



**XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica  
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil**

<b>Reinaldo Castro Souza</b>	<b>Alexandra Valenca</b>	<b>Jose Aguinaldo Pinho</b>
<b>Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro</b>	<b>Companhia Energética do Ceará</b>	<b>Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro</b>
reinaldo@ele.puc-rio.br	alexandra@endesabr.com.br	jjampinho@gmail.com

<b>Bruno Dantas</b>	<b>Jacques Roberto Musafir</b>
<b>Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro</b>	<b>Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro</b>
brunodantasrj@gmail.com	musafir@terra.com.br

**Desenvolvimento de coeficientes de ajustes das declarações de pesquisas de clientes para a estimativa e simulação do consumo por uso final dos consumidores**

**Palavras-chave**

Consumo elétrico  
Curva de carga  
Estatística  
Medição elétrica  
Pesquisa de mercado

**Resumo**

As pesquisas de posses e hábitos realizadas atualmente pelas concessionárias são uma excelente forma de estimativa de consumo e projeção de curva de carga face aos custos exigidos para uma medição real dos equipamentos elétricos de um domicílio. Entretanto, face às imprecisões das declarações de consumo e o alto nível de complexidade do levantamento de informações não se pode avaliar o quanto discrepante são essas estimativas de consumo em relação aos valores reais.

Para responder essa pergunta foi elaborado em parceria com a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) o projeto de P&D “Desenvolvimento de coeficientes de ajustes das declarações de pesquisas de clientes para a estimativa e simulação do consumo por uso final dos consumidores” para as

concessionárias do grupo Endesa, AMPLA e COELCE.

O projeto consiste na realização simultânea de pesquisas de posses e hábitos (PPH) e medição do consumo geral do domicílio e de seus principais aparelhos elétricos. Com o estudo será possível corrigir as distorções das declarações tanto pelo ajuste dos procedimentos de estimativa de consumo adotados hoje no sistema existente, como também permitirão a geração de coeficientes de ajustes na elaboração das curvas de cargas via declarações das PPHs.

## **1. Introdução**

As pesquisas de posses e hábitos – PPHs, têm por finalidade estimar o consumo de energia elétrica de uma unidade consumidora e projetar sua respectiva curva de carga, seja ela diária ou mensal (SOUZA, 1997). Este trabalho é realizado através de uma pesquisa de campo que visa o levantamento das posses dos aparelhos elétricos e do perfil de uso de cada um deles. Em função do grande detalhamento na coleta das informações e da natural imprecisão desse tipo de declaração não se pode afirmar até que ponto as informações obtidas por meios das PPHs são confiáveis e como consequência não é possível avaliar a precisão dos consumos obtidos assim como o das curvas de carga geradas. Por esta razão, objetivando identificar o nível existente de discrepâncias e posteriormente acurar as estimativas das curvas de carga por uso final obtidas das declarações das PPHs, o presente projeto inclui a medição continuada dos principais eletrodomésticos de uma subamostra de domicílios que fizeram parte da amostra da PPH. A partir destas medições, serão estabelecidos coeficientes de ajustes destas declarações e assim, obter curvas de cargas por aparelhos com boa precisão.

Esse artigo está dividido em quatro partes. No capítulo 1 é apresentado a PPH realizada e a ferramenta computacional que já foi desenvolvida que tem como “input” os dados da PPH processados em banco de dados e os coeficientes de ajustes (ainda não implementado) e, como “output”, as curvas de cargas por uso final a nível de consumidor, polos e concessionária, bem como módulos de simulações do tipo “what IF analysis” (HERMAN, KRITZINGER, 1993).

No capítulo 2 aborda-se a questão da medição domiciliar com aparelhos de precisão e seus resultados, permitindo que se comparem os consumos declarados nas pesquisas com o consumo real dos aparelhos desses mesmos domicílios.

No capítulo 3 a questão do índice de correção das declarações é apresentada e por fim, no capítulo 4 são apresentados as conclusões preliminares encontradas.

Este trabalho utilizou como estudo de caso os projetos de P&D denominados “Desenvolvimento de coeficientes de ajustes das declarações de pesquisas de clientes para a estimativa e simulação do consumo por uso final dos consumidores” desenvolvidos pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) para as concessionárias do grupo Endesa, AMPLA e COELCE.

## 2. Desenvolvimento

### PESQUISA DE POSSES E HÁBITOS (PPH)

A primeira parte desse trabalho constituiu-se em um levantamento de informações da concessionária de forma a se estabelecer uma amostra para coleta de informações no campo. Neste projeto, foi amostrado e pesquisado um total de 2.100 consumidores em cada uma das concessionárias, distribuídos nos municípios considerando todos os polos regionais das empresas. O plano amostral foi ainda estratificado segundo um “perfil elétrico” dos consumidores, obedecendo faixas de consumo de energia elétrica pré-definidas a saber: De 0 a 80 kWh, de 81 a 150 kWh, de 151 a 220 kWh, de 221 a 400 kWh e acima de 400 kWh (BARROS, 2002).

O detalhamento dos planos amostrais adotados nas áreas de concessão da Ampla e Coelce são mostrados nas figuras abaixo, onde são especificados os municípios que fizeram parte da amostra e os polos que representam de acordo com a segmentação de cada uma das empresas.



Figura 01 – Distribuição dos municípios amostrados na COELCE



Figura 02 – Distribuição dos municípios amostrados na AMPLA

O instrumento de coleta de dados levou em consideração as posses de todos os aparelhos elétricos presentes dentro dos domicílios e hábitos de uso dos principais. Para elaboração das curvas de cargas, foram adotados 3 procedimentos para melhor obter os dados de consumo para cada eletrodoméstico:

- Em um primeiro momento o pesquisador identificava diretamente no aparelho a sua potência ou coletava informações específicas do equipamento (ex. geladeira 1 porta, mais de 10 anos de uso, 180 litros), cuja potência foi identificada posteriormente através da tabela do Inmetro/Procel.
- Após isso, era identificado o consumo coletando-se quantos dias no mês o aparelho era utilizado e horário diário do mesmo, e junto com a potência foi gerado o consumo mensal dos equipamentos;
- Por fim verificou-se o tipo de uso do aparelho (se habitual ou eventual), com o intuito de se alocar o consumo estimado distribuído nas horas declaradas pelo entrevistador (ou ao longo do dia quando uso eventual), caracterizando a curva de carga de cada equipamento, e assim também do domicílio.

As informações da auditoria de campo (PPH) foram processadas, originando um banco de dados que foi preparado para ser submetido às estimativas estatísticas através do software SPSS (Statistical Package for Social Science) e posterior geração de relatório. Além disto, o banco de dados das posses e hábitos de uso foram também utilizados para a elaboração da ferramenta computacional elaborada em Visual Basic, denominada: “Perfil do Consumidor” e algumas de suas telas são mostradas a seguir.



Figura 03 – Curva de carga

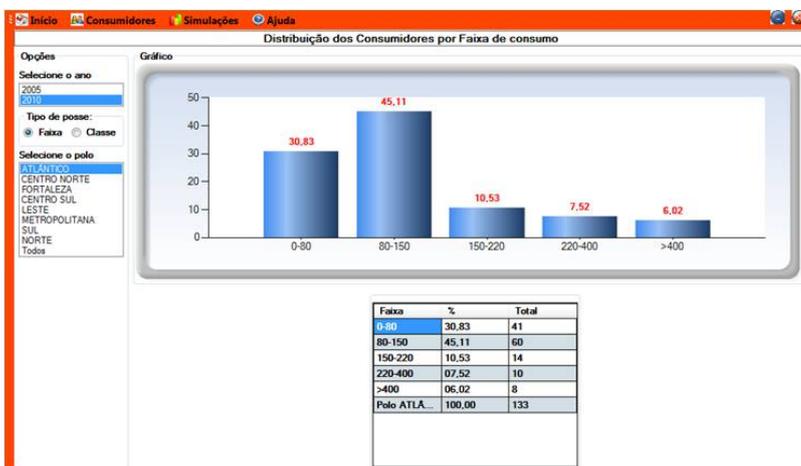


Figura 04 – Estatísticas descritivas dos dados da pesquisa

## MEDIÇÃO NOS DOMICÍLIOS

Na segunda parte do projeto, ainda em andamento, foi criada uma nova amostra dos consumidores para que fosse simultaneamente levantado o seu perfil de consumo por meio de PPH e por meio da medição dos principais aparelhos elétricos, permitindo desta forma que as curvas de cargas geradas via PPH (aproximadas) e medição (exatas) fossem comparadas. Ao final do projeto serão medidos 120 consumidores em cada uma das concessionárias, totalizando então 240 domicílios medidos e pesquisados.

Para a realização da medição, são instalados até 6 medidores em cada unidade consumidora pesquisada, sendo um medidor no relógio geral do domicílio e os demais diretamente no aparelho elétrico. No caso da Ampla, os principais aparelhos elétricos são o refrigerador; TV; chuveiro elétrico, máquina de lavar e o condicionador de ar. Na Coelce os aparelhos elétricos são o refrigerador, TV, Ventilador, Máquina de lavar e ferro ou micro-ondas.

Como aparelho de medição, foi adotado inicialmente o SAGA 2000 (Figura 5) que permitia se obter o consumo médio a cada 15 minutos por um período de 7 dias consecutivos, de acordo com o estabelecido no

projeto realizada para a ABRADDE (ICF; PUC-Rio; Jordão Engenharia, 2011) para definição dos requisitos mínimos de medição e verificação em projetos de eficiência energética. Entretanto, a necessidade de um grande número de aparelhos via a vis o seu custo e suas dimensões serem grandes o suficiente para dificultar sua aceitação nos domicílios, foi necessário o desenvolvimento de um medidor de menores proporções que permitisse que o SAGA 2000 fosse utilizado apenas no medidor geral, enquanto que este novo aparelho seria utilizado internamente nos aparelhos elétricos.



Figura 05 – Medidor SAGA 2000

Esse novo medidor foi elaborado pela PowerSave/UFRJ em parceria com a PUC-Rio e, inicialmente, foi testado um protótipo que permitia a leitura de aparelhos de até 20A (Figura 06) e como produto final permitirá que seja medido o consumo de equipamentos com até 50A (Figura 07). Os dois medidores apresentam o mesmo formato de hora de medição para que os dados levantados possam ser comparados (Figura 08).



Figura 06 – Protótipo de medidor desenvolvido para o projeto pela PowerSave/UFRJ/PUC-Rio



Figura 07 – Medidor final PowerSave/UFRJ/PUC-Rio

		Data Criação: 17/04/2012 15:53		
		ID Medidor: Geladeira		
<b>Valores da Medição</b>				
<i>Tipo</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>kWh</i>	<i>Potência Máx</i>
LOG	17/04/2012	13:20:00	0,004294	172,470
LOG	17/04/2012	13:25:00	0,014287	173,160
LOG	17/04/2012	13:30:00	0,014276	172,460
LOG	17/04/2012	13:35:00	0,014231	171,760
LOG	17/04/2012	13:40:00	0,014221	171,660
LOG	17/04/2012	13:45:00	0,014204	171,740
LOG	17/04/2012	13:50:00	0,013988	176,030
LOG	17/04/2012	13:55:00	0,014081	170,130
LOG	17/04/2012	14:00:00	0,014239	173,580

Figura 08 – Output dos medidores

Até o presente momento já foram analisados 12 consumidores com informações coletadas através de pesquisa e medição. A partir desta análise foi possível, como previsto pelo projeto, comparar os resultados obtidos com a PPH e o consumo real dos domicílios. Foram então realizadas quatro análises:

- Uma comparação do consumo total medido de cada domicílio com o seu consumo total apurado pela pesquisa (Gráfico 01 e gráfico 2);
- Uma comparação das medições médias por cada aparelho elétrico com o consumo apurado deste mesmo aparelho pela pesquisa (Gráfico 03);
- Uma comparação da distribuição do consumo médio mensal em cada hora do dia levantado por meio das medições e pela pesquisa, considerando a média do consumo total e a média por equipamento (Gráfico 04 e gráfico 05);
- E por fim foi identificada a participação de cada equipamento no consumo total do domicílio, tanto por faixa de consumo elétrico como geral. Exemplo ainda não disponível em função da pequena quantidade da amostra medida.

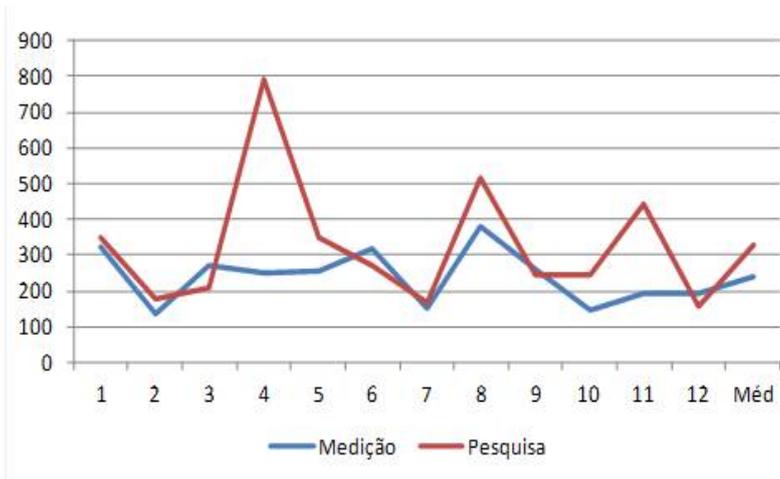


Gráfico 01 – Total do consumo mensal por domicílio (kWh)

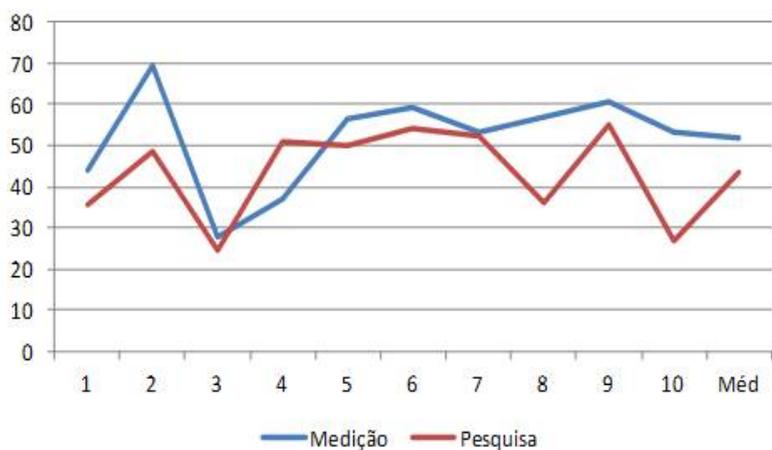


Gráfico 02 – Total do consumo mensal da geladeira por domicílio (kWh)

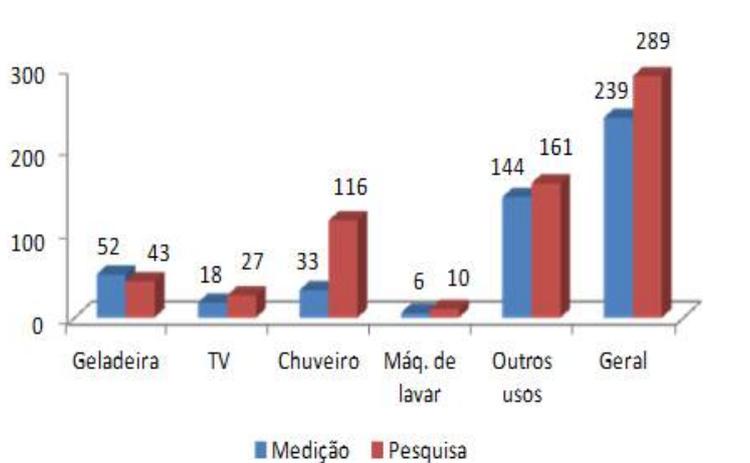


Gráfico 03 – Comparação dos consumos médios dos equipamentos (kWh)

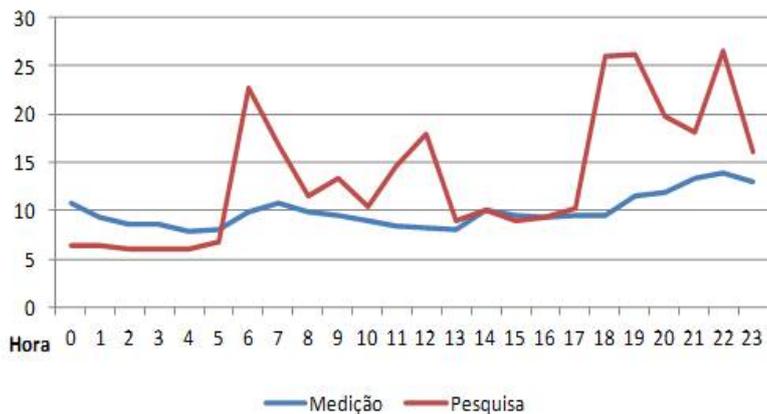


Gráfico 04 – Média mensal do consumo horário para os 12 clientes estudados (kWh)

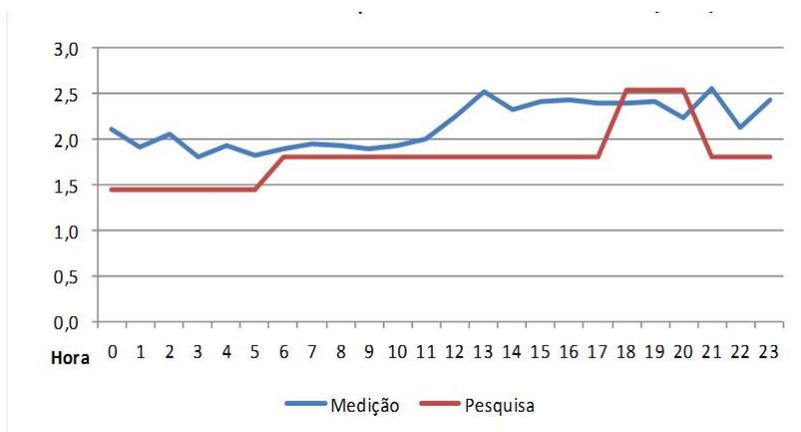


Gráfico 05 – Média mensal do consumo horário da geladeira para os 12 clientes estudados (kWh)

## INDICE DE CORREÇÃO DAS DECLARAÇÕES

Para os principais usos finais existentes em um domicílio (ou seja, aqueles que mais contribuem para o consumo total), as declarações de hábitos de uso dos mesmos serão corrigidas através de coeficientes horários de correção obtidos das análises dos domicílios que tiveram medições e PPHs. Estes coeficientes horários são obtidos através de uma análise das discrepâncias entre os perfis de curvas declaradas e medidas para cada hora do dia e cada uso final. Nesta análise utilizam-se medidas de distâncias estatísticas (distâncias euclidianas), bem como modelos de regressão linear múltipla para o estabelecimento destes coeficientes.

### 3. Conclusões

#### CONCLUSÕES PRELIMINARES

Embora o estudo tenha coletado até o momento desse artigo uma quantidade pequena de dados, pode-se extrair de forma ainda preliminar algumas conclusões bastante interessantes sobre o estudo.

Observa-se primeiramente que a estimativa de consumo projetada por meio da pesquisa tende a superestimar o consumo medido em aproximadamente 21% (Gráfico 04). Isso pode ocorrer em parte em função da dificuldade da obtenção da potência do equipamento assim como pelas próprias opções de respostas permitidas nos questionários das PPHs para a intensidade de uso de cada equipamento.

Com a medição dos principais equipamentos é possível identificar aqueles que apresentam a maior discrepância de consumo em função da declaração de uso e corrigir a distorção para o equipamento específico, fazendo com que a curva de carga geral do equipamento fique mais precisa. A correção por equipamento torna mais fácil o ajuste do que a correção direta sobre o consumo total.

Dentre os principais equipamentos medidos na área de concessão da Ampla, a maior discrepância encontrada foi a do chuveiro elétrico, onde a diferença entre as declarações obtidas e o valor médio foi além de 250% (Gráfico 04). A geladeira foi único eletrodoméstico que apresentou os dados subestimados em -16,1%.

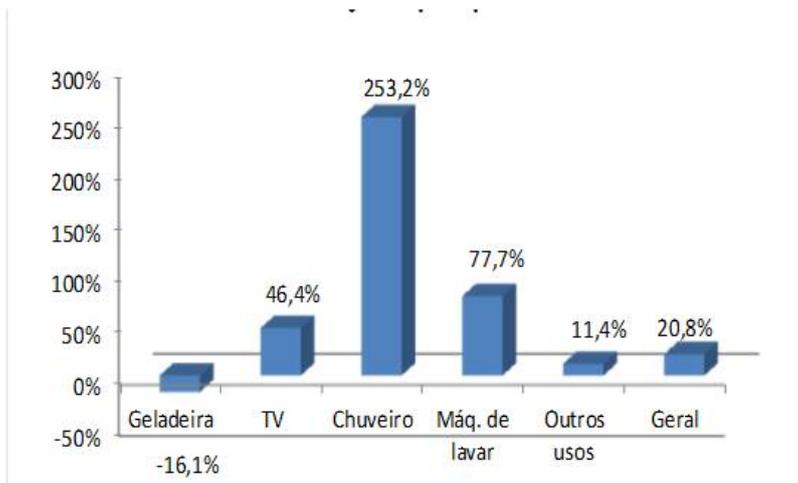


Gráfico 04 – Diferença média entre os todos os equipamentos medidos e os dados coletados na PPH

Enfim, a medição numa subamostra da amostra da PPH indica que será possível corrigir as distorções das declarações tanto pelo ajuste dos procedimentos de estimativa de consumo adotados hoje no sistema existente, como também permitirão a geração de coeficientes de ajustes na elaboração das curvas de cargas via declarações das PPHs. Estes coeficientes serão incorporados à ferramenta computacional já desenvolvida. De qualquer forma, o presente trabalho mostra que este sistema computacional desenvolvido já permite a elaboração de várias análises de interesse dos agentes de distribuição, como, por exemplo,

geração de curvas de carga por aparelho, estratificação das mesmas por regionais, faixas de consumo e classe sociais. O sistema possui também um modelo de simulação que permite ao usuário ter uma ideia do aumento (ou redução) do consumo total para diversos cenários de posses e potencia de aparelhos.

#### 4. Referências bibliográficas

1. SOUZA, R.C. (1997). Pesquisa Residencial de Posse e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos para a CER-RJ; Relatório Técnico. Publicação PROCEL/Eletobrás.
  2. S. B. S. & BARROS, J. C.. Pesquisa de Marketing – Conceitos e Metodologia. 3ª ed. São Paulo: Prentice Hall. 2002.
  3. MALHORTA, N.K. (2001) Pesquisa de Marketing \_ Uma Orientação Aplicada. 3 edição.
  4. KOTLER, Philip. Administração de Marketing: Análise, Planejamento, Implementação e Controle. 5ª Edição. São Paulo. Editora Atlas, 1998.
  5. Herman R., Kritzinger, J.J., 1993, "The Statistical Description of Grouped Domestic Electrical Load Currents", Electrical Power Systems Research Journal, v.27, pp. 43-48.
  6. Selected Statistical Methods for Analysis of Load Research Data, EPRI Report EA-3467, May 1984.
  7. FITTIPALDI, E. H. D.; SAMPAIO, L. M. B.; ALMEIDA, A. T. [Comercialização de energia elétrica em um mercado competitivo: um problema de decisão multicritério](#). Pernambuco.
  8. ICF International; PUC-Rio; Jordão Engenharia, Projeto realizado para a ABRADDE “Estabelecimento de requisitos mínimos de medição e verificação de resultados que possam ser aplicados aos projetos de eficiência energética desenvolvidos pelas distribuidoras” – Novembro 2011
  9. Site Procel: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B05070313-120A-45FD-964D-5641D6083F80%7D>.
-