



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

GCE-14  
19 a 24 Outubro de 2003  
Uberlândia - Minas Gerais

**GRUPO XIV  
GRUPO DE ESTUDO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - GCE**

**PROPOSTA DE MODELO PARA ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ADESÃO DOS CONSUMIDORES RESIDENCIAIS A PROGRAMAS DE GLD: UMA APLICAÇÃO DE SISTEMAS ESPECIALISTAS**

**Eliana de Menezes Bandeira, Ms Eng\*  
UFSC**

**C. Celso de Brasil Camargo, Dr Eng  
LabPlan - UFSC**

**RESUMO**

O consumidor residencial tem grande importância na adoção de programas de Gerenciamento pelo lado da Demanda, implantados pelas concessionárias de energia elétrica para o combate ao desperdício. Por outro lado, eles constituem uma das parcelas da população que mais resistem em aderir a estes programas, dadas particularidades em seu comportamento. Neste trabalho apresenta-se um modelo de identificação do potencial de adesão dos consumidores residenciais, a partir de suas características, utilizando-se o sistema especialista probabilístico SPIRIT.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD); comportamento do consumidor; sistemas especialistas.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Os programas de gerenciamento pelo lado da demanda (GLD) dizem respeito ao planejamento, a implementação e acompanhamento de atividades que modificam a curva de carga dos consumidores, por meio da substituição de equipamentos obsoletos por mais eficientes; gerenciamento de consumo para combater o desperdício de energia elétrica, entre outras. O resultado final destas ações é uma utilização mais racional da energia.

Atualmente, os programas de GLD assumem uma importância adicional para o setor elétrico brasileiro, já que são uma resposta ao impasse: mercado consumidor que se expande sem que haja recursos

disponíveis para novos investimentos a médio e curto prazo, tornando iminente a possibilidade de colapso no sistema de fornecimento de energia.

Para se alcançar uma política eficaz de conservação de energia, envolvendo todos os segmentos sociais interessados, é essencial que se tenha o maior entendimento possível sobre o comportamento do consumidor a fim de direcionar a escolha do tipo de programa a ser implementado, bem como a política de incentivo a ser adotada. Neste sentido, a aplicação de sistemas especialistas apresenta-se como uma alternativa menos dispendiosa e mais prática para a identificação do potencial de aceitação dos programas de GLD, já que obtém respostas a partir de probabilidades estimadas por especialistas, sem que seja necessário um número excessivo de informações. Isto é particularmente benéfico para o caso brasileiro, em virtude da dimensão do nosso país e da diversidade cultural existente, que dificultam a execução de pesquisas de opinião pública.

O propósito deste trabalho, portanto, é aplicar os princípios de sistemas especialistas para testar a aceitação dos consumidores residenciais aos programas de GLD, utilizando como base o SPIRIT (Symmetrical Probabilistic Intensional Reasoning in Interference Networks in Transition) para a estruturação de um modelo que responda a esta questão. Para compor o escopo deste objetivo, o trabalho está estruturado em cinco etapas, inclusive esta introdução: inicialmente é apresentada uma breve análise do comportamento do consumidor frente aos programas de GLD; a etapa subsequente são feitas algumas considerações os sistemas especialistas para, em seguida, expor a construção do sistema

especialista proposto pelo trabalho e finalmente, são apresentadas as conclusões obtidas.

## 2.0 – PROGRAMAS DE GLD E OS CONSUMIDORES

Por promoverem a utilização racional da energia, a adoção de programas de GLD trazem benefícios para consumidores e para a sociedade como um todo: os consumidores têm suas despesas com energia reduzidas e uma melhor utilização dos equipamentos elétricos; as concessionárias de energia elétrica, têm mais uma alternativa no planejamento da matriz energética e a sociedade em geral ganha com a possibilidade de poder desfrutar de uma melhor utilização dos recursos disponíveis, o que implica menos agressão ao meio ambiente.

De uma forma geral, os programas de GLD afetam a demanda por energia elétrica através dos três mecanismos descritos abaixo:

- *Promovendo alterações nas instalações e nos aparelhos de energia elétrica*, procurando induzir o consumidor a reformar as instalações elétricas antigas, comprar aparelhos mais modernos e eficientes, às vezes financiados pela própria concessionária. São exemplos deste tipo de programa o Programa de iluminação eficiente, realizado pela Cemig (Companhia Energética de Minas Gerais) em conjunto com o Procel (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica) no qual foram fornecidos cupons de desconto para a compra de lâmpadas fluorescentes compactas

- *Alterando o modo de uso dos aparelhos existentes*, por meio de modificações sugeridas nas residências dos usuários, propondo isolamentos adicionais ou janelas mais apropriadas à conservação ambiental; programas de controle direto de determinadas cargas por conta da concessionária, onde tais cargas são desligadas, automaticamente, a intervalos regulares durante o dia.

- *Mudando os hábitos dos consumidores em relação à utilização da energia elétrica*, através de mudanças nos hábitos dos consumidores, as quais afetarão os itens a e b anteriores. São exemplos deste tipo os programas educativos realizados pelo Procel junto às escolas da rede pública e privada, as campanhas de marketing

Como a implantação de programas de GLD quase sempre demanda uma participação efetiva do consumidor, seja por meio de uma mudança de hábitos, seja pela autorização para efetuar mudanças, conseguir a plena adesão dos consumidores nem sempre é possível, especialmente no segmento residencial, que não abre mão de certos confortos da vida moderna.

De acordo com Camargo (1997), os consumidores consideram os seguintes aspectos ao avaliar um programa de GLD: os incentivos oferecidos para sua adesão; o grau de seriedade dos programas; as modificações no estilo de vida que podem ser ocasionadas pelo programa; considerações estéticas, como equipamentos instalados para controle de carga e, finalmente, os serviços de apoio oferecidos, como o

nível de comunicação entre concessionária e consumidor.

Adicionalmente, um estudo realizado na Califórnia pelo *Electric Power Research Institute*, segmentou os consumidores residenciais de energia elétrica em 6 tipos:

- *Consumidores do Tipo 1*: Os que buscam e valorizam os prazeres da vida e não estão dispostos a aderir a programas que podem causar inconveniências, independente dos níveis potenciais de economia/conservação;

- *Consumidores do Tipo 2*: Os que gostam de demonstrar conscientização, sendo os primeiros a aderirem aos programas, gostam de ser inovadores;

- *Consumidores do Tipo 3*: Os que buscam valor: aqueles que esperam para aderir aos programas à medida que o nível de benefícios potenciais cresça;

- *Consumidores do Tipo 4*: Os conservadores de recursos: esperam que todos se ofereçam para os programas de conservação, mesmo se a opção tarifária/incentivos não for atraente;

- *Consumidores do Tipo 5*: Os que possuem um estilo de vida simples: não se interessam por programas complicados, com níveis crescentes de complexidade;

- *Consumidores do Tipo 6*: Os que evitam problemas: não estão dispostos a serem contatados nem procurar os ofertantes dos programas de GLD, mesmo se estes acenarem com grandes benefícios.

Diante do exposto, pode-se inferir que a adesão aos programas de GLD por parte dos consumidores residenciais depende de três variáveis: o tipo do consumidor em questão; o conforto proporcionado pelo programa e o retorno financeiro do programa (o quanto se poupa de energia e o prazo de retorno dos investimentos). Sendo que o peso maior é dado pelas duas primeiras variáveis.

## 3.0 - SISTEMAS ESPECIALISTAS

Tendo sido desenvolvidos inicialmente nos anos 70, os sistemas especialistas vêm ganhando espaço a partir dos anos 90. Trata-se de programas com a capacidade de adquirir e processar conhecimentos de um especialista em uma determinada área que fornecem apoio ao usuário disponibilizando conhecimentos e informações sempre que consultados.

Entre os vários tipos de sistemas especialistas, o programa adotado neste trabalho é o Spirit (Symmetrical Probabilistic Intensional Reasoning in Interference Networks in Transition), que permite construir rapidamente sistemas especialistas baseados em variáveis discretas e seus atributos. As relações entre os atributos e as variáveis são expressas por meio de uma probabilidade e a base de conhecimento é feita em etapas: inicialmente ela é constituída por informações sob a forma de probabilidades condicionais ou por fatos e regras sobre pequenos grupos de variáveis e em seguida, a máquina por si

própria gera a distribuição de probabilidades adequada para todas as realizações da variável.

Desta forma não é necessária uma grande quantidade de informações para se chegar a uma resposta segura sobre dada questão porque o sistema se encarrega de “aprender” sobre as variáveis de influência e as interferências probabilísticas que elas podem sofrer. Além disso, o programa destaca-se por sua objetividade no tratamento das variáveis, facilidade de locomoção (uma vez estruturado, o programa pode ser copiado quantas vezes for necessário e enviado para qualquer localidade, diferentemente de um especialista humano), rapidez no fornecimento de informações, segurança quanto eventuais esquecimentos de informações e preconceitos que poderiam surgir com um especialista humano.

Por outro lado, como todo modelo que simplifica a realidade, os sistemas especialistas têm limitações, tais como aos domínios de conhecimento relativamente pequenos por eles encobertos, prováveis desvios de linguagem caso de falta de atenção por parte do programador. Não obstante estas limitações, sua utilização vem ganhando espaço em virtude das possibilidades de aplicação nas mais variadas áreas de conhecimento.

Sistema especialista para identificação das possibilidades de adesão dos consumidores residenciais aos programas de GLD - CONSERVE

Para elaboração do sistema especialista CONSERVE, primeiramente foram determinadas as variáveis de influência na decisão de aderir ou não aos programas de GLD, selecionadas a partir de consultas à literatura especializada e entrevistas com pesquisadores<sup>1</sup> e especialistas responsáveis pela implantação dos programas, onde confirmou-se a relevância das seguintes variáveis para o estudo do comportamento dos consumidores. Seus atributos ficaram assim estruturados:

**Consumidor** – Foram segmentados entre os 6 tipos mencionados na Seção 2 deste trabalho (Tipo1, 2, 3, 4, 5 e 6);

**Retorno** – Os programas foram classificados de acordo com o tempo de retorno dos investimentos: rápido (1 a 12 meses), médio (2 a 3 anos) ou lento (acima de 3 anos);

**Programa** – Considerou-se duas possibilidades: programas que alteram o nível de conforto (necessidade de novas instalações; instalação de equipamentos anti-estéticos; reformas; mudanças radicais nos hábitos) e que não o altera (trocas simples de equipamentos; mudanças simples nos hábitos)

Nessas consultas foram definidas também as probabilidades associadas às variáveis e seus atributos, a partir das quais foi montado um total de 22 regras no Spirit, conforme Figura 1. Estabelecidas as

<sup>1</sup> Entrevistados: Prof. Edvaldo Santana (ANEEL) e Alex Dias de Azevedo (Gerasul)

regras, a etapa final para a constituição do CONSERVE foi a aprendizagem das regras, das quais resultaram a estimação das probabilidades finais.

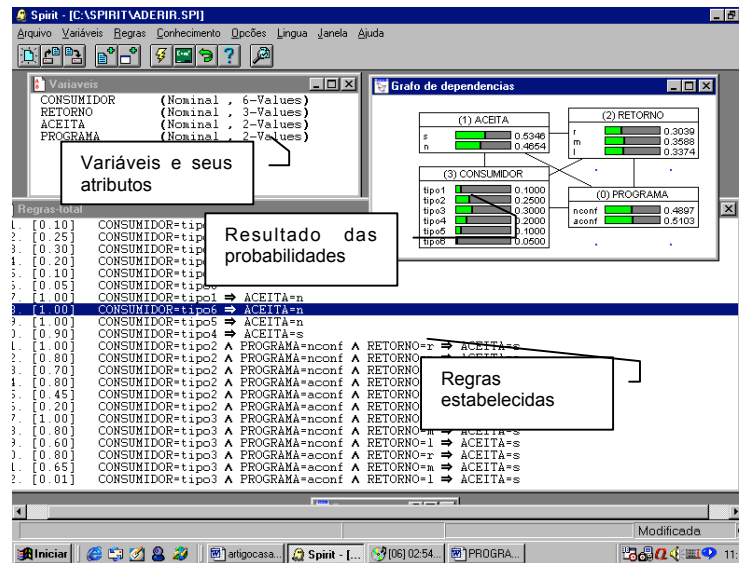


Figura 1 – Regras utilizadas no CONSERVE e resultados preliminares

Estando já estruturado o sistema especialista CONSERVE, observou-se a consistência de seus resultados, confrontando-os com pesquisas de opinião pública sobre os programas de GLD, tais como a de Belch (*apud* Borenstein e Camargo, 1997) e a de Plautus Filho (1998), de onde se concluiu que as probabilidades geradas pelo sistema proposto encontram-se em consonância com a realidade. Cientes de que o sistema especialista CONSERVE atende satisfatoriamente aos objetivos a que se propõe, é possível inferir algumas considerações acerca do comportamento do consumidor frente aos programas de GLD a partir de consultas ao sistema.:

Confirmou-se que o conforto/desconforto proporcionado pelo programa tem peso significativo: a probabilidade de aceitação de um programa de GLD passa de 53,46% para 60,43% se o programa não altera o conforto do usuário, ou cai para 46,77% se alterar este conforto;

Por outro lado, as condições de retorno pesam mais que o conforto/desconforto proporcionado pelo programa: a probabilidade de que um programa de GLD com um retorno rápido ser aceito (*ceteris paribus*) é de 64,43%. Nas mesmas condições, um programa que ofereça conforto aos usuários tem probabilidade de 60,43% de ser aceito. Este resultado tem a ver também com a proporção de consumidores que valorizam os resultados econômicos em detrimento das demais características ter um peso significativo;

No que diz respeito ao retorno oferecido pelo programa, a probabilidade geral de aceitação vai de 53,46% para 87,55% quando o programa tem um retorno rápido. Este resultado é confirmado por Jannuzzi (1996), segundo o qual, o consumidor tende a se desestimular com programas de GLD que apresentem um *pay-back time* superior a 2 anos.

É importante ressaltar que estas conclusões, embora estejam plenamente condizentes com a realidade estudada, não são definitivas, na medida em que outras variáveis subjetivas também influenciam o comportamento dos consumidores. Por outro lado, estes resultados sinalizam para a necessidade de uma estratégia diferenciada sobre os diversos tipos de consumidores:

- Consumidores do Tipo 1 dificilmente seriam sensibilizados pela causa, a não ser diante de um perigo iminente de racionamento de energia ou coisa do gênero, de modo que os esforços devem ser redirecionados a outras classes de consumidores com maiores chances de sucesso;
- Aos consumidores do Tipo 2, 3 e 4, com maiores probabilidades de adesão, a estratégia de proporcionar prêmios para incentivá-los a continuar aderindo aos programas tem muitas chances de sucesso. Outros países adotaram-na e obtiveram bons resultados, entre estas estratégias destaca-se o oferecimento prêmios de fidelidade e descontos progressivos;
- Os consumidores do Tipo 5 e 6 necessitam de um trabalho mais enfático no sentido de conscientiza-los da importância de se conservar energia, aliado a um programa de incentivos. O objetivo aqui é transpor o maior número possível de consumidores para os consumidores do Tipo 2 ou 3. Reduzindo para a metade a participação destes dois tipos de consumidores, a probabilidade geral de adesão aos programas de GLD passa para 55,44%, o que é um ganho considerável.

#### 4.0 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema especialista CONSERVE mostrou-se adequado à identificação das possibilidades de adesão dos programas de GLD pelos consumidores de energia elétrica, com a vantagem de estabelecer a interação entre as variáveis que influenciam a decisão dos consumidores. Neste sentido, este trabalho vem a preencher uma lacuna existente nos estudos que tratam deste assunto, já que os mesmos tratam estas variáveis de forma isolada e reticente, sem uma quantificação das mesmas.

Não obstante estas claras vantagens, o modelo aqui proposto apresenta algumas limitações, como a utilização de atributos nominais e não numéricos, o que torna o sistema sujeito a interpretações diferenciadas. Por outro lado, ao utilizar como ferramenta o Spirit - Symmetrical Probabilistic Intensional Reasoning in Interference Networks in Transition, o sistema abre a possibilidade de alteração de tais atributos, se necessário, para um eventual re-processamento das probabilidades. Neste sentido, o trabalho dá o passo

inicial no processo de aplicação de sistemas especialistas para estudos deste tipo.

#### 5.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- RÖDDER, Wilhelm. SPIRIT Operations Research. FernUniversität. Germany, 1999.
- BORENSTEIN, Carlos Raul e CAMARGO C.Celso. *Setor Elétrico no Brasil: dos desafios do passado às alternativas do futuro*. Porto Alegre. Sagra Luzzato, 1997.
- JANNUZZI, Gilberto. *Planejamento Integrado de Recursos Energéticos*. Campinas. Autores Associados, 1997.
- PLAUTUS FILHO. André S. Idéia Luminosa: incentivo à iluminação eficiente em residências. *Eletricidade Moderna*. .257:28-35, agosto/95.