



A MONITORAÇÃO DA CONDIÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO ATRAVÉS DA LÓGICA FUZZY

S Werneck; I Silva; J Slama

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Faculdade de Arquitetura, Escola de Engenharia, COPPE/PROARQ

Endereço para correspondência: Rua General Artigas, 352/1002 – Leblon, Rio de Janeiro, Cep 22450-010

e-mail: sivabfw@painet.com.br; jules@serv.com.ufrj.br

Resumo

O presente trabalho objetiva associar conforto térmico do ambiente construído, um conceito subjetivo, cujas variáveis apresentam limites com pouca precisão, e a monitoração destas condições, com a aplicação de sistemas especialistas fuzzy.

O estudo baseia-se na utilização de variáveis de entrada, com rótulos subjetivos, associados ao clima (temperatura e umidade), para, a partir de determinadas regras de inferência, gerar saída em conforto. A lógica fuzzy mostra-se apropriada à monitoração e ao controle do conforto do ambiente construído, porque lida com a imprecisão da variável.

Abstract

This paper presents the association of in-house thermal comfort, a subjective variable, with imprecise boundaries, with a control system of given environmental conditions, using fuzzy logic, for computing methods.

The analysis is done focusing the utilization of input membership functions, with subjective labels, associated with the climatic conditions (temperature and humidity); and with the application of some specific inference rules, the output variable comfort is evaluated.

1 Introdução

A condição de conforto térmico, é reconhecidamente um dos fatores que contribuem para melhorar a qualidade de vida. O conforto térmico ambiental, objeto de estudo neste trabalho, pode ser também descrito como a sensação de satisfação do usuário

em relação ao ambiente, onde seu metabolismo não consome muita energia para se auto regular.

Ao ser considerada, a sensação de conforto térmico lida com variáveis que não apresentam limites bem definidos, ao serem rotulados por alto, médio, baixo. Para se monitorar a condição de conforto através de sistemas computacionais, é necessário associá-las a valores concretos das variáveis climáticas, no caso, temperatura e umidade, obtidos através de sensores, convenientemente instalados no ambiente de estudo.

Utilizando alguns conceitos da tabela de Mahoney, e a carta biolimática adotada para o Rio de Janeiro, foram elaboradas regras de inferência, que nos sistemas computacionais de tomada de decisão, baseadas em lógica fuzzy, darão como resposta a condição de conforto.

2 CONFORTO AMBIENTAL, UMA SENSAÇÃO

Conforto ambiental como uma sensação de bem estar, remete à satisfação no espaço em que se vive ou se está. Muito frequentemente percebe-se sensações que vão além dos limites de conforto e da tolerância. As sensações são a resposta humana aos estímulos nervosos provocados pelas características físicas de um determinado ambiente, um processo que pode ser descrito, nunca mensurado de forma concreta. Da interpretação destas sensações resulta a cognição que é um processo infinitamente mais complexo, influenciado pela memória, desejos e necessidades individuais.

Na cognição além dos elementos físicos e fisiológicos, entram dados psicológicos que alteram substancialmente a qualidade do que é percebido. Assim a sensação de conforto varia de pessoa a pessoa, de acordo com a população de cada região e o costume de viver numa determinada localidade que tem seu próprio padrão de conforto.

Diz-se que um ambiente é confortável quando satisfaz os níveis psicológicos e sensoriais dos sentidos, de calor, som, luz, olfato e tato. É possível que ao alterar uma determinada variável haja interferência no estado de outra variável sendo produzido assim, um outro tipo de desconforto. Por exemplo, para se manter o conforto térmico, pode-se abrir janelas, que, ao introduzir o ruído no ambiente, interfere na condição de conforto acústico.

3 A MONITORAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO

Sendo a teoria fuzzy usada em modelo qualitativo de tomada de decisão, pode ser utilizada na associação de condições atmosféricas à qualidade de conforto térmico. As variações atmosféricas se relacionam à variação de parâmetros atmosféricos, o que é observado no tempo e no espaço.

Não basta, então, identificar as condições ambientais associadas à radiação solar (fonte de luz e calor), à ventilação natural à umidade do ar e à temperatura, mas

também adotar procedimentos visando obter conforto térmico, reconhecendo a finalidade do ambiente e seu usuário.

Experimentalmente pode-se fazer uma análise do problema e estabelecer regras organizando as sensações geradas pelas condições ambientais como primárias e o conforto gerado como sensação secundária.

4 RELAÇÕES COM VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

No estudo foi adotado um sistemas especialista fuzzy, cujas variáveis de entrada analisadas foram Temperatura e Umidade e cuja a saída, é a também variável, Conforto. A cada variável de entrada estão associados vários subconjuntos fuzzy abrangendo o Universo do discurso.

A saída será a condição de conforto, classificada de 0 a 100, em percentual, sendo 0% referente a nenhum conforto e 100% a conforto total.

A temperatura, como mostrada na figura 1, foi classificada em:

Temperatura baixa – até 10°C, frio com pertinência 1 e 30°C com pertinência 0

$$\mu_{tb}(10^{\circ}\text{C}) = 1; \mu_{tb}(30^{\circ}\text{C}) = 0$$

Temperatura média – em 5°C e 35°C com grau de pertinência 0 e 25°C com pertinência 1

$$\mu_{tm}(5^{\circ}\text{C}) = 0; \mu_{tm}(25^{\circ}\text{C}) = 1; \mu_{tm}(35^{\circ}\text{C}) = 0$$

Temperatura alta – a partir de 20°C com pertinência 0 até 40°C ou mais com pertinência 1

$$\mu_{ta}(20^{\circ}\text{C}) = 0; \mu_{ta}(40^{\circ}\text{C}) = 1$$

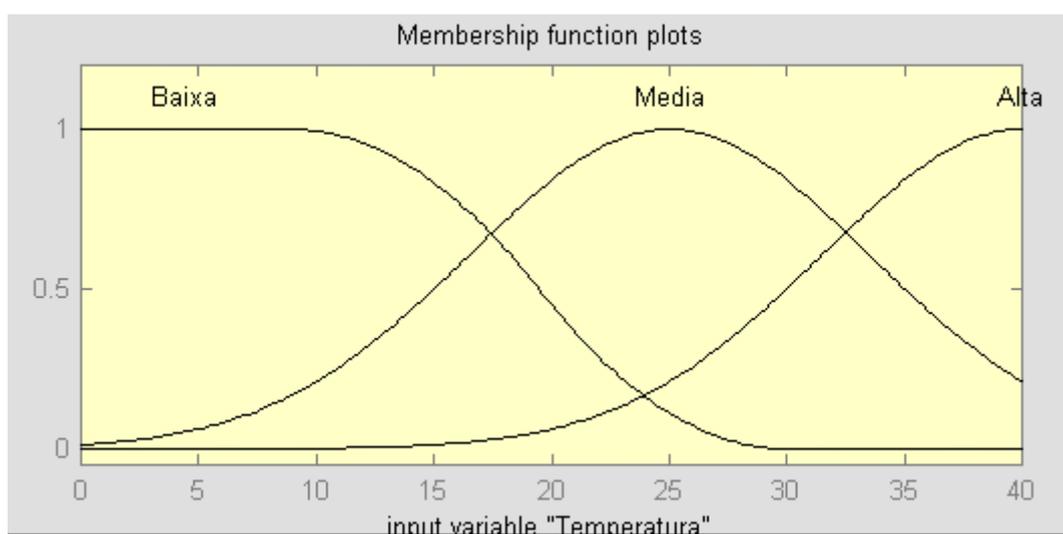


Fig. 1 Gráfico da variável Temperatura

Para a classificação de Umidade, figura 2, tem-se:

Umidade baixa – a partir de 20% com pertinência 1, até 60% com pertinência 0

$$\mu_{ub}(20\%) = 1; \mu_{ub}(60\%) = 0$$

Umidade média – em 20% e 90% com pertinência 0, passando por 65% com pertinência 1

$$\mu_{um}(20\%) = 0; \mu_{um}(65\%) = 1; \mu_{um}(90\%) = 0$$

Umidade alta – a partir de 50% com pertinência 0, até e a partir de 80% com pertinência 1

$$\mu_{ua}(50\%) = 0; \mu_{ua}(80\%) = 1$$

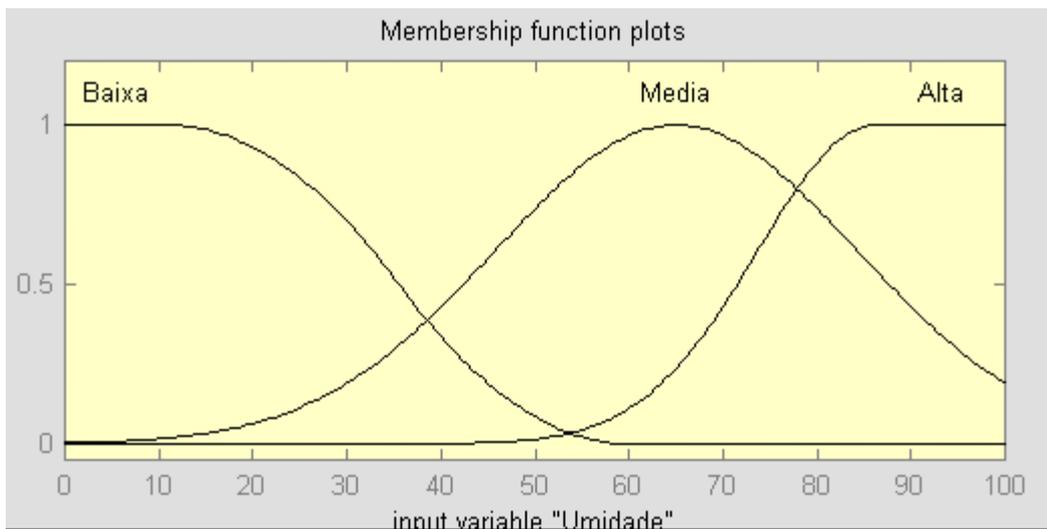


Fig.2 Gráfico da variável Umidade

Para classificar a variável de saída conforto foi necessário adotar o padrão; temperatura de 25°C e umidade de 60%, tendo como regra de inferência o modelo:

Se < Temperatura **T** e Umidade **U** >, então < Conforto **C** >.

Estabelecendo-se, então, como visto na figura 3, os parâmetros para conforto:

Conforto baixo – até 0% com pertinência 1, até 30% com pertinência 0

$$\mu_{cb}(0\%) = 1; \mu_{cb}(30\%) = 0$$

Conforto aceitável – em 30% com pertinência 1 e 0% e 50% com pertinência 0

$$\mu_{ca}(0\%) = 0; \mu_{ca}(30\%) = 1; \mu_{ca}(50\%) = 0$$

Conforto médio – em 50% com pertinência 1 e 30% e 80% com pertinência 0

$$\mu_{cm}(30\%) = 0; \mu_{cm}(50\%) = 1; \mu_{cm}(80\%) = 0$$

Conforto bom – em 70% com pertinência 1 e 40% e 100% com pertinência 0

$\mu_{cbo}(40\%) = 0$; $\mu_{cbo}(70\%) = 1$; $\mu_{cbo}(100\%) = 0$

Conforto ótimo – com 100% com pertinência 1 e 70% com pertinência 0

$\mu_{ca}(70\%) = 0$; $\mu_{ca}(100\%) = 1$

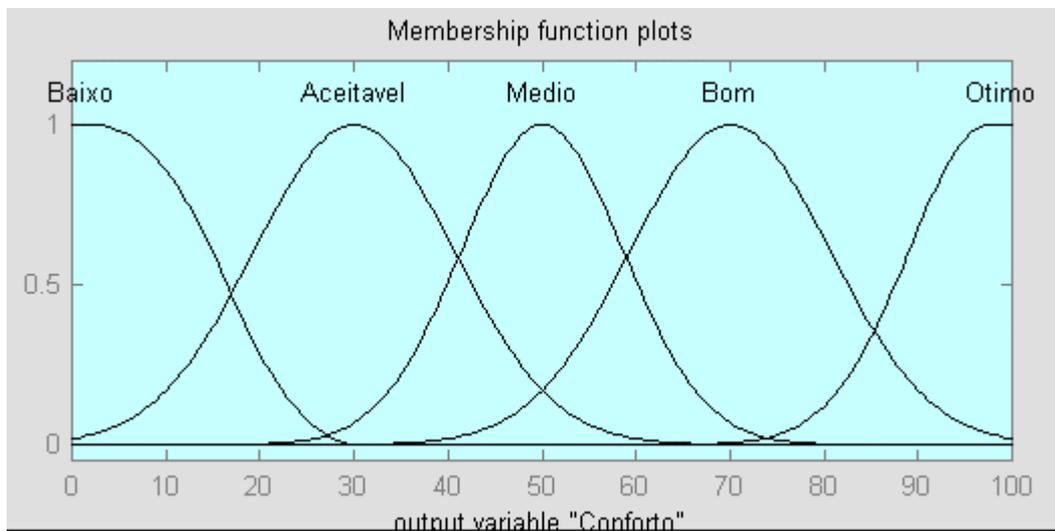


Fig 3 Gráfico da variável Conforto

5 Resultado Computacional

Foram utilizados os programas de lógica fuzzy MatLab e Fide, para se chegar aos resultados apresentados.

Analisando o resultado da variável conforto, pode-se dizer que:

Conforto baixo e aceitável necessitam de correção através de condicionamento de ar,

Conforto médio pode ser melhorado por ventilação e

Conforto bom e ótimo não necessita de interferência.

O mostrado na figura 4 refere-se a visualização das regras adotadas, considerando o par temperatura de 25.9°C e a umidade de 53%, chegando-se ao conforto de 70,1%.

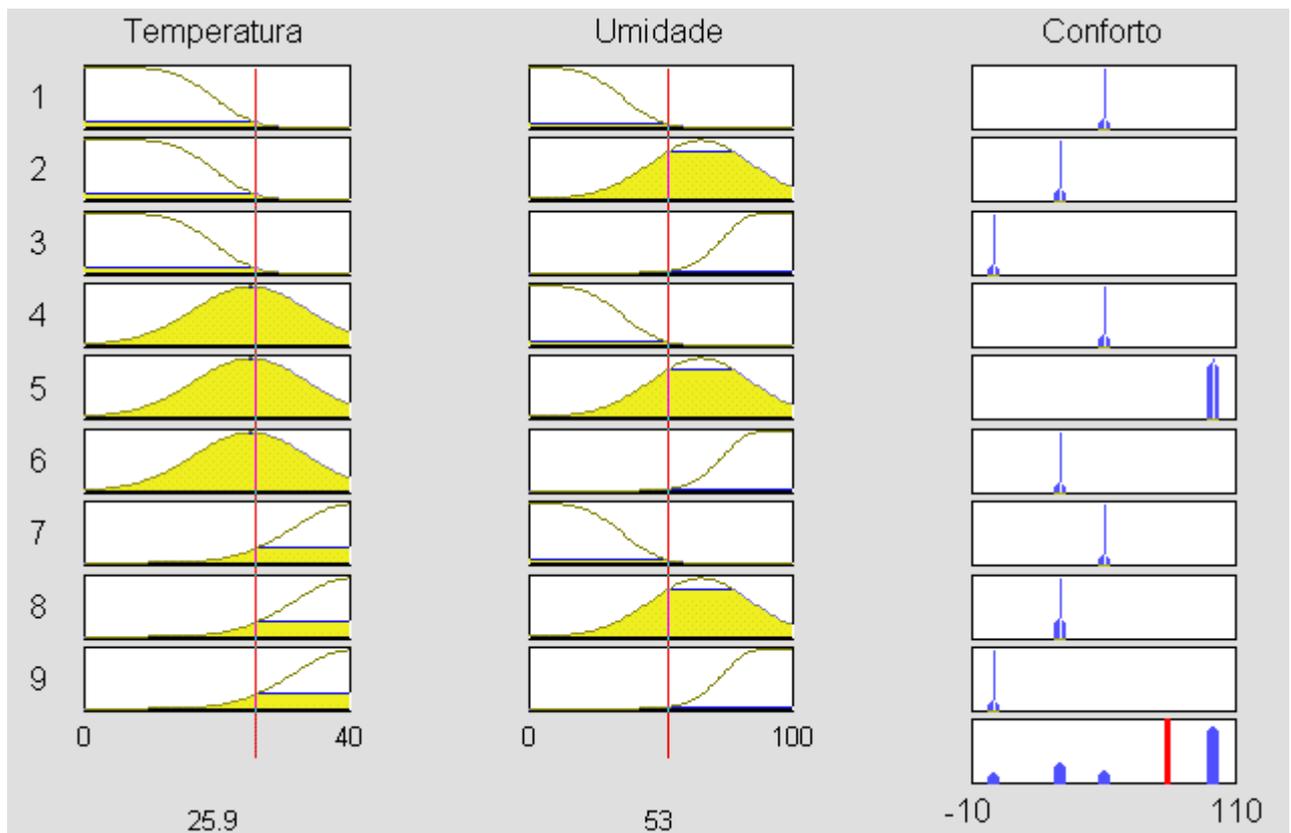


Fig. 4 Visualização da aplicação das regras

Na figura 5 vê-se a superfície gerada, em função das regras de inferência sugeridas, onde o ponto mais alto, amarelo no gráfico, determina o máximo de conforto para a condição proposta, e a superfície azul, o ponto mínimo.

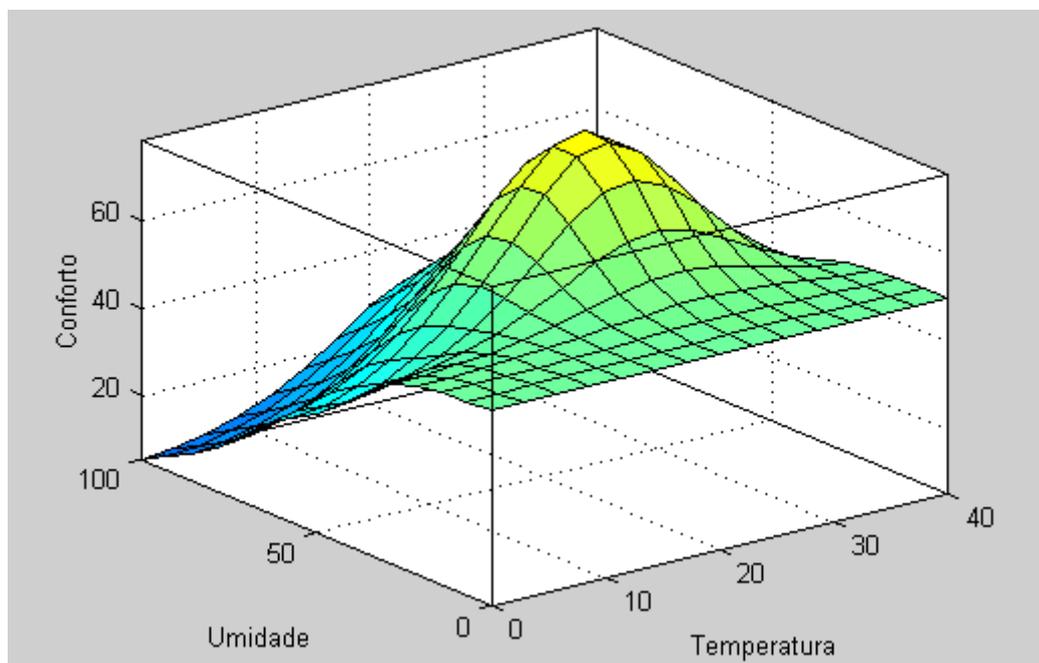


Fig.5 Superfície gerada para conforto

Assim, usando o mesmo raciocínio, a variável conforto, com rótulos baixo, aceitável e médio, passa a ser a variável de entrada de outro sistema fuzzy, que determinará a potência do motor para o condicionamento de ar ou ventilação, conforme o caso.

Os resultados encontrados nos programas podem apresentar algumas variações em relação aos métodos adotados. "Muitos desfuzzyficadores foram propostos na literatura, entretanto não há bases científicas para eles, (isto é, nenhum desfuzzyficador foi derivado de um primeiro princípio, alguns como maximização de informação fuzzy ou entropia); conseqüentemente, desfuzzyficação é sentimento ao invés de ciência." (MENDEL, 1995, 368).

6 Conclusões

Neste trabalho procurou-se apontar uma metodologia para tratar de conforto térmico ambiental, através de sistema especialista fuzzy. Os resultados são encorajadores apesar de poderem ser melhorados através de uma otimização das regras de inferência utilizadas e das funções de pertinência consideradas (otimização dos algoritmos genéticos).

Neste momento pode-se, através da tecnologia da informação, equipar determinado ambiente com mecanismos para a movimentação de brises, se for o caso, ou a abertura de janelas até o acionamento do aparelho de ar condicionado.

Desta forma o resultado de conforto naquele instante, para determinada situação pode ser analisado e ações corretivas podem ser tomadas no intuito de manter a sensação de conforto. A abertura ou fechamento de janelas e brises não permitem que o ambiente interior se modifique gerando necessidade de modificação na atividade do metabolismo do usuário.

7 Bibliografia

BARBOSA, Tarcila, *Esboço de uma nova abordagem da análise de sistemas complexos e processos de decisão*, apostila PROARQ/FAU/UFRJ, 1997.

GOULART, Solange, *Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras*, 2 Ed., Núcleo de Pesquisa em Construção, UFSC, 1998.

JANG, J. S. Roger, *MatLab – Fuzzy Logic Toolbox*, Version 1, User's guide, 1997.

KOENIGSBERGER, O. H., et al., *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*, Madrid: Paraninfo S.A.

MENDEL, Jerry, *Fuzzy Logic Systems for Engineering: A tutorial*, Proceedings of IEEE, Vol. 83, nº3, 345-377, March, 1995.

NIEMEYER, M^a Lygia, *Ruído Urbano e Arquitetura em Clima Tropical Úmido*, Dissertação de mestrado, FAU/UFRJ, 1998.

OLGYAY, Victor, *Design with Climate – Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, New York, Van Nostrand Reinhold, 1992.

ROSA, Lourdes, *Arquitetura e Meio Ambiente – Bioclimatismo*, 1991

WERNECK, Siva, *Domótica: União de arquitetura e Tecnologia da informação na edificação residencial urbana*, Dissertação de mestrado, FAU/UFRJ.

FIDE User's Manual, version 2 Apronix, 1994.