



XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

Desenvolvimento de Padrões Típicos de Fatores de Carga e Fatores de Demanda da Elektro, Utilizando Pesquisas de Mercado e Medições

Henrique Romanenghi	Iliocercio Montier da Silva	Reinaldo Castro Souza	João Carlos O. Aires
Elektro Eletricidade e Serviços S.A.	Elektro Eletricidade e Serviços S.A.	PhD PUC-Rio	DSc. IEPUC-Rio
henrique.romanenghi@elektro.com.br	iliocercio.silva@elektro.com.br	reinaldo@ele.puc-rio.br	jcaires@ajato.com.br

Palavras-chave

Curva de Carga
Distribuição de Energia Elétrica
Fator de Carga
Fator de Demanda
Mercado

Resumo

Atualmente, as informações sobre os fatores de carga e de demanda típicos das atividades, utilizados em cálculos para dar andamento às tratativas envolvendo vários processos da concessionária, tomam como base estudos do início da década de 70, e portanto, apresentam grande defasagem tanto no aspecto tecnológico, novos equipamentos, métodos de trabalho, etc., quanto no aspecto de hábitos de consumo, pós-acionamento e avanços das técnicas de conservação de energia.

O objetivo é estabelecer critérios e desenvolver metodologia para a estimativa dos indicadores conhecidos como FC (Fator de Carga) e FD (Fator de Demanda) típicos por classes de consumo, ramos de atividades, faixa de consumo, etc.

O processo metodológico inclui o tratamento estatístico para a definição de amostras e tratamento das informações das Campanhas de medidas e das Pesquisas de Posse e Hábitos de consumo (PPH's), técnicas de Inteligência Artificial (IA) para levantamento de grupos homogêneos de consumidores (padrões) - Redes neurais - mapas de Kohonen - ou outras metodologias de clusterização.

Após a realização de Campanhas de medidas e PPH's, serão determinadas Curvas de Carga e Fatores Típicos utilizando-se as técnicas de IA.

1. Introdução

A metodologia a ser utilizada para atingir os objetivos é de importância vital para todas as concessionárias de distribuição de energia elétrica e será pautada em técnicas e ferramentas de estado da arte.

O projeto, portanto abordará diversas áreas do conhecimento, destacando-se a Engenharia Elétrica (Distribuição e Medição de Energia Elétrica), Estatística e Inteligência Computacional.

2. Desenvolvimento Metodológico

Inicialmente serão efetuadas medições de campo, definidas através de uma campanha de medidas pautadas em bases estatísticas e classes de consumo da concessionária. Para complementar os dados, serão realizadas PPH's.

Com base nos resultados das medições e das PPH's deverão ser determinados:

- Fatores de carga e de demanda das curvas de cargas declaradas pelos clientes e das medidas (individualizadas para cada cliente da amostra);
- Levantamento de grupos homogêneos de consumidores (padrões) em função dos fatores de carga e de demanda por atividades e por classe de consumo, e outros dados obtidos dos cadastros dos clientes de média tensão e baixa tensão, utilizando técnicas de custerização (Redes neurais – mapas de kohonen). A partir daí, e dos fatores de cargas e fatores de demandas individuais, serão calculados os fatores de carga típicos e fatores de demanda típicos para cada um dos segmentos homogêneos.

Após a obtenção dos fatores típicos deverão ser atualizados os procedimentos para utilizações específicas;

- Apuração de cálculo para dimensionamento de reforço / extensão de rede;
- Orientação a clientes para fixação de demandas a serem contratadas;
- Cobrança e acompanhamento de consumo / demanda estimadas em ocorrência de procedimentos irregulares (fraudes e desvios, por exemplo) e avaria em medição;
- Cálculo de fornecimento provisório.

O processo metodológico abordará, portanto:

- Tratamento estatístico para a definição de amostras e tratamento das informações das Campanhas de medidas e da PPH's;
- Técnicas de IA para levantamento de grupos homogêneos de consumidores (padrões) (Redes neurais - mapas de Kohonen);
- Conhecimento geral de distribuição de energia e de estudo de mercado / consumo.

Através das PPH's será possível a determinação de curvas de carga com estratificação do uso de equipamentos elétricos e eletrônicos, conforme a figura 1. Essas curvas de carga estimadas serão complementadas por outras de consumo de energia, medidas em uma campanha de medidas a ser implementada por toda a área de concessão.

As curvas de carga medidas e estimadas serão inicialmente comparadas através de técnicas de análises de correspondências e serão estratificadas por regional e por atividade econômica e classe de consumo (residencial, industrial, comercial, rural, poder público, serviço público, iluminação pública e consumo próprio).

Os fatores típicos por grupos homogêneos de consumidores serão apresentados como na figura 2.

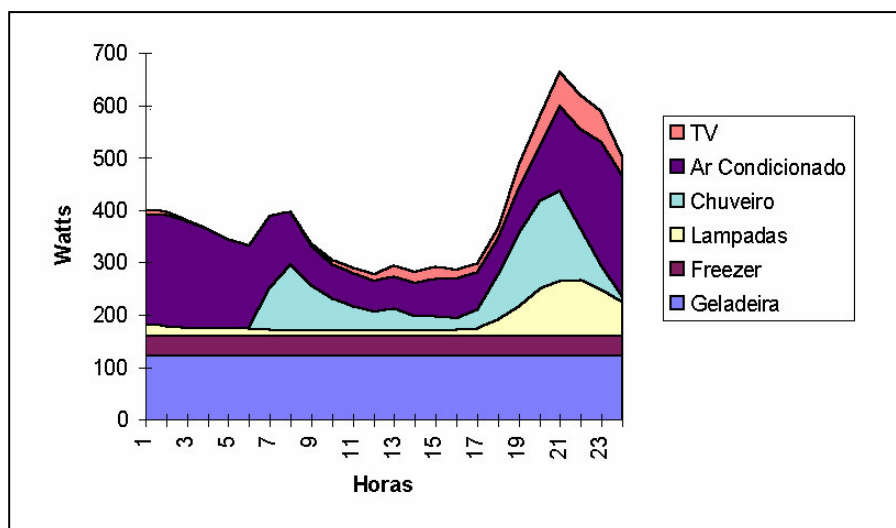


Figura 1. Caracterização da curva de carga pelo uso final

Atividade	FD Típico	FC Típico
Comercio, Serviços e Outras Atividades.	0,42	0,30
Industrial	0,32	0,23
Rural	0,28	0,21
Poder Público	0,51	0,39

Figura 2. Fatores típicos por atividade econômica

Resultados esperados:

- Metodologia para determinação de fatores de carga e de demanda típicos utilizando técnicas estatísticas e de inteligência computacional;
- Fatores de carga e de demanda típicos por classe de consumo de unidades consumidoras ligada em baixa tensão (exemplo: residencial, industrial, comercial, rural, poder público, serviço público, iluminação pública e consumo próprio);
- Fatores de carga e de demanda típicos por atividades consumidoras ligadas em baixa tensão (exemplo: residencial baixa renda, residencial veranista, residencial normal e residencial alto padrão; comércio varejista de veículos, comércio atacadista de brinquedos, restaurante, serviços de higiene, etc).
- Fatores de carga e de demanda típicos por classe de consumo de unidades consumidoras ligadas em alta tensão (exemplo: residencial, industrial, comercial, rural, poder público, serviço público, iluminação pública e consumo próprio);
- Fatores de carga e de demanda típicos por atividade de unidades consumidoras ligadas em alta tensão (exemplo: comércio varejista de veículos, comércio atacadista de brinquedos, restaurante, serviços de higiene, etc).
- Fatores de carga e de demanda típicos por setor industrial (unidades consumidoras ligadas em baixa tensão);
- Fatores de carga e de demanda típicos por atividade comercial;

- Fatores de carga e de demanda típicos por classe de consumo (unidades consumidoras ligadas em alta tensão)

Estabelecidos critérios e procedimentos mencionados nos objetivos, os resultados obtidos serão também incorporados ao Banco de Dados de Curvas de Carga e Medição da Elektro, com histórico e tratamento estatístico, que foi objeto do projeto “Estudo e impactos técnicos e econômicos das /curvas de Carga e Hábitos de Consumo dos clientes da Elektro”, do ciclo 2005/2006.

Os fatores de carga e de demanda típicos deverão contemplar as informações em situações similares (exemplo: rural de Andradina e rural de Votuporanga; veranista Ubatuba e veranista de Itanhaém).

Homologação dos resultados alcançados perante o(s) órgão(s) regulador(es) ao final do projeto.

Cronograma de execução – Fases Metodológicas:

Fase 1 – Plano de Trabalho, levantamento Bibliográfico e Avaliação de Dados e Recursos Disponíveis. Especificação dos equipamentos de medição a serem adquiridos e Levantamento de dados referentes às curvas de carga obtidas em campanhas recentes.

Fase 2 – Especificação do Software, Aquisição de Equipamentos e Definição de Amostras. Definição das amostras para as campanhas de medição e pesquisas de mercado (incluindo posses e hábitos de consumo). Aquisição de equipamentos de medição necessários.

Fase 3 – Recuperação dos resultados da Campanha de Medidas e Desenvolvimento das Pesquisas de Mercado. Execução da Campanha de Medidas. Contratação de serviços de terceiros para a realização das pesquisas de mercado. Amostra de cerca de 1300 clientes.

Fase 4 – Tratamento das Informações obtidas das Campanhas de medidas e das Pesquisas. Desenvolvimento Metodológico.

Fase 5 – Aplicação da Metodologia Desenvolvida. De uma forma geral o desenvolvimento metodológico será iniciado na fase 1 do projeto e concluído na fase 4. No início da fase 5 já estará disponível uma ferramenta computacional amigável para o tratamento das informações. Prevê-se a utilização de todos os dados disponíveis para aplicar a metodologia e determinar os padrões (grupos homogêneos) de fatores de carga e de demanda.

Fase 6 – Transferência de Tecnologia, determinação dos fatores típicos e implementação dos procedimentos para:

- Apuração de cálculo para dimensionamento de reforço / extensão de rede;
- Orientação a clientes para fixação de demandas a serem contratadas;
- Cobrança e acompanhamento de consumo / demanda estimadas em ocorrência de procedimentos irregulares (fraudes e desvios, por exemplo) e avaria em medição;
- Cálculo de fornecimentos provisórios.

3. Conclusões

Os principais resultados esperados pela aplicação de diversas técnicas de estado-da-arte integradas são:

- 1) Tabela com Fatores de Carga (FC) e de Demanda (FD) típicos por atividade econômica e por classe de consumo de unidades consumidoras ligadas em baixa tensão e média tensão (exemplo: residencial, industrial, comercial, rural, poder público, serviço público, iluminação pública e consumo próprio);
- 2) Estabelecimento / adaptação de critérios e procedimentos para estudos que utilizam os Fatores;
- 3) Aprimorar o processo de faturamento de diferenças provenientes de procedimento irregular constatados nas unidades consumidoras, conforme determina o Artigo 72 da Resolução 456/00 ANEEL;
- 4) Os resultados obtidos serão também incorporados ao Banco de Dados de Curvas de Carga e Medição, com histórico e tratamento estatístico.
- 5) Benefícios Não Mensuráveis: Imagem da Empresa, conhecimento do cliente, segurança, redução de perdas em planejamentos elétricos, melhora na estimativa de cálculo de consumo, contratos mais adequados, etc.,
- 6) Benefícios Mensuráveis:
 - Redução das perdas comerciais em 500 MWh/ano. Portanto, como a tarifa média de fornecimento é 200 R\$/MWh, teremos um Benefício traduzido em Aumento de Receita de $500 \text{ MWh/ano} \times 200 \text{ R\$/MWh} = \text{R\$ } 100.000 / \text{ano}$.
 - Redução dos investimentos em expansão / Redução de Perdas Técnicas de 200.000 R\$/ano. Portanto, teremos um Benefício traduzido em Custo Evitado de R\$ 200.000 / ano.
- 7) Tempo de Retorno com o investimento no projeto de 3 anos.

4. Referências bibliográficas e/ou bibliografia

- 1 - Box. G.E.P.; Jenkins, G.M. & Reinsel G.C. Time Series Analysis: Forecasting and Control, third edition, Prentice Hall, 1994.
- 2 - Brochado, R., Aboud P.F., Carvalho, M.L.R. de & Salles L.P.V. Modelo Setorial Brasileiro, Programação Conjunta, Previsão da Demanda: Relatório 1, DNAEE/Eletróbrás, Junho, 1984.
- 3 - Bunn, D. W., Farmer, E. D., Comparative Models for Electrical Load Forecasting, Chichester, John Willey & Sons 1985.
- 4 - Ernoult, M. & Meslier, F. Analyse et prévision de la demande d'énergie électrique. Révue Generale d'Électricité, no. 4/82, pp.257-278, avril, 1982.
- 5 - Hippert, H. S. Previsão de Cargas a Curto Prazo – Uma Avaliação da Viabilidade do Uso de Redes Neurais Artificiais. Teses de Doutorado. Dept. Eng. Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), 2001.
- 6 - Hippert, H. S.; Predeira, C. E. & Souza, R. C. Neural Networks for Short-term Load Forecasting: A Review and Evaluation. IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 16, Issue 1, Feb. 2001.
- 7 - Jang, J.-S. R.; Sun, C.-T. & Mizutani, E. Neuro-Fuzzy and Soft Computing. Upper Sadle River, NJ: Prentice Hall, 1997.

- 8 - Kawabata, T. H. Um Novo Modelo Híbrido para Previsão Horária de Cargas Elétricas no Curto Prazo. Dissertação de Mestrado. Dept. Eng. Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), 2002.
- 9 - Lourenço, P. M. Um Modelo de Previsão de Curto Prazo de Carga Elétrica Combinando Métodos Estatísticos e Inteligência Computacional. Tese de Doutorado. Dept. Eng. Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), 1998.
- 10 - Medeiros, L.; Bunn, D.W. & Souza, R.C. Brazilian Electricity Market and Price Forecasting. 22nd International Symposium on Forecasting, Dublin, Ireland, 2002.
- 11 - Silva, A.P.A. & Mourin, L.S. Confidence Intervals for Neural Network Based Short-Term Load Forecasting. IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 5, No. 4, Nov. 2000.
- 12 - Silva, H. F. Um Sistema Integrado de Monitoração e Previsão de Carga Elétrica de Curto Prazo. Tese de Doutorado. Dept. Eng. Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), 2001.
- 13 - Sobral, A.P.S. Modelo Híbrido para Previsão Horária de Carga Elétrica. Dissertação de Mestrado. Dept. Eng. Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), 1999.
- 14 - Souza, F.J. Modelos Neuro-Fuzzy Hierárquicos. Tese de Doutorado. Dept. Eng. Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), 1999.
- 15 - Souza, R.C. PREVCAR – Sistema de Previsão de Cargas para o Setor Elétrico. Publicação do CEPEL, dez/97.
- 16 - Willis, H.L. & Northcote-green, J.E.D Spatial Electric Load Forecasting: A Tutorial Review. Proceedings of the IEEE, vol. 71, no. 2, Feb. 1983.
- 17 - Civanlar, S., Grainger J. J., 1988, “Forecasting Distribution Feeder Loads: Modeling & Application to Vt/Var Control”, IEEE Trans. on Power Delivery, v. X, n. X (Jun), pp. 255-264.
- 18 - Bezdek, J.C., Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms, 1st Ed., New York, Plenum Press, 1981.
- 19 - Falcão D.M., Henriques H. O., 2001, “Load Estimation in Radial Distribution Systems Using Neural Networks and Fuzzy Set Techniques”, Proceedings of the IEEE PES 2001 SM, Vancouver CA, Jul.
- 20 - Gellings C.W.: Taylor R. W., 1981, “Electric Load Curve Synthesis – A Computer Simulation on an Electric Utility Load Shape”, IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, v. PAS-100, n.1, January , pp.60-65.
- 21 - Ghosh, A.K.; Lubkeman, D.L.; Jones, R.H., 1997, “Load Modelling for Distribution Circuit State Estimation”, IEEE Trans. on Power Delivery, v.X, n. X (April), pp. 999-1005.

- 22 - Handshin, E. and Dörnemann, 1988, "Bus Load Modelling and Forecasting," IEEE Trans. on Power Systems, v. 3, n. 2, May, pp. 627-633.
- 23 - Pahwa A, Brice C.W., 1985, "Modelling and System Identification of Residential Air Conditioning Load", IEEE Trans on Power Apparatus and Systems, v. PAS-104, n. 6, June, pp. 1418-1425.
- 24 - Willis, H.L.; Brooks C.L., 1983, "An Interactive End-Use Electric Load Model for Microcomputer Implementation", IEEE Trans. on PAS, (Nov), p.3693-3700.
- 25 - SOUZA, R.C. "Pesquisa Residencial de Posse e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos para LIGHT – RJ – Relatório Técnico". Publicação do PROCEL/Eletróbrás (Mar/97).
- 26 - SOUZA, R.C. "Pesquisa Residencial de Posse e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos para a CESP – SP – Relatório Técnico". Publicação do PROCEL/Eletróbrás (Out/97).
- 27 - SOUZA, R.C. "Pesquisa Residencial de Posse e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos para a CPFL – SP – Relatório Técnico". Publicação do PROCEL/Eletróbrás (Out/97).
- 28 - SOUZA, R.C. "Pesquisa de Bomba de Calor em Hotéis e Motéis, Hospitais, Clubes e Restaurantes das regiões Litorânea, Leste e Oeste da LIGHT". Relatório técnico. Publicações da LIGHT (Mai/00).
- 29 - SOUZA, R.C. "Pesquisa Residencial de Posse e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos para a ELEKTRO - SP, capital e interior – Relatório Técnico para os segmentos residencial/industrial/comercial. Publicação do PROCEL/Eletróbrás (Ago/00).
- 30 - SOUZA, R.C. "Pesquisa Residencial de Posse e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos para a LIGHT – RJ, nas Comunidades de Jardim Ocidental, Quinta do Caju, Mangueira e Parque Sr. do Bonfim (Lixão) – Relatório Técnico". Publicação do PROCEL/Eletróbrás e da LIGHT (Fev/99).
- 31 - SOUZA, R.C. "Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos para a LIGHT – Rio de Janeiro, bairro de Padre Miguel e Bangu – Relatório Técnico para o segmento residencial. Publicação da LIGHT/T & T Company do Brasil (Jan/00).
- 32 - SOUZA, R.C; AIRES, J.C.O. Estudo e impactos técnicos e econômicos das /curvas de Carga e Hábitos de Consumo dos clientes da Elektro, Projeto de P&D do ciclo 2005/2006.
- 33 - ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 2 – Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição.
- 34 - GREENACRE, M. Correspondence Analysis in Practice, second edition, Chapman and Hall, 2007.