



XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

Ensaio e Impactos Técnicos e Econômicos das Curvas de Carga e Hábitos de Consumo dos Clientes da ELEKTRO

Márcia Inoue
Elektro

Marcia.Inoue@elektro.com.br

José R. Pascon
Elektro

Jose.Pascon@elektro.com.br

Robinson Semolini
Elektro

Robinson.Semolini@elektro.com.br

Reinaldo C. Souza
PUC-Rio

reinaldo@ele.puc-rio.br

Carlos Manchini
SOLUZIONA

cantonio@eservicios.indracompany.com

Palavras-chave

Análise Fatorial de Correspondência e Mercados

Curva de Carga

Hábitos e Posse de Consumo

Tipologia

Resumo

O artigo apresenta os modelos de tratamento de curvas de carga e de levantamento de relações entre curvas de carga medidas e estimadas em PPH desenvolvidos no âmbito do projeto ANEEL do Ciclo 2005/2006. A metodologia permite agregações de curvas de clientes por região regiões e por faixas de consumo e inclui ainda um algoritmo que realiza correções de anomalias (outliers e quebras estruturais) nos dados brutos antes da geração das curvas horárias.

1. Introdução

O objetivo principal do projeto foi a criação de uma ou mais ferramentas computacionais, amigáveis e integrada(s) aos sistemas corporativos da ELEKTRO, com a capacidade de agregar todas as informações necessárias e relativas às curvas de carga obtidas por medições e pesquisas já existentes e/ou em andamento ou planejadas, nas diversas áreas da empresa, contemplando o Estudo do Estado da Arte (perfis de curvas de carga, hábitos e posse, fatores de interesse, tipologias, faixas, tipo de dias, informações elétricas, etc.) e ainda o tratamento estatístico detalhado dessas curvas de carga ao longo de todos os instantes da mesma, em regiões geográficas a serem definidas através das análises de dados do sistema elétrico por setor de transformação.

Ressalta-se que o SGM (Sistema de Gestão de Medições) possui interface com o sistema corporativo SGD e que com os recursos do aplicativo de tratamento das curvas de carga desenvolvidos durante o P&D. Assim o sistema SGM passa a ter a capacidade de converter as "curvas brutas (em 7 dias)" em "curvas tratadas" (dia útil, sábado e domingo).

A integração entre as ferramentas desenvolvidas e o sistema corporativo é mostrada na Fig.(1).

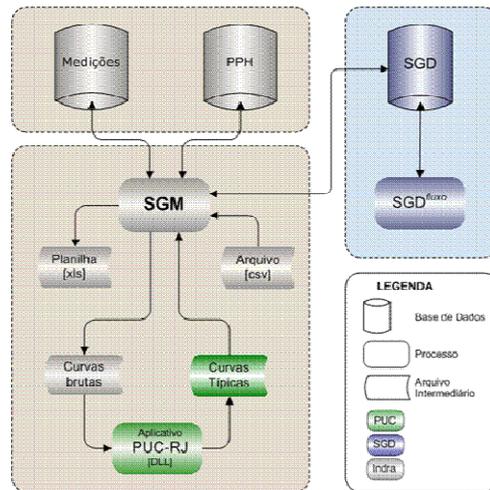


Figura 1. Equipamentos utilizados pelo modelo reduzido

Para desenvolver e testar as ferramentas foram inicialmente realizadas pesquisas de campo para a obtenção das curvas de carga por declaração – PPH (Pesquisa de Posse e Hábitos de Consumo) e, posteriormente, levantadas relações entre as PPHs e as curvas de carga obtidas em Campanhas de Medidas.

Nos capítulos a seguir são apresentados alguns resultados e técnicas para a geração de curvas de carga por PPH e o algoritmo desenvolvido para o estabelecimento de relações entre as curvas medidas e estimadas. Também é enfatizado o uso de outras técnicas de associação como a análise fatorial de correspondência.

2. Desenvolvimento do Plano Amostral

2.1. Conceito de Distância Euclidiana

O plano amostral foi elaborado para estimadores de proporções, considerando um procedimento de amostragem em dois estágios e admitindo-se um erro amostral máximo de 5% dentro de um intervalo de confiança de 95%.

Inicialmente os municípios da área de concessão da ELEKTRO são estratificados segundo um “perfil elétrico”, isto é, para a estratificação utiliza-se a distribuição do consumo médio (consumo total dividido pelo número de consumidores) por classes de consumo de energia elétrica de tal forma a obter grupos homogêneos dentro de cada segmento de consumo (Residencial, Baixa Renda, Comercial, Industrial e Rural). Após isto, o número de amostra é distribuído dentro das regionais de acordo com a participação do consumo de cada uma, segundo o consumo total da ELEKTRO.

Para ajudar na seleção dos municípios a serem pesquisados dentro de cada regional, utilizou-se o critério de minimização de uma medida de distância multivariada (Distância Euclideana) calculada entre o consumo médio (nas demais faixas de consumo para cada um dos segmentos) de cada município e o centróide (conjunto de médias do grupo ou média multivariada) de cada agrupamento (regional). Isto significa que, dados dois pontos P e Q com coordenadas $P = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ e $Q = (y_1, y_2, \dots, y_p)$, a distância entre P e Q pode ser calculada como mostra a Eq.(1).

$$\text{Eq. (1)} \quad d(P, Q) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_p - y_p)^2}$$

Esta distância é calculada por regional entre o vetor de consumo médio de cada um dos municípios e o consumo médio da respectiva regional como um todo. Desta forma, será estabelecido um ranking de acordo com a “proximidade” em cada momento da análise. Assim são escolhidos, dentro de cada regional, os municípios que apresentam a menor distância em relação ao centróide do grupo.

O tamanho total da amostra foi de 2000 consumidores sendo 1000 para o segmento residencial, 300 para o segmento Baixa Renda, 300 para o segmento Comercial, 200 consumidores para o segmento Industrial e 200 para o segmento Rural, selecionados conforme planos amostrais.

A amostra é constituída por domicílios consumidores escolhidos por amostragem aleatória simples nas cidades selecionadas, respeitando-se a proporção por faixas de consumo de energia. Para cada titular da amostra solicita-se ainda a seleção, pelo mesmo critério, de três substitutos (amostra de reposição), com a restrição de estes substitutos estarem localizados próximos (se possível no mesmo logradouro) do titular correspondente.

2.2. Plano Amostral Residencial

Foram analisados os consumos médios dos clientes de cada uma das oito regionais da concessionária, respeitando-se a participação do consumo na seleção da amostra. A seleção da amostra foi feita em dois estágios, precedida de uma estratificação segundo um “perfil elétrico” de cada município, ou seja segundo a distribuição por classes de consumo mensal de energia elétrica.

Foram amostrados e pesquisados um total de 1000 consumidores da ELEKTRO, como apresentado na Tab.(1), distribuídos em 7 faixas de consumo mensal, a saber: faixa 1 (0 a 50 kWh); faixa 2 (51 a 80 kWh); faixa 3 (81 a 150 kWh); faixa 4 (151 a 220 kWh); faixa 5 (221 a 300 kWh); faixa 6 (301 a 500 kWh) e faixa 7 (acima de 500 kWh).

Tabela 1. Plano Amostral por Região

Casos		Classe de consumo (kWh)							Total
		0 a 50	51 a 80	81 a 150	151 a 220	221 a 300	301 a 500	> 500	
Regional	Rio Claro	1	3	25	36	30	26	13	134
	Limeira	1	3	28	39	32	26	15	144
	Guarujá	5	7	27	26	22	27	48	162
	Atibaia	3	6	41	48	38	40	39	215
	Tatuí	1	3	21	23	18	16	9	91
	Itanhém	6	7	26	25	18	16	11	109
	Andradina	1	2	15	17	16	16	10	77
	Votuporanga	1	2	15	16	14	13	7	68
Total		19	33	198	230	188	180	152	1000

Para a visualização dos resultados, os domicílios foram agregados posteriormente em 3 faixas: faixa 1 (0 a 150 kWh); faixa 2 (151 a 300 kWh) e faixa 3 (acima de 300 kWh). Ver Tab.(2).

Tabela 2. Distribuição dos Domicílios nas Faixas de Consumo

	Casos	%	
Classe de consumo (kWh)	0 a 150	250	25,0%
	151 a 300	418	41,8%
	> 300	332	33,2%
Total	1000	100,0%	

Alguns exemplos de curvas de cargas obtidas são mostra-das nas Fig.(2) e Fig.(3).

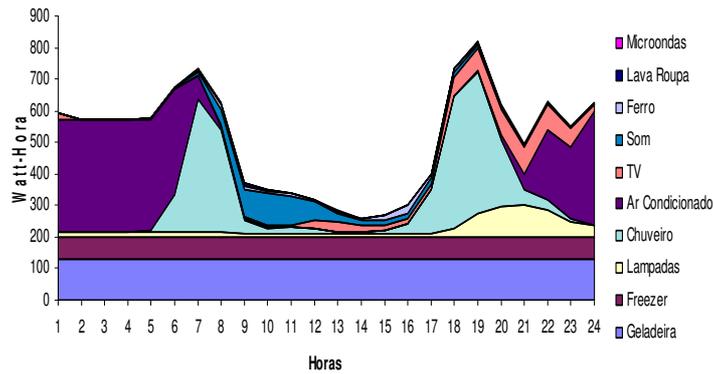


Figura 2. Curva de Carga ELEKTRO - Geral

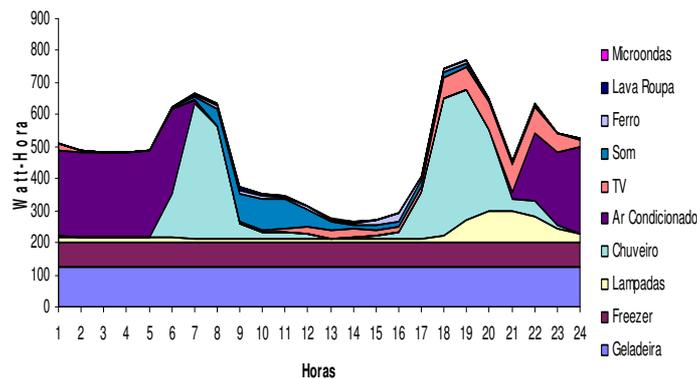


Figura 3. Curva de Carga ELEKTRO – Rio Claro

A Fig.(4) ilustra o percentual de consumo esperado por aparelho.

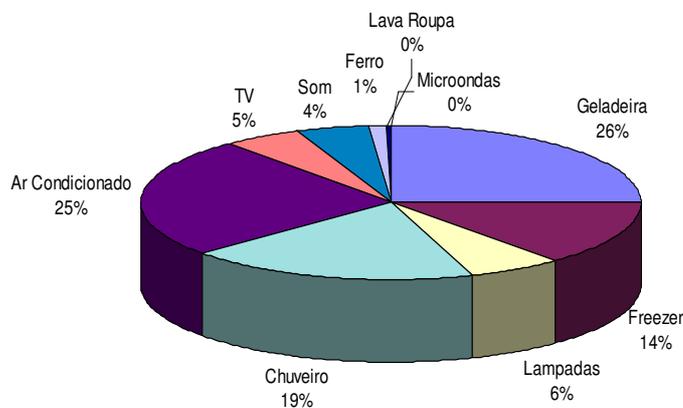


Figura 4. Percentual de consumo por aparelho - Geral

3. Relação entre Curvas Obtidas por PPH e por CM

Neste capítulo apresenta-se um estudo do relacionamento entre os perfis das curvas de carga obtidas por Pesquisa de Posses e Hábitos (PPH) e por Campanha de Medidas (CM) em duzentos clientes da Elektro.

As tabelas geradas durante o estudo, relacionando as curvas da PPH com as da CM mostram haver uma conexão entre ambas. Assim, a partir de um tipo de curva obtida na PPH pode-se saber qual a probabilidade de se obter tal ou qual tipo de curva da CM no mesmo cliente pesquisado. Tal ligação entre as curvas de PPH e CM permite saber qual a curva que se pode esperar para algum cliente

quando se faz uma PPH no mesmo, considerando as várias probabilidades de ocorrência de curvas que podem ocorrer.

No decorrer desta análise dois problemas apareceram:

- Constatou-se formas de curvas de carga na PPH que diferem muito das que apareceram na CM. Uma discrepância a ressaltar é uma demanda muito alta nos horários da parte da manhã, entre 06 e 08 horas, em vários tipos da PPH, sem correspondente nas curvas da CM.
- Não houve a falta de discriminação nas curvas estimadas para cada cliente conhecendo-se o tipo de curva dele na PPH. As curvas estimadas para os vários tipos da PPH são todas muito semelhantes, em nada exibindo a variedade encontrada nos tipos das curvas da CM. Não obstante, as tabelas de contingência terem exibido liames não-aleatórios entre os tipos da PPH e da CM, os tipos da PPH se concentram mais em certos tipos da CM e são esses que preponderam na formação da curva esperada.

Conclui-se então que a metodologia empregada permite inferir qual a forma de curva que se pode esperar de um cliente no qual se tenha feito uma PPH e, conjugada a uma metodologia que permita calcular qual o nível de consumo esperado para um cliente no qual se saiba a demanda média inferida por uma PPH, constitui-se num instrumento para estimar a curva do mesmo em kW.

Recomenda-se, no entanto, pesquisar as razões das discrepâncias entre as curvas de carga da PPH com as da CM e a pouca variabilidade dos tipos estimados, o que poderá melhorar substancialmente os resultados.

3.1. Relacionamentos Encontrados

Dispondo-se, além dos tipos das curvas de carga horárias obtidas por declaração de Uso em Pesquisa de Posses e Hábitos (PPH) de 200 clientes da Elektro, dos tipos de curva em quarto-de-hora dos mesmos clientes obtidos em Campanhas de Medição (CM), tentou-se cruzar os tipos correspondentes, mas os resultados não foram bons. Tentando melhorar o resultado obteve-se os tipos de curva de carga em patamares horários das curvas da CM e o cruzamento deles com os tipos da PPH, obtendo assim melhores resultados.

Cruzou-se inicialmente 9 tipos de curvas da PPH contra 9 tipos de curvas da CM, ambos com dados horários. A Tab. (3) apresenta a quantidade de clientes (ou curvas) que, pertencendo a um certo tipo de curva na PPH, pertenciam a um tipo específico de curva na CM.

Tabela 3. PPH x CM

	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8	CM9	Total
PH1	2	6	9	0	7	0	5	0	1	30
PH2	1	3	0	0	3	0	2	0	1	10
PH3	2	3	10	1	3	0	4	0	0	23
PH4	7	11	4	0	12	0	7	0	0	41
PH5	3	5	12	0	13	0	6	1	3	43
PH6	7	6	3	3	10	1	0	0	2	32
PH7	2	3	4	0	3	0	4	0	0	16
PH8	0	1	1	0	1	0	1	0	0	4
PH9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	24	38	43	4	53	1	29	1	7	200

Assim, p. ex., 11 clientes (ou curvas) que tinham curvas do tipo 4 na PPH (PPH4), apresentavam curvas do tipo 2 na CM (CM2).

Supondo que a Tab. (3) anterior expresse uma relação entre os tipos de curvas da PPH e da CM, permitindo-nos afirmar que, p. ex., quando se faz uma PPH e se obtém o tipo 4 (PPH4), de cada 41 clientes com esse tipo de curva, 11 teriam suas curvas do tipo 2 se medidos por uma CM (CM2).

No entanto tal relação pode ser meramente casual. Assim, se outros 200 clientes, da mesma população, fossem amostra-dos, poder-se-ia ter uma tabela com valores bem diferentes e que expressassem relações bem diversas da encontrada.

Uma maneira de se verificar se as relações obtidas não são meramente casuais é admitir que elas o são, inicialmente, e fazer um exame dessa hipótese. Se não houver o menor indício para se admitir que essa hipótese é certa, então, poder-se-á assumir, com tranquilidade, a hipótese contrária, de que os vínculos entre os tipos de curvas da PPH e da CM não são aleatórios.

Empregou-se para essa finalidade o exame do qui-quadrado, sob duas variedades:

- o modo padrão, pelo cálculo da fórmula tradicional, através do portal:

http://www.physics.csbsju.edu/stats/contingency_NROW_NCOLUMN_form.html

- o modo exato, por uma análise extensiva de todas as possibilidades de ocorrências de tabelas idênticas, através do portal:

http://www.physics.csbsju.edu/stats/exact_NROW_NCOLUMN_form.html

O modo exato só foi possível em alguns casos, pois exige muita memória de computação por ser exaustivo. No entanto, os resultados não foram muito diferentes, como pode-se ver na Fig.(5).

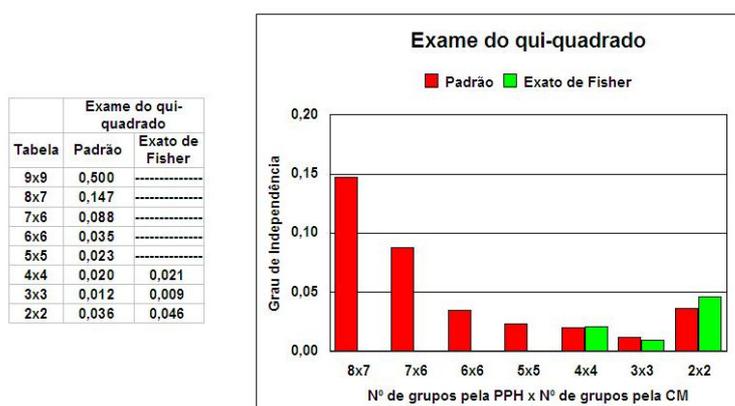


Figura 5. Exame do qui-quadrado

Na Tab.(3) a probabilidade de que os resultados fossem devidos ao acaso foi de 50%. Usualmente, para que exames deste tipo rejeitem a hipótese de aleatoriedade dos resultados e passem a aceitar a hipótese de causalidade, usa-se uma probabilidade de que os resultados sejam devidos ao acaso não superior a 5%. Não há então razão para se supor que devamos rejeitar a hipótese que as relações sejam devidas ao puro acaso. Por conseguinte, não há proveito algum no uso da Tab. (3), pois o grau de independência é alto, originando relações sem sentido. Isso acontece, sobretudo, pela alta esparsidade dos valores, o que não dá consistência aos resultados (matriz esparsa).

Em particular, a ocorrência de dois tipos de curvas da CM (CM6 e CM8) e um tipo de curva da PPH (PPH9) com apenas uma curva em cada aumenta muito a esparsidade da matriz. Mantê-los e anexá-los, posteriormente, a junções futuras de grupos que se formariam, retê-los-ia por muito tempo na singularidade de suas ocorrências, pois a junção poderia demorar.

O dendrograma da CM representada na Fig.(6) mostra que CM6 é uma das últimas junções a ocorrer.

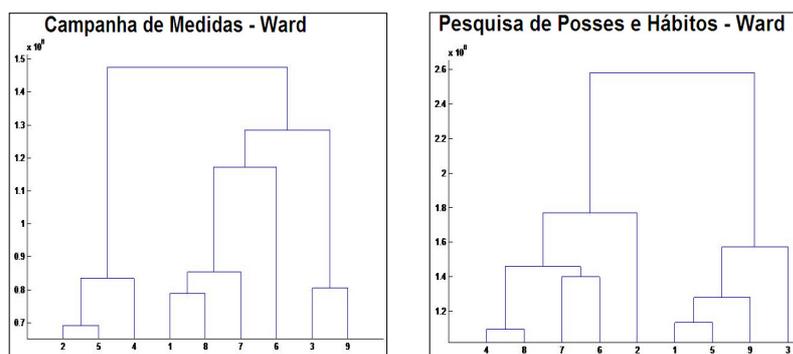


Figura 6. Relação CM x PPH

Assim, decidiu-se suprimir, de início, os tipos de curvas re-feridos (CM6, CM8 e PPH9), sem grande sacrifício para os dados, que passariam de 200 para três a menos, ou seja, 197.

O resultado da análise na Tab.(5) com 8 tipos de PPH e 7 de CM (8x7), mostrou que a probabilidade de que os resultados fossem devidos ao acaso foi de 14,7%, bem menor que antes, mas muito alta ainda.

Tabela 4. PPH x CM – 197 Clientes

	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM7	CM9	Total
PH1	2	6	9	0	7	5	1	30
PH2	1	3	0	0	3	2	1	10
PH3	2	3	10	1	3	4	0	23
PH4	7	11	4	0	12	7	0	41
PH5	3	5	12	0	13	6	3	42
PH6	7	6	3	3	10	0	2	31
PH7	2	3	4	0	3	4	0	16
PH8	0	1	1	0	1	1	0	4
	24	38	43	4	52	29	7	197

A partir daqui começou-se a juntar os vários grupos de forma a se ter mais consistência nas células da tabela. A junção sucessiva conduz, pois, a resultados significativos, nas situações de menos tipos de curvas em PPH e CM. Uma análise mais exaustiva conduz a examinar todas as junções possíveis, como mostrado na Tab.(5).

Tabela 5. PPH x CM – 197 Clientes

		N. de grupos da CM						
		2	3	4	5	6	7	
N. de grupos da PPH	2	0,036	0,002	0,004	0,008	0,015	0,010	<div style="background-color: #ADD8E6; width: 15px; height: 10px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> Abaixo de 0,05 <div style="background-color: #00FF00; width: 15px; height: 10px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> Entre 0,05 e 0,1
	3	0,106	0,012	0,031	0,035	0,071	0,058	
	4	0,208	0,032	0,020	0,026	0,064	0,052	
	5	0,226	0,059	0,027	0,023	0,064	0,067	
	6	0,153	0,065	0,013	0,010	0,035	0,018	
	7	0,234	0,131	0,041	0,031	0,088	0,058	
	8	0,323	0,208	0,089	0,081	0,208	0,147	

Embora não se tenha obtido superfícies de contorno perfeitamente definidas, envolvendo as células de igual significância estatística, vislumbra-se regiões de igual significância, definidas pelas células em azul, verde e branco. Assim, à medida que o número de grupos aumenta, quer de PPH quer de CM, a significância dos resultados diminui.

Os melhores resultados ocorrem para PH2. No entanto, a adoção de dois grupos apenas para as PPH foi deixada de lado, pois daria pouca discriminação quando da classificação de curvas PPH que ocorressem em novas pesquisas.

Assumiu-se que a Tab.(5) com seis tipos de curvas PPH e cinco curvas CM (6x5) é a mais conveniente para o prosseguimento dos estudos. Levou-se em conta que a tabela 6x5 exibe uma não-aleatoriedade significativa ($p=0,010$ ou apenas 1% de que os vínculos sejam casuais) e apresenta bastante tipos de curvas. Isto é conveniente por dois motivos:

- Quanto à variedade de curvas-tipo na PPH porque, quando se tenta classificar a curva de uma PPH entre os tipos estabelecidos, quanto maior o número de tipos maior a aderência ao tipo escolhido.
- Quanto à variedade de curvas-tipo na CM porque, quando se tenta estimar a curva de um cliente a partir da curva-tipo à qual a curva inferida pela pesquisa na PPH se mostrou mais aderente, a contribuição de mais tipos de curvas na CM enriquece sobremaneira a curva estimada.

3.2. Relacionamento Adotado

A seguir apresenta-se a Tab.(6) de duas formas: primeiro com os valores absolutos em cada célula, formando um total de 197 curvas (clientes) e, depois, em forma porcentual.

Tabela 6. PPH x CM – 197 Clientes

	CM1/7 CM2/5 CM3 CM4 CM9 Total					Total	probability= 0.010 CM1/7 CM2/5 CM3 CM4 CM9 Total					Total
	CM1/7	CM2/5	CM3	CM4	CM9		CM1/7	CM2/5	CM3	CM4	CM9	
PH1/5	16	31	21	0	4	72	22	43	29	0	6	100
PH2	3	6	0	0	1	10	30	60	0	0	10	100
PH3	6	6	10	1	0	23	26	26	43	5	0	100
PH4/8	15	25	5	0	0	45	33	56	11	0	0	100
PH6	7	16	3	3	2	31	23	51	10	10	6	100
PH7	6	6	4	0	0	16	38	38	24	0	0	100
	53	90	43	4	7	197	27	45	22	2	4	100

(Valores arredondados)

Observa-se na Tab.(6) uma grande concentração de curvas no tipo CM2/5. Quase metade dos clientes está nesse tipo, mais exatamente 45%. São clientes de baixíssima e baixa modulação no consumo, de altos fatores de carga, conforme se pode ver na Fig.(7) os dois tipos que os formaram, os tipos CM2 e CM5:

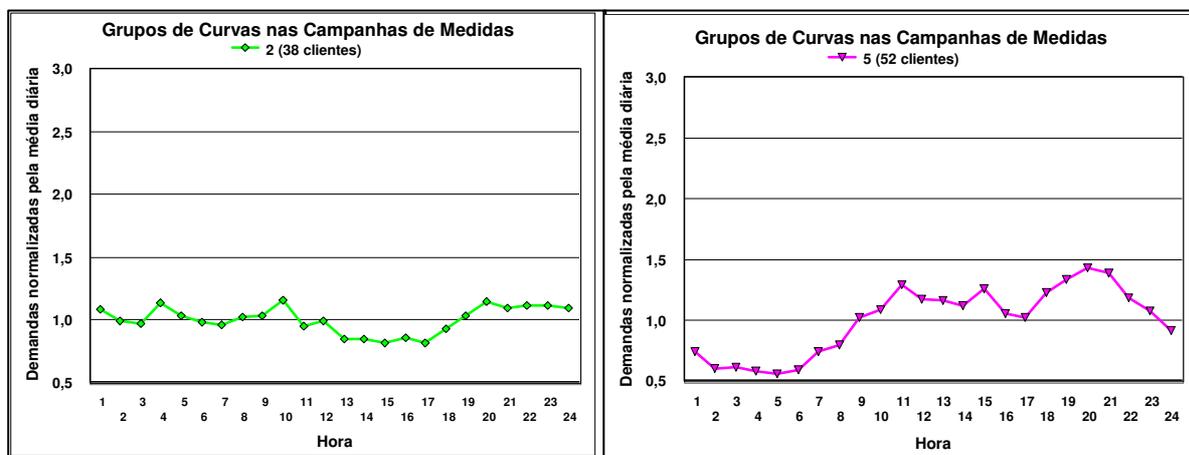


Figura 7. Grupos de Curvas CM

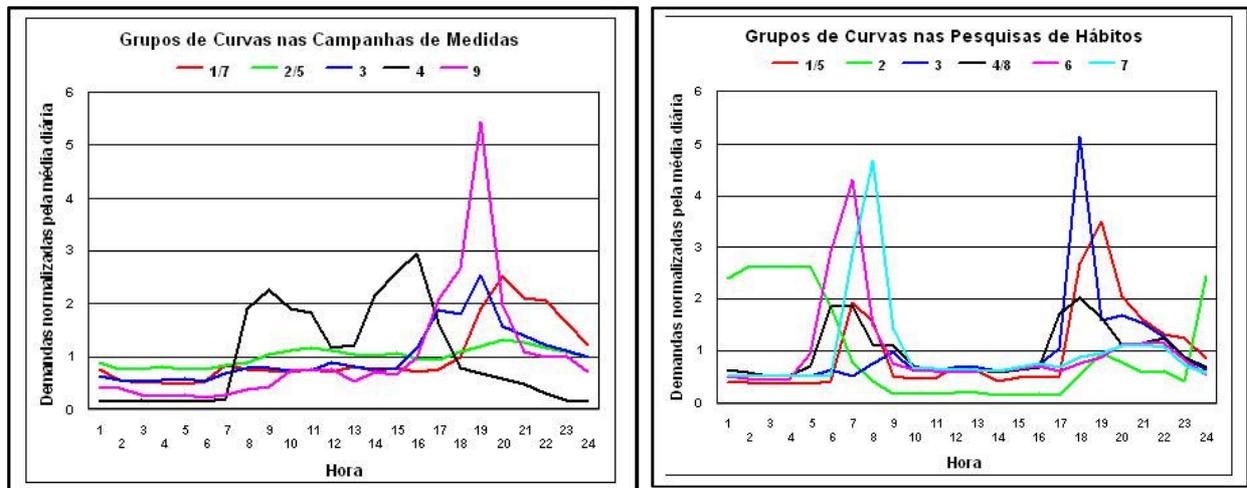


Figura 8. Grupos de Curvas – CM e PPH

Na Fig.(8) observa-se uma inadequação em algumas curvas das PPHs, oriunda de um alto consumo em torno das 6 às 8 horas da manhã. A intensidade destas demandas matinais inexistente em qualquer curva da CM. Observa-se também que a curva PH2 inexistente, da forma registrada, na CM. Não obstante estes fatos, que convém serem esclarecidos futuramente, a Tab. (6) adotada permite estabelecer relações significativas entre curvas de PPH (do modo como são obtidas atualmente) e de CM, como se viu.

Empregando-se a Tab. (6) na forma porcentual pode-se inferir qual a curva que seria obtida de um cliente numa CM caso se tivesse realizado nele uma PPH.

Suponha-se que tivesse realizado uma PPH num dado cliente e a curva inferida pelas declarações dele apresentasse, por exemplo, uma curva que se assemelhasse ao tipo PH1/5 (no sentido de menor afastamento médio quadrático, p. ex.). Dada a ocorrência de uma curva PH1/5, e levando em consideração os resultados da Tab.(6) na forma porcentual, é provável que em 22% dos casos a curva real do mesmo seja a curva CM1/7, em 43% dos casos a curva CM2/5, em 29% a curva CM3 e em 6% a curva CM9, sendo improvável a ocorrência da curva CM4. Aplicando-se essas probabilidades de ocorrência à cada curva CM respectiva tem-se a suposta curva que o cliente apresentaria numa CM.

3.3. Análise de Correspondência

Uma outra abordagem para o problema das associações é a da análise fatorial de correspondência (AFC). O mapa gerado pela AFC é mostrado na Fig.(9).

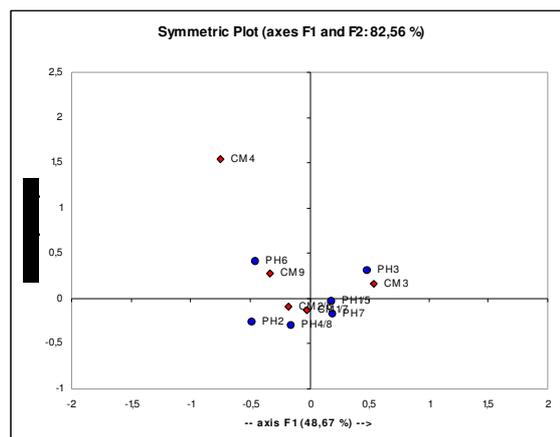


Figura 9. Mapa gerado pela AFC

Observa-se na Fig. (9) que os dois primeiros fatores concentram 82,56% da inércia total, portanto o mapa faz uma boa representação gráfica dos perfis de linha e de coluna da tabela de contingência.

Observando o mapa identificam-se as seguintes associações:

- CM4, CM9 e PH6
- PH3 e CM3
- CM2/5, PH2 e PH4/8
- CM1/7, PH1/5, PH7 e o perfil marginal no centro do gráfico.

4. Características Básicas do Sistema

O sistema desenvolvido no âmbito do projeto de P&D além de agregar todas as informações necessárias e relativas às curvas de carga obtidas por medições e pesquisas já existentes e/ou em andamento ou planejadas, nas diversas áreas da empresa, permite ainda:

- Definir as regiões geográficas através das análises de dados do sistema elétrico por Setor de Transformação, associando as informações disponíveis sobre medições (já feitas, em andamento e planejadas), propondo medições extras quando necessário, bem como para as PPHs (Pesquisas de Posses e Hábitos de Uso de aparelhos elétricos) e respectivas curvas de carga estimadas por declaração.
- Estimar os parâmetros horários de ajuste das curvas de carga nas PPHs. Para isso serão utilizadas curvas obtidas pela medição e pela declaração que serão comparadas e, a partir delas, serão obtidos os parâmetros horários de ajuste que serão aplicados a todas as curvas de carga obtidas através de PPHs.
- Extrair das PPHs já realizadas as informações de posse e hábitos de uso de aparelhos elétricos e as correspondentes curvas de carga estimadas por declarações para as classes de consumo disponíveis e, com isso, expandir estas curvas para regiões geográficas a serem definidas através das análises de dados do sistema elétrico por Setor de Transformação, que por ventura não tenham sido contempladas nas PPHs existentes, através de amostragem complementar, com avaliação estatística realizando ajustes necessários as curvas de carga declaradas com os parâmetros horários de ajuste para se ter a estimativa final das curvas.
- O desmembramento e tratamento estatístico das curvas de carga, em Carga de Potência Constante, Carga de Corrente Constante e Carga de Impedância Constante, e o indicar de quais equipamentos integram cada tipo destas cargas. Isto quer dizer que será possível identificar os eletrodomésticos tipo Potência Constante, Corrente Constante e Impedância Constante, de tal forma que com isso possa realizar as simulações determinísticas e ainda probabilísticas mais precisas de fluxo de carga.
- Formar um banco de dados descarregados de medidores, que deverá ser mantido arquivado por um período de 24 me-ses, em formato padronizado, tomando como exemplo a padronização específica para distribuição (CIM - Com Information Model), possibilitando integrações futuras.
- Formar um banco de dados das PPHs - Pesquisa de Posse e Hábito de forma padronizada.
- Elaborar curva de cargas horárias para todas as tipologias e classes de tarifação, para regiões diferenciadas, períodos do ano diferenciados, dias diferenciados (útil, sábado e domingo/feriado), representando as Potência Ativa (W), Reativa (VAr), Aparente (VA) e seus desmembramentos em Cargas Típicas de Potência Constante, Impedância Constante e Corrente Constante, tanto Ativa, quanto Reativa e Aparente; com ainda os desmembramentos por equipamentos eletrodomésticos (geladeira, chuveiro, aquecedor, ar condicionado, ferro

elétrico, televisor, iluminação, etc) tanto Ativo, quanto Reativo e Aparente, sempre todas as grandezas em Valores Reais e em PU.

- O tratamento estatístico de todas as medições, curvas de carga e todos os seus desmembramentos, ao longo do tempo de todas as curvas de carga.
- Fazer simulações de avaliação de mudança das curvas de carga em função de prováveis mudanças de uso de eletrodo-mésticos ao longo dos dias.
- Obter fatores de interesse das curvas de carga, tais como: Fatores de carga ativo, reativo e aparente, Fator de Perdas, Demandas Ativa, Reativa e Aparente Máximas, Médias e Mínimas, instantes de ocorrências dessas demandas e dispersão associada à curva de carga, etc.

5. Conclusões

O sistema computacional desenvolvido tem como característica básica a produção de curvas de cargas de clientes da Elektro, curvas estas obtidas ou de medições diretas em amostras de clientes (normalmente em campanhas de medidas), ou obtidas através de declarações de posses de equipamentos e hábitos de uso dos mesmos.

No primeiro caso, nas medições nos clientes, o sistema está preparado para avaliar diversas grandezas elétricas (potências ativa e reativa, tensão, harmônicos etc...), sendo estas medições obtidas com medidores específicos que são instalados nos clientes por um período de aproximadamente 9 dias.

Os dados brutos de medição formam um banco de dados que estará disponível aos usuário para análises. É importante mencionar que o sistema gera curvas HORÁRIAS (na versão atual, ele gera as curvas de potência ativa e reativa), para medições efetuadas em intervalos de 5 em 5 minutos, 10 em 10 minutos e 15 em 15 minutos. Estas curvas horárias, que é o "output" principal do sistema, produz 3 tipos de curvas horárias por cliente, a saber: dia útil, sábados e domingos. Além desta geração individual das 3 curvas horárias, o sistema permite também que sejam feitas agregações de curvas de clientes localizados em determinadas regiões e por faixas de consumo.

Por fim, é importante também mencionar que foi desenvolvido e implementado um algoritmo que realiza correções de anomalias (outliers e quebras estruturais) nos dados brutos antes da geração das curvas horárias.

Para os clientes que não possuem medições e somente PPHs, o sistema de análise desenvolvido permite que sejam feitas dois tipos de consulta:

- Estimativa da potência instalada nos clientes pesquisa-dos (que é utilizada na estimativa de Fatores de Demanda dos clientes, para aqueles que também foram medidos).
- Geração das curvas de carga por uso final (dos princi-pais aparelhos) sendo a elas aplicado o algoritmo de correção das distorções das declarações, conforme descrito acima.

6. Referências Bibliográficas

Box, G.E.P.; Jenkins, G.M. & Reinsel G.C. Time Series Analysis: Forecasting and Control, third edition, Prentice Hall, 1994.

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.

Bunn, D. W., Farmer, E. D., Comparative Models for Electrical Load Forecasting, Chichester, John Willey & Sons, 1985.

- Ernault, M. & Meslier, F. Analyse et prévision de la demande d'énergie électrique. *Révue Generale d'Électricité*, no. 4/82, pp. 257-278, avril, 1982.
- Hippert, H.S. Previsão de Cargas a Curto Prazo - Uma Avaliação da Viabilidade do uso de Redes Neurais Artificiais. Tese de Doutorado. Dept. Eng. Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), 2001.
- Hippert, H.S.; Pedreira, C.E. & Souza, R.C. Neural Networks for Short-term Load Forecasting: A Review and Evaluation. *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 16, Issue 1, Feb. 2001.
- Jang, J.-S. R.; Sun, C.-T. & Mizutani, E. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. Upper Sadle River, NJ: Prentice Hall, 1997.
- 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.
- 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.
- Medeiros, L.; Bunn, D.W. & Souza, R.C. Brazilian Electricity Market and Price Forecasting. 22nd International Symposium on Forecasting, Dublin, Ireland, 2002.
- 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.
- 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.
- Sobral, A.P.S. Modelo Híbrido de Previsão Horária de Carga Elétrica. Dissertação de Mestrado. Dept. Eng. Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), 1999.
- Souza, F.J. Modelos Neuro-Fuzzy Hierárquicos. Tese de Doutorado. Dept. Eng. Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), 1999.
- Souza, R.C. PREVCAR - Sistema de Previsão de Cargas para o Setor Elétrico. Publicação do CEPEL, dez/97.
- Henriques, Henrique de Oliveira; Andrade, Waltencir S; Falcão, Djalma Mosqueira. " Load Curve Estimation Using Neural Networks and Fuzzy Sets Techniques. In: IEEE TRANSMISSION AND DISTRIBUTION CONFERENCE, 2002, São Paulo. 2002.
- SOUZA, R.C. "Pesquisa Residencial de Posse e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos para a LIGHT - RJ - Relatório Técnico". Publicação do PROCEL/Eletróbrás (Mar/97).
- SOUZA, R.C. "Pesquisa 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).
- ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 2 – Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição
- GREENACRE, M. *Correspondence Analysis in Practice*, second edition, Chapman and Hall, 2007