

PREVISÃO DE DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO A LÓGICA FUZZY

Tafarel Franco Milke

Acadêmico do Curso de Pós Graduação em Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
tafarelmilke@mail.ufsm.br

Marcelo Weber Fuhrmann

Eng. Eletricista - Departamento Municipal de Energia de Ijuí - DEMEI
marcelo@demei.com.br

Felipe Nicoletti Lima; Everton César dos Santos; José Oizimas Júnior

Acadêmicos do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Regional do
Noroeste do Estado do RS - UNIJUÍ
felipe@demei.com.br; astro.c@hotmail.com; oizimas@gmail.com

Resumo. *O presente trabalho apresenta um estudo de previsão de demanda no médio prazo utilizando a Lógica Fuzzy para um sistema de distribuição de média tensão de uma pequena concessionária do sul do País. O estudo compreende o processo de seleção das variáveis, criação das regras e a determinação das projeções de crescimento. A proposta foi desenvolvida no software Matlab®, com dois modelos de previsão, um para o período quente (verão e primavera) e outro para o período frio (outono e inverno), apresentando com resultado uma taxa percentual de crescimento anual médio de 8% para o sistema em estudo.*

Palavras-chave: *Previsão, Demanda, Fuzzy.*

aspectos, ainda há falta de investimentos na expansão e manutenção do setor, o que tem levado os sistemas a operarem perto de seus limites de carregamento.

Com isso, as ferramentas de planejamento dos sistemas de distribuição se tornam necessárias para prever o acréscimo de carga, de forma a atender as futuras solicitações do mercado consumidor.

A previsão de carga é um processo de extrema importância no setor elétrico sendo referência para programação do planejamento da geração de energia, transmissão, compra e venda de energia, contratação de demanda, comutação de cargas e reavaliação do sistema de distribuição.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o acelerado desenvolvimento social e econômico do País reflete-se no impulsionamento das atividades de diversos setores, provocando a necessidade de aumento da produção, consequentemente, do consumo de energia elétrica.

O grande aumento da demanda de energia elétrica nos últimos anos tornou o controle e operação do sistema uma tarefa cada vez mais complexa. Além desses

2. PREVISÃO DE DEMANDA

Diversos são os métodos para a realização da previsão de carga, que surgiram da necessidade para atender as futuras solicitações de cargas, e assim, se tornaram essencial para o controle, análise operação e planejamento do setor elétrico.

A previsão de demanda pode ser dividida em quatro horizontes: curtíssimo, curto, médio e longo prazo. O horizonte será determinado pela aplicação para a qual será utilizada a previsão. O horizonte de médio

prazo é o objetivo do trabalho, seu período de projeção pode variar de semanas a um ano (BORDIGNON, 2012).

Na previsão de carga para médio prazo utilizam-se intervalos mensais até um ano. Geralmente este tipo de previsão é realizado para o suprimento de combustível, programas de manutenção, planejamento da produção, planejamento da operação de reservatórios e planejamento para contratação do suprimento de energia elétrica.

3. LÓGICA FUZZY

3.1 Introdução

Nos últimos anos a Lógica Fuzzy vem ganhando destaque nas mais diversas áreas. O fato de introduzir o conceito de inteligência artificial possibilitou a emulação de características do comportamento humano no controle de processos, garantindo a modelagem matemática de processos complexos (KNAK NETO, 2012).

Ao permitir explicar essas regras do pensamento humano até então inviáveis, a lógica Fuzzy mostrou-se capaz de modelar processos complexos e não lineares.

Uma série recente de trabalhos e tutoriais da IEEE – Power Engineering Society vem demonstrando a importância da lógica Fuzzy, através da aplicação de controladores baseados em lógica Fuzzy na área de sistemas elétricos de potência (MAMLOOK, 2009).

A aplicação da Lógica Fuzzy nos Sistemas de Potência tem atingido tanto a área de planejamento quando de operação. O planejamento inclui a expansão do sistema, bem como a manutenção de médio e longo prazo e na operação inclui avaliação de segurança, previsão de carga, proteção e diagnósticos (EL-HAWARY, M. E., 1998, p. 9; KNAK NETO, 2012).

Todavia, essa não é uma tarefa trivial, é muito difícil apresentar um modelo acurado e aproximado para a projeção dos índices de

crescimento da demanda de um sistema de distribuição de energia elétrica, pois cada entrada é influenciada por diversas características diretamente e indiretamente.

A escolha da Lógica Fuzzy como metodologia a ser aplicada pode representar de forma adequada o problema analisado, uma vez que essas incertezas possam ser expressas por variáveis linguísticas, a demanda do sistema e, conseqüentemente, os fatores de entrada podem ser avaliados através da abordagem Fuzzy.

Partindo dessas premissas, na etapa de modelagem do problema utilizando um sistema Fuzzy para realizar a previsão de carga é apresentado o processo de escolha e organização das variáveis de entrada, o processo de modelagem Fuzzy, o qual mostra a definição e o ajuste dos conjuntos Fuzzy, a etapa de definição das regras e o processo de defuzzificação a partir da saída de cada controlador, o qual terá como resultado final, com os índices de crescimento de demanda.

A escolha das variáveis a serem consideradas como entrada de sistema Fuzzy é uma etapa fundamental no desenvolvimento da metodologia, pois elas devem representar as características que influenciam no comportamento da demanda da forma mais precisa possível.

A avaliação do comportamento da demanda através de um modelo Fuzzy não depende apenas do histórico de demanda, mas também das características do sistema e dos fatores diretamente envolvidos, tais como, as condições climáticas.

3.2 Estudo de Caso

O objetivo geral deste trabalho tem-se o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio ao planejamento de um sistema de distribuição, com a capacidade de determinar a previsão de carga para médio prazo, de acordo com características físicas, operacionais e climáticas de um sistema de distribuição de energia elétrica.

A escolha das variáveis de entrada do sistema *Fuzzy* foi realizada buscando atender as características do sistema, respeitando os aspectos relacionados à Lógica *Fuzzy*, foram escolhidas inicialmente as seguintes variáveis de entrada:

- Demanda;
- Temperatura.

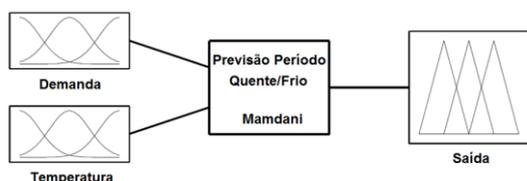


Figura 1. Mapeamento entre entradas e saídas de um sistema *Fuzzy*

Conforme figura 1 é possível visualizar as entradas do sistema *Fuzzy*: demanda e temperatura, obtendo-se apenas a uma saída.

O sistema foi implementado no software Matlab®, o qual possui um toolbox específico para o desenvolvimento de sistemas *Fuzzy*. O modelo desenvolvido considerou dois períodos do ano, período quente e período frio.

Definidos as entradas, essas passaram a ser expressas como variáveis linguísticas, com o papel de expressar qualitativamente, através de termos linguísticos.

As variáveis linguísticas são fundamental no desenvolvimento de sistemas *Fuzzy*, pois são elas que possibilitam a interface entre a análise qualitativa e quantitativa na Lógica *Fuzzy*.

A próxima etapa é a definição das regras *Fuzzy*, elas têm por finalidade a descrição de situações específicas de um determinado problema, possibilitando, assim, a análise de especialistas, cuja inferência conduz ao resultado desejado.

Nesta etapa, são analisadas as variáveis de entradas, seu comportamento, e assim, descrevem-se através das regras suas várias possibilidades.

Os sistemas baseado em regras apresentam basicamente quatro blocos funcionais: um processador de entrada para

fuzzificação dos dados, base de regras, *inferência Fuzzy* e um processador de saída que realiza a *defuzzificação*.

Primeiramente as variáveis de entrada são transformadas para o domínio *Fuzzy*, a base de regras estabelece as relações entre as variáveis linguísticas, na etapa *Fuzzy* cada proposição é traduzida matematicamente para simular as tomadas de decisões e por fim na etapa de *defuzzificação* as saídas *Fuzzy* são processadas, resultando em valor real e concreto.

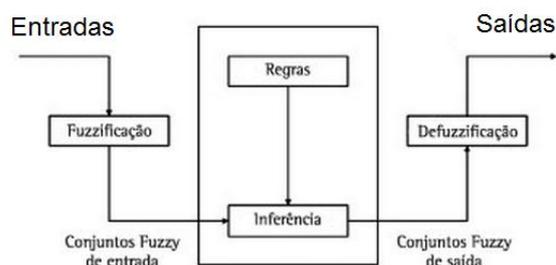


Figura 2. Sistemas baseados em regras *Fuzzy*

O método Mamdani foi utilizado por ser um método clássico e toda conclusão se caracteriza por regra específica um termo nebuloso dentre um conjunto fixo de termos.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Com a aplicação da técnica, as simulações apresentaram os seguintes resultados apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Saída dos Controladores *Fuzzy* – Resultados Percentuais de Crescimento por horizontes mensais

Mês	Período Frio	Período Quente
	Previsão de Cresc. da Demanda %	Previsão de Cresc. da Demanda %
1	8,22	7,66
2	8,71	7,89
3	7,97	8,43
4	7,99	8,11
5	8,33	8,34
6	8,24	7,99

De forma geral, os resultados apresentados para o sistema em estudo

refletem a caracterização apresentada pelas variáveis de entrada. Esse valor de saída é muito importante, pois além de ser variável de entrada do nível principal do sistema de avaliação, ele pode servir como um fator norteador nas ações de planejamento e operação da distribuição.

Considerando os resultados apresentados, é possível notar que os ajustes definidos pelo sistema de previsão tem uma relação com o histórico de demanda, o qual é caracterizado pela variável de entrada demanda.

Essa relação era desejada, pois ela serve como referência para definição das projeções futuras de demanda.

5. REFERÊNCIAS

ALTRAN, A. B. **Sistema Inteligente para Previsão de Carga Multinodal em Sistemas Elétricos de Potência**. Tese de doutorado - Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2010.

BORDIGNON, S. **Metodologia para Previsão de Carga de Curtíssimo Prazo Considerando Variáveis Climáticas e auxiliando na Programação de Despacho de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Dissertação de Mestrado. Alegrete, 2012.

EL-HAWARY, M. E. **Electric Power Applications of Fuzzy Systems**. Piscataway: IEEE Press, 1998. 341 p.

GUIRELLI, C. R. **Previsão da Carga de Curto Prazo de Áreas Elétricas Através de Técnicas de Inteligência Artificial**. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo – Escola Politécnica – Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, São Paulo, 2006.

KNAK NETO, N., **Sistema Multivariável para Avaliação de Desempenho e Estabelecimento de Limites de**

Continuidade de Fornecimento de Energia utilizando a Lógica Fuzzy. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria - Santa Maria, 2012.

MAMLOOK, R., Badran, O., Abdulhadi, E. (2009). **A Fuzzy Inference Model for Short-Term Load Forecasting**, Energy Policy, vol. 37, pp. 1239-1248.

POSSELT, E. L. **INFUZZY – Ferramenta para Desenvolvimento de Aplicações de Sistemas Difusos**. Dissertação de Mestrado. Santa Cruz do Sul, 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo para determinação das variáveis que influenciam no crescimento da demanda de uma distribuidora de energia foi bem abrangente e detalhado.

As variáveis utilizadas foram obtidas a partir dos registros armazenados, cujo processo de registro e armazenamento é padronizado e totalmente passível de auditoria. Isso se torna outro ponto positivo, pois garante mais precisão ao sistema de previsão e possibilita que esse seja aplicado a qualquer distribuidora de energia, uma vez que a base de dados utilizada pode ser padronizada.

A escolha pela Lógica Fuzzy como ferramenta para previsão de demanda para distribuidoras de energia deu-se, fundamentalmente, devido a sua ampla e bem sucedida aplicação nas mais diversas áreas de conhecimento. Estudos preliminares realizados no início do trabalho mostram que a lógica se adaptaria bem ao problema, o que de fato se comprovou ao decorrer do desenvolvimento da metodologia.

Ao classificar as variáveis de entrada no controlador *Fuzzy*, possibilitou-se, além da simplificação da análise, a obtenção de índices com desempenho satisfatórios.