ons.org.br>
- (2) W.F. Lage, G. Moreira Filho: Previsor: Sistema de Previsão de Carga On-Line, Relatório Final de Projeto de P&D Cemig/Aneel – 2003 - Brasil
- (3) Previsão de Carga de Curto Prazo - Lage, W.F., Marra, W. , Miranda, C.A.S., Torres, G.L., Costa, C.I.A., Silva, A.P. - XV SNPTEE , 1999 - Brasil

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Wilson Fernandes Lage

Nascido em Coronel Fabriciano, MG em 27 de janeiro de 1962.

Especialização pela Faculdade de Engenharia Elétrica da Unicamp, em 1993, em Planejamento da Operação e Expansão de Sistemas de Energia Elétrica - COSE e pela Faculdade de Ciências Econômicas da UFMG, em 1999, em Gestão Estratégica-CEGE. Graduação em Engenharia Elétrica na UFMG, em 1995.

Empresa: Companhia Energética de Minas Gerais S.A. - CEMIG, desde 1986.

Engenheiro de Operações do Sistema da Gerência de Supervisão e Controle da Operação do Sistema Cemig.