



DINCON 2011

10^a Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicações

28 de agosto a 1^o de setembro de 2011



MODELAGEM DE CARGAS UTILIZANDO SISTEMAS BASEADOS EM REGRAS PARA ESTUDOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Lucas Righetti¹, Suzana Mota², Alexandre Mota³, Lia Mota³, Claudia Pezzuto⁴

¹ Bolsista de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq – PUC-Campinas, Brasil, lucas_carminati2@yahoo.com.br

² Bolsista de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq – PUC-Campinas, Brasil, suzana.svm@gmail.com

³ Professor Doutor – Faculdade de Engenharia Elétrica – PUC-Campinas, Brasil, amota@puc-campinas.edu.br

⁴ Professor Doutor – Faculdade de Engenharia Civil – PUC-Campinas, Brasil, amota@puc-campinas.edu.br

Resumo: Modelar cargas consiste em uma tarefa de difícil implementação analítica, entretanto com o auxílio de técnicas híbridas, utilizando-se da modelagem heurística e inteligência computacional observamos que é possível prever o comportamento da carga, principalmente no contexto de unidades residenciais e industriais, onde a demanda elétrica é crescente e constante. Este trabalho se propõe a desenvolver um pacote computacional visando determinar esta demanda agregada e auxiliar a comunidade científica em estudos relacionados à otimização e eficiência energética.

Palavras-Chave: Sistemas Dinâmicos, Modelagem da carga, Eficiência Energética.

1. INTRODUÇÃO

Modelagem, análise e controle de sistemas dinâmicos têm atraído grande interesse durante as últimas décadas. O estudo dessas áreas cresceu em importância nos últimos anos devido, principalmente, ao aumento do grau de complexidade dos sistemas a serem estudados. Estes fatores têm levado à necessidade do desenvolvimento de modelos cada vez mais precisos e robustos a fim de tornar os processos mais confiáveis, reduzindo assim custos operativos [1].

O enfoque deste trabalho está situado na modelagem das cargas presentes no sistema elétrico no nível da gestão energética de instalações consumidoras ao longo de sua vida útil. Com relação ao sistema de fornecimento de energia, o dimensionamento de pontos de força, bem como da quantidade e bitola dos condutores empregados depende fortemente da carga instalada nas unidades de consumo. Dimensionamentos inadequados implicam em desconforto para os consumidores, além de aumentar perdas elétricas e risco de acidentes, em especial, envolvendo choques elétricos e incêndios.

Concomitantemente, outro desafio que se apresenta é a necessidade de adequação da evolução do consumo de energia elétrica (que tende a aumentar, com o passar dos anos, tanto em nível de potência quanto em número de aparelhos elétricos) para que o dimensionamento do sistema de fornecimento de energia permaneça adequado pelo maior tempo possível. Além disso, é desejável que essa previsão seja realizada de forma não intrusiva, isto é, sem invadir a privacidade das unidades de consumo e, portanto, sem garantias explícitas acerca do conhecimento detalhado da configuração dos aparelhos elétricos pertinentes à unidade consumidora.

Nesse contexto, este trabalho visa estudar, de forma não intrusiva, o comportamento da carga agregada em alimentadores residenciais que será vista pelo conjunto de distribuição da rede elétrica. As técnicas a serem exploradas nesse estudo empregam metodologias inovadoras, com presença de abordagens híbridas compreendendo a aplicação de heurísticas, métodos físicos e de inteligência artificial, através de sistemas especialistas juntamente com lógica fuzzy.

A lógica fuzzy possibilita a interpretação de fenômenos não quantitativos e vagos utilizando uma lógica capaz de adequar o controle nebuloso ao raciocínio do senso comum [2].

As implementações serão feitas em ambientes de software livre e, como resultado adicional, espera-se disponibilizar para a comunidade científica um pacote computacional que permita a determinação da demanda agregada para estudos de otimização e eficiência energética.

2. PROPÓSITO

Este trabalho propõe o desenvolvimento de modelos para as cargas presentes em consumidores residenciais, implementando um sistema especialista baseado em regras

que seja capaz de prever o comportamento elétrico dessas cargas. Uma vez que o comportamento dessas cargas pode ser, em muitos casos, de difícil modelagem analítica, serão empregados conceitos de lógica nebulosa (fuzzy) para a elaboração dessas regras. Esses modelos desenvolvidos podem ser posteriormente utilizados em análises associadas à otimização energética em edifícios e condomínios inteligentes e assim contribuir para um melhor aproveitamento da energia elétrica disponível

3. MÉTODOS

A técnica de modelagem utilizada neste trabalho será a heurística, pois nos permite modelar sistemas complexos sem a necessidade de realização de simplificações, se adequando portanto a abordagem de um sistema especialista, além disso, implementações com essa abordagem podem tirar proveito, com bastante eficácia, de métodos de inteligência artificial, como a lógica fuzzy (ou lógica nebulosa).

A modelagem heurística é baseada em regras que associam certas condições (denominadas antecedentes ou variáveis de entrada) a determinadas conclusões (denominadas conseqüentes ou variáveis de saída). Essas regras são, geralmente, obtidas através de experiência prática e prévia de especialistas no assunto, possibilitando o

desenvolvimento de uma função não-matemática para realizar o mapeamento de entrada e saída do sistema sob análise [3].

No âmbito computacional está sendo desenvolvida uma base de regras nebulosa, contemplando técnicas de lógica fuzzy juntamente com conhecimento especialista.

A lógica fuzzy, também chamada de nebulosa difere de forma significante da lógica booleana. Enquanto a booleana só aceita resultados exatos, a fuzzy suporta resultados não-exatos ou nebulosos. Como definir, por exemplo, se a temperatura está quente? Se várias pessoas forem questionadas a respeito, não chegaremos a um consenso, pois as respostas serão as mais variadas, concluímos então que a resposta para esta pergunta é de difícil análise analítica sendo, portanto nebulosa.

O comportamento deste sistema será caracterizado pelo relacionamento entre as regras nebulosas (fuzzy). O sistema como um todo será então representado por uma única relação fuzzy que é uma combinação de todas as relações fuzzy provenientes das diversas regras. Esta combinação envolverá um operador de agregação de regras:

$$R = \text{agreg} (R1, R2, \dots, Ri, \dots, Rn)$$

Usualmente, o operador de agregação é interpretado como um operador de união (utilizando a operação *max*). embora exista uma ampla classe de operadores de agregação.[4]

Assim, sendo esse trabalho fará uso de uma Base de Regras para descrever a influência de algumas variáveis no comportamento da carga elétrica através de regras do tipo “SE antecedente ENTÃO conseqüente”, sendo que as variáveis de entrada e saída utilizadas para descrever,

respectivamente, o antecedente e o conseqüente, serão modeladas como variáveis nebulosas.

4. RESULTADOS

A aplicação de Lógica Nebulosa a esse trabalho está baseada no raciocínio ilustrado na Figura 1.

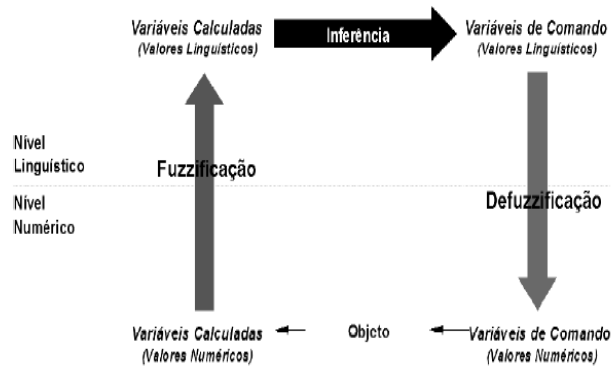


Figura 1 - Aplicação de Lógica Nebulosa

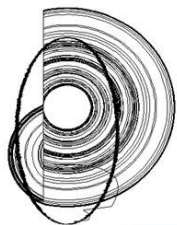
Todas as variáveis nebulosas usadas neste trabalho serão relacionadas com o consumo de energia, cargas de iluminação, conforto térmico, e cargas controladas termostaticamente.

Essas serão divididas em duas categorias:

- Variáveis de Entrada (Fuzzyficação);
- Variáveis de Saída (Defuzzyficação);

As variáveis de entrada e de saída possuem qualificativos lingüísticos associados a ela, representados por conjuntos nebulosos. Por exemplo, a variável “temperatura ambiente” possui os seguintes qualificativos lingüísticos associados a ela: “baixa”, “média”, “quente” e “muito quente”. A atribuição dos conjuntos nebulosos associados a cada uma das variáveis consiste na etapa de Fuzzyficação das mesmas. A Tabela 1 ilustra algumas das variáveis que serão utilizadas e os qualificativos lingüísticos associados a mesmas. É importante ressaltar que cada qualificativo lingüístico pode ser representado por um conjunto nebuloso. Nesse trabalho, estão sendo utilizados conjuntos nebulosos triangulares e trapezoidais.

Nome da Variável	Conjuntos Nebulosos			
Temperatura	Baixa	Média	Quente	Muito Quente
Ambiente				



DINCON 2011

10ª Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicações

28 de agosto a 1º de setembro de 2011



Horário	Madrugada	Manha	Tarde	Noite
Número de Pessoas	Pequeno	Médio	Alto	
Ambiente	Pouco	Médio	Aconchegante	Muito
Dispositivo	Aconchegante	Aconchegante	Ligado	Desligado

Tabela 1 – Variáveis e Conjuntos Nebulosos Associados

Após a etapa de Fuzzyficação, as variáveis de entrada e de saída são relacionadas através de regras, exemplificadas na tabela 2.

Estas regras provém de um conhecimento especialista baseado na experiência prática de especialistas no assunto.

Antecedente (SE)	Consequente (ENTÃO)
A hora do dia é Tarde.	O dispositivo de iluminação está desligado.
A hora do dia é Noite.	O dispositivo de iluminação está ligado.
A temperatura é Quente.	O dispositivo termostático está ligado.

Tabela 2 – Regras Nebulosas

Finalmente, após a aplicação dessa Base de Regras, as variáveis de saída são defuzzyficadas, obtendo-se, então, um número “crisp” representativo do consumo de energia elétrica daquele consumidor em análise.

5. CONCLUSÕES

A lógica nebulosa vem sendo empregada com sucesso em diferentes áreas da engenharia. No contexto desse trabalho, o emprego desse tipo de lógica se justifica na medida em que a influência de diversas variáveis no comportamento da carga elétrica e no consumo de energia de consumidores residenciais, comerciais e industriais por ser de difícil modelagem analítica.

Este trabalho ainda se encontra em fase de implementação, possuindo portanto conclusões parciais.

Dos resultados obtidos até o presente momento, pode-se afirmar que é possível modelar a carga elétrica de maneira efetiva e eficiente, utilizando-se abordagem híbridas de modelagem heurística e inteligência computacional.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, PUC Campinas, e do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

REFERENCIAS

- [1] DOI Narendra, K. S. & Parthasarathy, K. (1990). Identification and control of dynamical systems using neural networks. IEEE Trans. on Neural Networks, 1(1), 4–27.
- [2] Souza, Orlando Tadeu Lima De. Desenvolvimento de um modelo fuzzy para determinação do calor latente com alicação em sistemas de irrigação. 2004. 113 f. Tese(Doutorado) - Curso de Agronomia (energia Na Agricultura), Unesp - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu, 2004.
- [3] Mota, Lia Toledo Moreira. Métodos de previsão do comportamento da carga na recomposição de sistemas de energia elétrica. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
- [4] Gomide, Fernando Antonio Campos; Gudwin, Ricardo Ribeiro (1994) - Modelagem. Controle, Sistemas E Lógica Fuzzy, SBA Controle & AutomaçãoNo1.4 n03/setembro-outubro