

**Mercado  
Eléctrico**

<http://www.mercadoelectriconet.com.ar>

<http://www.melectriconet.com.ar>

[melectrico@melectrico.com.ar](mailto:melectrico@melectrico.com.ar)

---

El presente documento integra  
la biblioteca de **Mercado Eléctrico**

---

TEL/FAX: (54-11) 4489-1031/1055/1058 - Argentina



## COMISSÃO DE INTEGRAÇÃO ELÉTRICA REGIONAL COMITÊ NACIONAL BRASILEIRO

ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO – CONGRESSO CIER 2000  
Identificação do Trabalho: BR-21/DC  
Buenos Aires , Argentina - Novembro de 2000

### AValiação de Curvas de Demanda de Consumidores Industriais Baseada em Dados Típicos e Dados Medidos

**Autores:** Flávio A. B. Lemos<sup>1</sup>, Germano Heinzmann<sup>1</sup>, L. C. da Luz e M. A. da Rosa,  
Walmor Zampieri<sup>1</sup>, Juliano S. Freitas<sup>1</sup>

#### PALAVRAS-CHAVE

Modelagem de Curvas de  
Carga, Tipologia de Carga,  
Tipificação da Demanda

#### DADOS DOS AUTORES

<sup>1</sup> – Grupo de Sistemas de Energia Elétrica – GSEE  
Departamento de Engenharia Elétrica – PUCRS  
Av. Ipiranga 6681, Partenon  
90619-900 – Porto Alegre – RS – Brasil  
e-mail – [lemos@ee.pucrs.br](mailto:lemos@ee.pucrs.br) (autor responsável)  
Fax – +(55-51) 520 3540  
RGE – Rio Grande Energia  
Av. São Luis 77, 8º andar  
90620-170 – Porto Alegre - RS – Brasil  
e-mail : [lluz@rge-rs.com.br](mailto:lluz@rge-rs.com.br)  
Fax – +(55-51) - 218-3113

#### RESUMO –

Este artigo propõem a aplicação de uma metodologia para modelagem de curvas de carga baseada na combinação de procedimentos formais e informais (heurísticos), que permitam levar em consideração tipos diferentes de informação simultaneamente, tais como, dados estatísticos, resultados de medições periódicas e remotas e estimativas diretas e indiretas.

A eficácia desta abordagem está associada com a possibilidade, por um lado, de obter informação adequada e, por outro, reduzir o nível de sua incerteza, acarretando maior número de soluções efetivas válidas e reais. Para ilustrar a potencialidade da metodologia são utilizados dados reais de duas indústrias.

## **I - INTRODUÇÃO**

A atual estrutura do mercado de energia elétrica, tanto em nível de operação quanto de planejamento, exige que a empresa que detém a concessão do serviço de uma determinada área atenda seus consumidores com requisitos de qualidade e continuidade adequados. Para atingir estes objetivos, a análise e avaliação do padrão de carga dos consumidores é fundamental, pois as perdas e o perfil de tensão dependem do conhecimento da demanda para serem otimizados. Além disso, a determinação da estrutura tarifária através de metodologias como custos marginais, além de ações para combater o desperdício de energia, exigem um estudo adequado da forma de utilização da energia elétrica nos diversos segmentos de consumidores. Embora o novo modelo imprima a necessidade do conhecimento horário da carga em níveis de alta, média e baixa tensão, a dificuldade técnica em obter as curvas de cargas individualizadas por consumidor gera um número muito grande de incertezas, obrigando que a modelagem utilizada tenha características para tratar este comportamento. Para uma efetiva solução dos problemas sob tais circunstâncias, é necessário dirigir esforços na procura de possibilidades para transpor as incertezas naturais deste tipo de processo. Isto pode ser feito, por exemplo, ao usar informações de caráter informal (em particular, baseada em experiências, conhecimentos, intuição de especialistas) ou ao agregar informações providas de várias fontes de natureza formal. Desta forma, este artigo apresenta o desenvolvimento de uma metodologia para modelagem de curvas de carga baseada na combinação de procedimentos formais e informais (heurísticos). Esta metodologia considera vários tipos de dados ao mesmo tempo, tais como dados estatísticos, resultados de medições periódicas e remotas e estimativas diretas e indiretas de especialistas. Esta metodologia permite tratar adequadamente a informação reduzindo o nível de incerteza dos dados e acarretando maior número de soluções efetivas válidas e reais. Este artigo está organizado como segue: a seção II apresenta uma descrição sobre a importância da

tipificação da carga. Na seção III é apresentada a metodologia utilizada para a representação da curva de carga considerando incertezas. Na seção IV apresenta-se os resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta e efetua-se uma comparação utilizando-se uma série histórica de consumo industrial fornecido pela concessionária (RGE Rio Grande Energia). Finalmente, são apresentadas as conclusões deste trabalho.

## **II - A IMPORTÂNCIA DA TIPOLOGIA DAS CARGAS**

Com a privatização e a desregulamentação do sistema elétrico brasileiro, a competição entre as empresas e a exigência de um atendimento com alta qualidade e continuidade estão exigindo que as distribuidoras de energia elétrica invistam no conhecimento do comportamento da demanda de seus consumidores. Em vista disso, o conhecimento da tipologia das cargas passa a ser um fator de fundamental importância, tanto em nível de operação quanto, especialmente, em nível comercial. O estabelecimento de uma base tarifária e a busca por custos marginais adequados que reflitam a condição real do sistema elétrico da concessionária exigem que o comportamento dos consumidores em relação a demanda seja perfeitamente determinado. O cálculo das tarifas de referência assumiu grande importância após a entrada em vigor da Lei 8631, de 4 de março de 1993, a qual estabelece a desqualização tarifária, permitindo desta forma que cada concessionária proponha ao poder concedente as tarifas de sua área de atuação. A edição da resolução 286/99 da ANEEL estabeleceu que as concessionárias de distribuição de energia elétrica deveriam sugerir os valores de tarifas de uso para as suas redes de distribuição, com base nos custos marginais de expansão de cada nível de tensão. Para avaliar os custos marginais podem ser aplicadas duas abordagens: a primeira é conhecida como LDQO (Leis de Desenvolvimento de Quantidade de Obras), a qual demanda um histórico detalhado da concessionária sobre os investimentos dos últimos anos, sendo de difícil aplicação em função da recente organização das atuais

empresas, como por exemplo a RGE Rio Grande Energia, que surgiu da privatização da CEEE (Companhia Estadual de Energia Elétrica) no ano 1997. A segunda, baseada em CIMLP (Custo Incremental Médio a Longo Prazo), leva em consideração o custo de antecipação dos investimentos envolvidos para o crescimento marginal do sistema elétrico. Desta forma, para o cálculo dos custos marginais através da CIMLP é necessário o conhecimento da tipologia das inúmeras curvas de carga de cada segmento do sistema elétrico da área de concessão da empresa, pois, para o cálculo são levadas em consideração o impacto do incremento da demanda nas pontas das curvas de carga de cada segmento. Como o segmento industrial apresenta um grande peso na formação da curva de carga integral em regiões com alta concentração deste tipo de consumidor, torna-se de vital importância uma metodologia que assegure que o comportamento da carga industrial esteja corretamente modelado, de tal forma que a sua inclusão na formação dos custos marginais reflita o mais fiel possível a situação real. A próxima seção apresenta um método para a construção de curvas típicas de carga que refletem as características de consumidores industriais.

### **III - CONSTRUÇÃO DE CURVAS TÍPICAS DE CARGA**

As curvas típicas de carga são construídas para os consumidores mais característicos ou grupo de consumidores similares. Levando em consideração que elas descrevem curvas de carga com a mesma forma, mas talvez consumidores com valores de potência relativamente diferentes, é racional representá-las como normalizadas. Assim sendo, as curvas típicas refletem somente um processo de variação de consumo de energia elétrica em um determinado período de tempo (usualmente diário), para consumidores industriais, sem a estimação do valor real da carga. A obtenção da curva de carga de todos os consumidores é uma tarefa praticamente impossível, devido a necessidade da instalação

de um grande número de medidores capazes de registrar curvas de carga.

É importante observar que as curvas típicas industriais precisam ser divididas em vários sub-tipos, devido à diferença no regime de funcionamento das mesmas. Além disso, outras características que devem ser consideradas para a construção das curvas típicas são: os diferentes períodos do ano, a variação no consumo para diferentes dias da semana e dias atípicos (dias de trabalho, sábados, domingos e feriados), as condições climáticas e as condições sócio-econômicas das regiões em análise.

Posteriormente, pode-se utilizar estas curvas típicas como base para construir as curvas integrais de carga para diferentes elementos do sistema de distribuição.

Na prática real, no processo de operação de sistemas de distribuição, devido a dificuldade de obter-se várias medidas, utiliza-se um número limitado de medidas (10 a 15) para a formação de curvas típicas de carga para cada tipo de consumidor relativo a cada período do ano, dia da semana e região do estado. Assim sendo, é naturalmente mais adequado a construção de estimativas por intervalos para as ordenadas da curva típica [1]. Aqui cada ordenada está apresentada como uma faixa de seus valores disponíveis. Nesse caso, as fronteiras de tal faixa seriam formadas com base nas medidas limites (mínima e máxima) que tem-se na amostra. Desta forma tenta-se preservar todas as informações, que foram obtidas pelo modo experimental. É interessante comentar-se neste ponto que, quando se tem muitos dados iniciais (medidas) para a análise estatística formal, levando em conta o fator da não estacionaridade diária e sazonal para cargas reais, é melhor fundamentado utilizar para as ordenadas, não as estimativas pontuais, mas sim, as estimativas por intervalos.

#### **Análise da Informação Inicial Disponível**

Os procedimentos iniciais para a formação das curvas típicas utilizam como dados as medidas de potência ativa,  $P_t$  e fator de potência,  $\cos \phi_t$ , nos períodos  $t = 1, \dots, T$ .

Para cada realização  $i$  da curva de carga calcula-se:

$$\begin{aligned}
 P_{it}^* &= \frac{P_{it}}{\max_t P_{it}}, \\
 Q_{it}^{**} &= \frac{Q_{it}}{\max_t P_{it}}, \\
 S_{it}^* &= \frac{S_{it}}{\max_t S_{it}}, \\
 n_{ie} &= \frac{W_{iam}}{W_{iad}}, \\
 \cos \varphi_{ime} &= \frac{\sum_{t=1}^T (P_{it} \cdot \cos \varphi_{it})}{\sum_{t=1}^T P_{it}}
 \end{aligned} \quad (1)$$

$i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T.$

onde,  $W_{iam}$  = consumo mensal de energia ativa para o consumidor  $i$  e  $W_{iad}$  = consumo diário (dia de trabalho, sábado, domingo ou feriado) de energia ativa para o consumidor  $i$  para o dia a qual se tem as medidas para a construção das curvas típicas de carga. Portanto, neste estágio há um limitado número de dados estatísticos que dependem dos dados iniciais e refletem algumas características das cargas típicas ( $P^*$ ,  $Q^{**}$ ,  $S^*$ ,  $n_e$ ,  $\cos \varphi_{me}$ , etc.).

Devido a pequena amostra de dados, é impossível o uso correto de métodos estatísticos correspondentes [1]. A análise pode então ser baseada em alguns procedimentos heurísticos, descritos na literatura [2], onde não é preciso informações sobre a lei de distribuição. É interessante observar-se que os procedimentos a seguir tem caráter geral e podem ser utilizados para a análise de qualquer amostra com pequeno volume de dados.

### Formação de Curvas Típicas de Carga por Intervalo

Supondo que no processo experimental obteve-se  $N$  realizações de curva de carga

diária para consumidores típicos (para os dias de semana e períodos do ano específicos).

Para cada ordenada normalizada  $I_{ti}^*$ ,  $t = 1, \dots, T$ ,  $i = 1, \dots, N$ , a estimativa por intervalo pode ser representada da seguinte forma:

$$[I_{ta}^*, \bar{I}_{ta}^*] \mid I_{ti}^* = \min_i I_{ti}^*, \quad \bar{I}_{ta}^* = \max_i I_{ti}^*$$

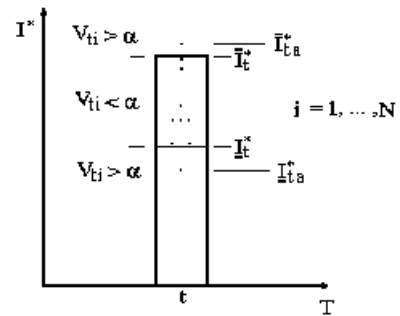
Primeiramente, para eliminar os valores aleatórios excessivos (valores poucos convincentes) utilizam-se as características de quartis [3].

Assim sendo, determina-se a deflexão relativa da  $i$ -ésima realização da ordenada  $t$  da curva:

$$\begin{aligned}
 v_{ti} &= \frac{I_{ti}^* - Me}{q_{32}}, \quad \text{se } I_{ti}^* > Me \\
 v_{ti} &= \frac{Me - I_{ti}^*}{q_{21}}, \quad \text{se } I_{ti}^* < Me
 \end{aligned} \quad (2)$$

$t = 1, \dots, T \quad i = 1, \dots, N$

Se  $v_{ti} > \alpha$ , então o valor da ordenada da curva ( $I_{ti}^*$ ) pode ser considerado como um valor aleatório excessivo e ser eliminado da análise (Figura 1). A experiência do uso de tais procedimentos [4] e recomendações mostram que as curvas formadas são representativas para valores de  $\alpha$  entre 1.8 e 2.2 [4].



**Figura 1** - Estimativa da Ordenada da Curva Típica por Intervalo de Carga.

O sistema de equações 2 fornece condições para diminuir o nível de incerteza das curvas típicas de carga, conforme pode ser visto na Figura 1.

### Formação de Curvas Integrais de Carga

O problema da formação de curvas de cargas integrais (curvas de carga total) pode reduzir-se a estimação da correlação entre os valores mais característicos da carga, (por

exemplo, a carga de pico) para cada tipo de consumidor [5]. Além disso, levando em conta as informações que existem nos sistemas gerenciais das concessionárias de distribuição, a estimação da correlação entre diferentes tipos de cargas pode ser realizada utilizando dados de consumo mensal para cada tipo de carga.

É necessário coordenar os processamentos para a formação de curvas integrais com o caráter das informações iniciais que foram usadas para a construção de curvas típicas de carga.

No processo de construção de curvas integrais, os dados sobre o consumo mensal  $W_{am}$ , com a soma para cada tipo de consumidores, pode ser usado para a determinação da carga diária média. Aqui a utilização da carga diária média é preferível em comparação com a carga máxima. No primeiro caso (valor médio de carga diária) tem-se a possibilidade de definir a soma das cargas para diferentes consumidores, enquanto que no segundo (valor de pico de carga), o horário de ocorrência da carga máxima dos diferentes tipos de consumidores não coincidem, por isso, é impossível calcular o somatório das cargas.

Quando analisa-se o consumo mensal, é necessário considerar que o mês contém dias distintos (dias de trabalho, sábados, domingos e feriados) com curvas de carga, valores correspondentes de consumo diário e cargas médias diárias diferentes. Pode-se levar em conta esse fato, usando algum coeficiente especial  $n_e$  (1). Porém, no processo de análise, é necessário considerar a diferença entre o número de dias de trabalho, sábados, domingos e feriados para o mês o qual tem-se medidas para construir as curvas típicas e o mês o qual utiliza-se o valor do consumo de energia elétrica para o cálculo da curva de carga integral diária. Isso pode ser realizado usando alguns coeficientes de correção adicionais, conforme mostram as expressões a seguir:

$$n'_e = \frac{n_d^x}{1 + k_2} \quad (3)$$

onde

$$k_2 = \frac{k_1(n_d^x - n_w^x)}{n_d - n_w};$$

$$k_1 = \frac{n_d - n_e}{n_e}$$

e  $n_d$  é o número total de dias e  $n_w$  é o número de dias de trabalho (sábados, domingos ou feriados) do mês, quando medidas para a construção da curva típica de carga foram realizadas;  $n_d^x$ ,  $n_w^x$  são as características similares associadas com o mês das medidas de carga (medidas de consumo mensal) que usam-se para a determinação do valor da carga diária média; o valor  $n_e$  pode ser calculado usando a equação 1. Deve-se levar em conta que se  $n_e$  é um valor em forma de intervalo, então, os valores correspondentes  $k_1$ ,  $k_2$  e  $n'_e$  também apresentam-se sob forma de intervalo, mas são calculados com as mesmas equações levando em conta a aritmética de intervalos.

Assim sendo, a carga média diária (para dias de trabalho, sábados, domingos e feriados correspondentes) pode ser calculada com a seguinte expressão:

$$[\underline{P}_{me}', \bar{P}_{me}'] = \frac{W_{am}}{T \cdot [\underline{n}_e', \bar{n}_e']} \quad (4)$$

Com base nas curvas típicas por intervalos que se tem, calcula-se o valor por intervalo para a carga ativa diária média, usando as seguintes equações:

$$\underline{P}_{me}^* = \frac{\sum_{t=1}^T \underline{P}_t^*}{T}, \quad \bar{P}_{me}^* = \frac{\sum_{t=1}^T \bar{P}_t^*}{T} \quad (5)$$

Assim sendo, a estimação da carga diária média  $[\underline{P}_{me}', \bar{P}_{me}']$ , calculada com base nos dados sobre consumo mensal, pode ser interpretada como segue:

$$[\underline{P}_{me}', \bar{P}_{me}'] \rightarrow [\underline{P}_{me}, \bar{P}_{me}] \quad (6)$$

Onde

$$\underline{P}_{me} = \underline{P}_{me}' \frac{\underline{P}_{me}^* + \bar{P}_{me}^*}{2 \cdot \bar{P}_{me}} \quad (7)$$

$$\bar{P}_{me} = \bar{P}_{me}' \frac{\underline{P}_{me}^* + \bar{P}_{me}^*}{2 \cdot \underline{P}_{me}} \quad (8)$$

Logo, como resultado da solução de equações por intervalos, tem-se:

$$[\underline{P}_{me}^*, \bar{P}_{me}^*] \cdot P_{max} = [\underline{P}_{me}, \bar{P}_{me}] \quad (9)$$

A partir da expressão 9, obtém-se a carga ativa diária máxima, conforme é visto a seguir:

$$[\underline{P}_{max}, \bar{P}_{max}] = \begin{cases} \left[ \frac{\underline{P}_{me}}{\underline{P}_{me}^*}, \frac{\bar{P}_{me}}{\bar{P}_{me}^*} \right], \\ \text{se } \frac{\underline{P}_{me}}{\underline{P}_{me}^*} \leq \frac{\bar{P}_{me}}{\bar{P}_{me}^*}, \\ \text{sem solução,} \\ \text{se } \frac{\underline{P}_{me}}{\underline{P}_{me}^*} > \frac{\bar{P}_{me}}{\bar{P}_{me}^*}. \end{cases} \quad (10)$$

Portanto, definem-se as curvas de carga para cada tipo de consumidor, levando em conta os resultados de medidas:

$$\begin{aligned} \underline{P}_{it} &= \underline{P}_{it}^* \cdot \underline{P}_{imax}, \\ \underline{Q}_{it} &= \underline{Q}_{it}^{**} \cdot \underline{P}_{imax}, \\ \bar{P}_{it} &= \bar{P}_{it}^* \cdot \bar{P}_{imax}, \\ \bar{Q}_{it} &= \bar{Q}_{it}^{**} \cdot \bar{P}_{imax}, \\ t &= 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, M \end{aligned} \quad (11)$$

Finalmente, a curva de carga integral normalizada pode ser representada como segue:

$$[\underline{P}_{\Sigma t}, \bar{P}_{\Sigma t}] = \sum_{i=1}^M [\underline{P}_{it}, \bar{P}_{it}] \quad (12)$$

$$[\underline{Q}_{\Sigma t}, \bar{Q}_{\Sigma t}] = \sum_{i=1}^M [\underline{Q}_{it}, \bar{Q}_{it}]$$

$$\begin{aligned} [\underline{Q}_{\Sigma t}^{**}, \bar{Q}_{\Sigma t}^{**}] &= \frac{[\underline{Q}_{\Sigma t}, \bar{Q}_{\Sigma t}]}{\sup(\max_t \underline{P}_{\Sigma t})} \\ [\underline{P}_{\Sigma t}^*, \bar{P}_{\Sigma t}^*] &= \frac{[\underline{P}_{\Sigma t}, \bar{P}_{\Sigma t}]}{\sup(\max_t \underline{P}_{\Sigma t})} \end{aligned} \quad (13)$$

$$t = 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, M.$$

As características análogas a equação 1 para a curva de carga integral, são determinadas pela expressão 14, descrita a seguir:

$$\underline{n}_{e\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^M \underline{n}_{ie} \cdot \underline{P}_{ime}}{\sum_{i=1}^M \underline{P}_{ime}}, \quad (14)$$

$$\bar{n}_{e\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^M \bar{n}_{ie} \cdot \bar{P}_{ime}}{\sum_{i=1}^M \bar{P}_{ime}}$$

ou

$$\begin{aligned} \underline{n}_{e\Sigma} &= \frac{\sum_{i=1}^M \underline{n}_{ie} \cdot W_{iam}}{\sum_{i=1}^M W_{iam}}, \\ \bar{n}_{e\Sigma} &= \frac{\sum_{i=1}^M \bar{n}_{ie} \cdot W_{iam}}{\sum_{i=1}^M W_{iam}} \end{aligned} \quad (15)$$

## IV - RESULTADOS

A seguir apresenta-se os resultados das curvas de carga para dois consumidores industriais para os diferentes dias da semana (dias de trabalho, sábado e domingo) obtidos com a aplicação da metodologia descrita no artigo.

### Resultados de Curvas Típicas de Carga

Os resultados da modelagem da curva típica de carga por intervalo foram obtidos com a aplicação da metodologia descrita na seção III, utilizando-se uma série histórica real de consumo industrial fornecida pela RGE. As curvas típicas de carga estão representadas a seguir com os valores de suas ordenadas em forma de intervalo que corresponde aos valores possíveis das ordenadas da curva de carga, cujas fronteiras representam os valores estimados no processo de execução do algoritmo abordado neste artigo.

Utilizou-se dados de duas indústrias distintas para demonstrar a necessidade de dividir as curvas de cargas típicas industriais em vários sub-tipos, devido aos seus regimes de funcionamento.

### Resultados da Curva Integral de Carga Utilizando Dados de Consumo Mensal de Energia Ativa

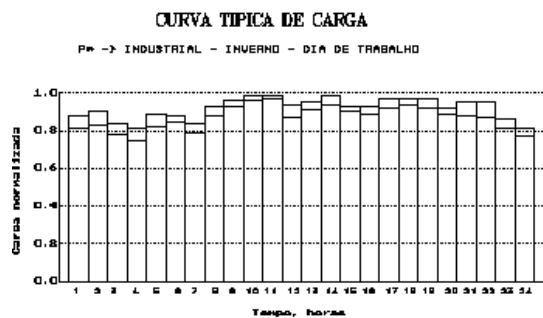
Para a construção da curva de carga integral, foram utilizados dados de consumo mensal de energia ativa (kWh) e curvas típicas de carga, conforme segue.



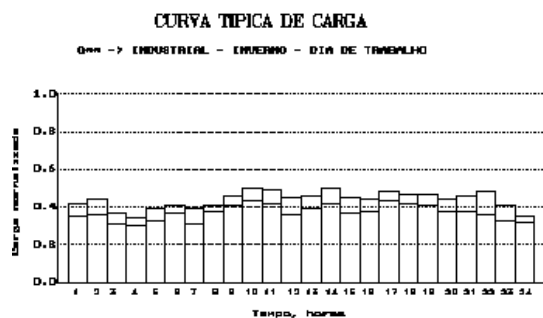
## INDÚSTRIA 1

As características da indústria 1 são as seguintes: consumo mensal de 31.814kWh, 33 dias de leitura, 23 dias úteis, 5 sábados e 5 domingos.

As Figuras 2 e 3 representam as curvas típicas de carga para dia de trabalho e inverno (potência ativa e reativa, respectivamente).

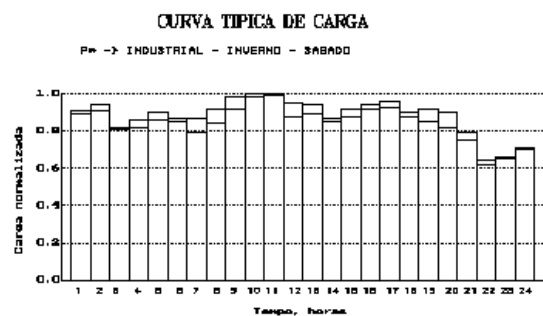


**Figura 2 – Potência Ativa**

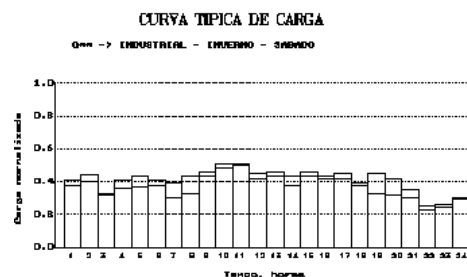


**Figura 3 – Potência Reativa**

As Figuras 4 e 5 representam as curvas típicas de carga para sábado e inverno (potência ativa e reativa, respectivamente).

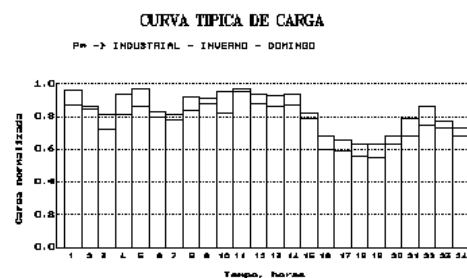


**Figura 4 – Potência Ativa**

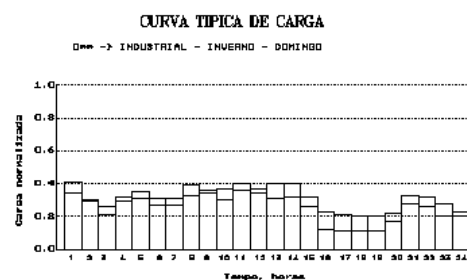


**Figura 5 – Potência Reativa**

As Figuras 6 e 7 representam as curvas típicas de carga para domingo e inverno (potência ativa e reativa, respectivamente).



**Figura 6 – Potência Ativa**

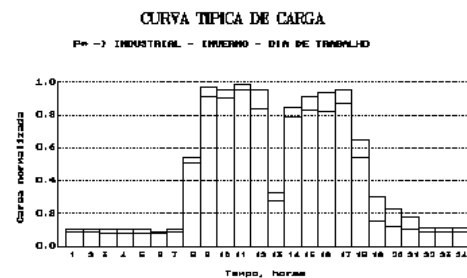


**Figura 7 – Potência Reativa**

## INDÚSTRIA 2

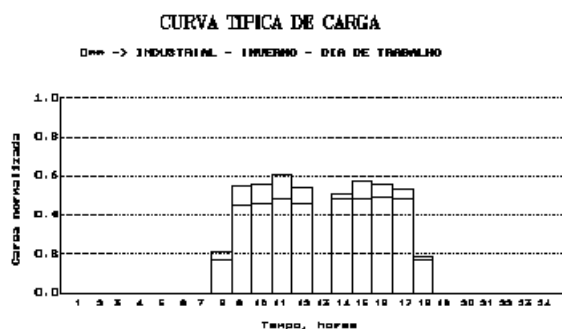
As características da indústria 2 são as seguintes: consumo mensal de 5.958.744kWh, 29 dias de leitura, 21 dias úteis, 4 sábados e 4 domingos.

As Figuras 8 e 9 representam as curvas típicas de carga para dia de trabalho e inverno (potência ativa e reativa, respectivamente).



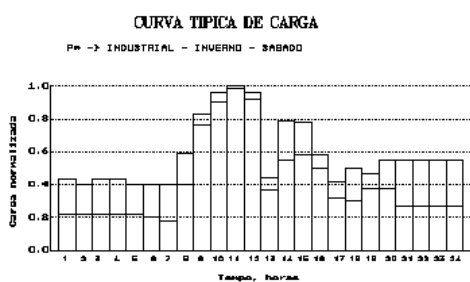


**Figura 8 – Potência Ativa**

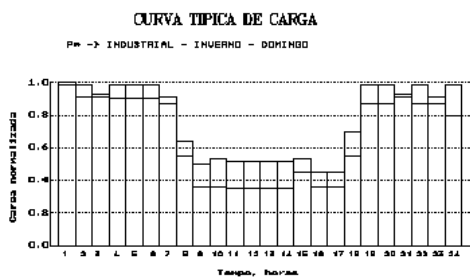


**Figura 9 – Potência Reativa**

As Figuras 10 e 11 representam as curvas típicas de carga para sábado e domingo, respectivamente, inverno (potência ativa, sendo a reativa igual a zero).

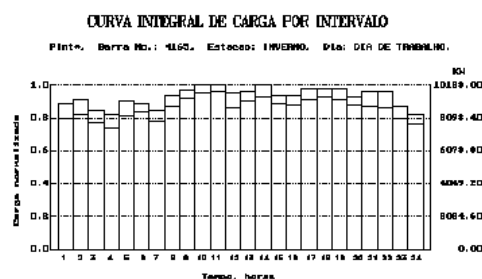


**Figura 10 – Potência Ativa**

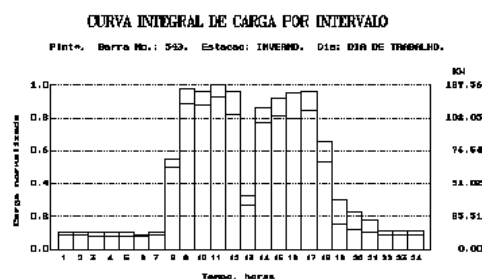


**Figura 11 – Potência Ativa**

As Figuras 12 e 13 representam as curvas integrais de carga para dia de trabalho para os consumidores industriais 1 e 2 respectivamente (potência ativa).



**Figura 12 – Curva Integral de Carga da Indústria 1**



**Figura 13 – Curva Integral de Carga da Indústria 2**

Na próxima seção apresenta-se as conclusões e os comentários finais deste trabalho.

## V – CONCLUSÕES

O conhecimento do comportamento da demanda e o estabelecimento de uma tipologia de carga que represente um conjunto de consumidores é um fator fundamental na atual estrutura do setor elétrico, tanto do ponto de vista técnico quanto comercial.

Desta forma, a metodologia utilizada neste trabalho apresentou-se adequada e com resultados satisfatórios para representar a curva de carga de consumidores industriais. As incertezas típicas deste tipo de problema foram adequadamente tratadas nesta metodologia. Com esse respeito, as seguintes abordagens foram consideradas: procedimentos para análise de pequeno volume de dados estatísticos que tornam possível evitar a influência dos erros aleatórios de medidas e algoritmos para a formação de curvas integrais de carga com base em dados de consumo mensal de energia ativa. Os procedimentos acima criam condições para a construção de estimativas mais confiáveis e bem fundamentadas de parâmetros dos modos

de operação e tornam possível a escolha mais efetiva de pontos para medidas adicionais de diferentes classes de problemas de operação e planejamento de sistemas de distribuição. Desenvolvimentos e aplicações adicionais desta metodologia indicam a viabilidade de sua aplicação para a avaliação das curvas de carga de outros tipos de consumidores e para a determinação de curvas integrais de carga do conjunto de consumidores.

## VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. S. Belaev and L. A. Krum **Aplicação de Métodos Probabilísticos em Análise de Engenharia de Potência**. Energetics and Transport Transactions of the USSR, Academy of Sciences, 1983, no. 2, pp. 3-11 (in Russian).
- [2] V. Popov, P. Ekel and S. Ansuji, **Node Load Modelling And Distribution System State Estimation Using The Heuristic Approach**. In Proceedings of the International Symposium on Electrical Power Engineering, Stockholm Power Tech, Vol. "Information and Control Systems", June 17-22, 1995, pp.294-299.
- [3] E. Mushick, P. H. Muller, **Entscheidungspraxis Ziele Verfahren Konsequenzen**. VEB. Verlag Technik, Berlin, 1987.
- [4] Popov, V., Ekel, P., and Ansuji, S. (1995): **Practical Aspects of Using the Approach of Fuzzy Set Theory and Technology of Expert Systems in Controlling Complex Systems (On the Example of Power Systems)**. In Proceedings of the Sixth International Fuzzy Systems Association World Congress, Sao Paulo, 1995, pp. 409-412.
- [5] J.S. Vartazarov, J.G. Gorlov, and E.V. Minaev, **Estimativas Especialistas e Suas Aplicações em Engenharia**. Moscow, Energoizdat, 1982.
- [6] V. Popov, P. Ekel and F. Farret **Heuristic procedures and fuzzy set theory in modelling loads of electrical distribution systems**. In Proceedings of the 8-th International Symposium on Artificial Intelligence, Monterrey, Mexico, October 17-20, 1995, pp. 185-192.
- [7] P. Ekel and V. Popov, **Consideration of the Uncertainty Factor in Problems of Modeling and Optimizing Electrical Networks**. Power Engineering, vol. 23, no. 2, 1985, pp. 45-52.