

Análise Matemática de condições de conforto térmico para avicultura usando a teoria dos conjuntos fuzzy

M. Amendola¹, M. J. Castanho, I. A. Naas, A. L. Souza

Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 13.083-970 – Campinas, SP.

Resumo. Esta pesquisa utiliza uma ferramenta matemática promissora na análise de sistemas e/ou processos das diversas áreas da Engenharia Agrícola, particularmente na área de Construções Rurais e especificamente para a área de Produção Animal. Tal ferramenta é a desenvolvida segundo a abordagem da teoria dos Conjuntos Fuzzy, a qual, neste caso específico, permite analisar como a composição das variáveis climáticas independentes, tais como a temperatura e umidade relativa do ar, influenciam a variável dependente denominada conforto térmico. Para tanto é necessária a construção de regras baseadas na intuição humana segundo o conhecimento de especialistas da área, a partir das quais é possível simular cenários distintos para o suporte à decisão de construção do galpão para a criação de matrizes de frango de corte. Os resultados foram analisados usando o ambiente de computação científica MATLAB[®] 6.0, o que pode ser realizado interativamente a cada cenário gerado.

Palavras-chave: *Análise matemática, suporte à decisão, conforto térmico, avicultura.*

1. Introdução

A criação atual de frangos de corte é uma atividade que envolve níveis elevados de investimentos (Camargo, 1997) e, portanto, alguns critérios quanto ao planejamento da granja devem ser considerados quando se quer garantir maior produtividade e redução de gastos.

Neste sentido, um dos grandes desafios na área da ambiência na avicultura atual, é estabelecer o estado de conforto térmico das aves. As respostas de animais domésticos ao micro-ambiente a que estão expostos têm sido estudadas intensivamente, no sentido de se entender o funcionamento dos mecanismos homeostáticos (Curtis, 1983; Wathes, 1994).

¹amedola@agr.unicamp.br

Entretanto, as ferramentas matemáticas até então utilizadas, não se mostraram atrativas para descrever a interação adequada das variáveis envolvidas, devido a dificuldade de se analisar o grande volume de informação para o estabelecimento de condições adequadas na construção de galpão para animais, que exibem incertezas graduais e subjetivas como “em torno de”, “aproximadamente”, entre outras denominadas lingüísticas.

Nesse sentido, a introdução dos conhecimentos da Teoria dos Conjuntos Fuzzy introduzida por Lofti Zadeh (Zadeh, 1965), mostra-se inovadora e justifica o objetivo deste trabalho: analisar como a composição das variáveis climáticas independentes, tais como a temperatura e umidade relativa do ar, influenciam a variável dependente denominada conforto térmico, usando a Teoria dos Conjuntos Fuzzy.

2. Material e Métodos

As variáveis independentes constituem intervalos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e de umidade relativa do ar (%) sobre os quais são definidas as variáveis denominadas lingüísticas. A variável dependente, denotada por conforto térmico, constitui intervalos, também classificados segundo o mesmo conceito. Todas as classificações são formuladas segundo informações em (Pereira, 2002), baseado nos trabalhos de Tinôco (2001) e Costa (1994) como consta na Tabela 1.

Tabela 1: Classificações do estado de conforto térmico como função da Temperatura T ($^{\circ}\text{C}$) e Umidade Relativa UR (%) do ar.

UR (%)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)				
	<12	12–21	21–24	24–29	>29
< 70	ruim	médio	bom	bom	ruim
70–80	ruim	bom	bom	médio	ruim
> 80	ruim	médio	bom	ruim	ruim

O método de inferência ou fuzzificação é o método de Mamdani, que combina os graus de pertinência referentes a cada um dos valores de entrada, através do operador mínimo e agrega as regras através do operador máximo. A transformação dos resultados fuzzy em um valor numérico, que deve ser obtido por um método de defuzzificação, é o método do centro de gravidade.

A análise é realizada utilizando-se o ambiente computacional MATLAB[®] 6.0, segundo o que consta em Amendola e Souza (2004).

À medida que foram procedidas as análises para o cenário simulado, os valores da Tabela 1 foram alterados, em função das regras sugeridas por especialista.

3 Resultados e Discussão

Para a variável lingüística umidade relativa, foi considerado o domínio no intervalo $[50, 100]$, representando as faixas < 70 , $70-80$ e > 80 pelos termos lingüísticos: baixa, média e alta, respectivamente. As funções de pertinência selecionadas foram trapezoidais, mas podem ser alteradas após consulta ao especialista.

Para a variável lingüística temperatura, foi considerado o domínio no intervalo $[5, 35]$, representado as faixas < 12 , $12-21$, $21-24$, $24-29$ e > 29 pelos termos: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta; também com funções de pertinência trapezoidais.

Para construir a base de regras é necessário fuzzificar a variável de saída. Tomando por base as questões incertas, com relação aos limites do conforto ambiental para matrizes de frango de corte, que atualmente aparecem na literatura, foi criado um cenário para a variável de sensação de conforto térmico com os termos: ruim, médio e bom, num domínio $[0, 1]$ de forma que o valor próximo do zero indica a pior sensação e perto do 1, a melhor.

A Base de Regras composta por uma coleção de proposições Fuzzy, apresentadas na forma se-então, foi construída a partir da informação da Tabela 1 e com auxílio do especialista, do que se obtém o que mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Composição da Base de Regras utilizando as variáveis de entrada (Umidade Relativa – UR e Temperatura – T) e de saída (Conforto Térmico – CT).

1.	Se	(UR é Baixa)	e	(T é Muito-baixa)	então	(CT é Ruim)	(1)
2.	Se	(UR é Baixa)	e	(T é Baixa)	então	(CT é Médio)	(1)
3.	Se	(UR é Baixa)	e	(T é Média)	então	(CT é Bom)	(1)
4.	Se	(UR é Baixa)	e	(T é Alta)	então	(CT é Bom)	(1)
5.	Se	(UR é Baixa)	e	(T é Muito-alta)	então	(CT é Ruim)	(1)
6.	Se	(UR é Média)	e	(T é Muito-baixa)	então	(CT é Ruim)	(1)
7.	Se	(UR é Média)	e	(T é Baixa)	então	(CT é Bom)	(1)
8.	Se	(UR é Média)	e	(T é Média)	então	(CT é Bom)	(1)
9.	Se	(UR é Média)	e	(T é Alta)	então	(CT é Médio)	(1)
10.	Se	(UR é Média)	e	(T é Muito-alta)	então	(CT é Ruim)	(1)
11.	Se	(UR é Alta)	e	(T é Muito-baixa)	então	(CT é Ruim)	(1)
13.	Se	(UR é Alta)	e	(T é Baixa)	então	(CT é Médio)	(1)
13.	Se	(UR é Alta)	e	(T é Média)	então	(CT é Bom)	(1)
14.	Se	(UR é Alta)	e	(T é Alta)	então	(CT é Ruim)	(1)
15.	Se	(UR é Alta)	e	(T é Muito-alta)	então	(CT é Ruim)	(1)

Nesta Tabela 2, os valores entre parênteses indicam o peso da informação, que pode estar em $[0, 1]$, dependendo da indicação pelo especialista.

A Figura 1 mostra a variação não-linear da sensação de conforto térmico, como função da Umidade Relativa e Temperatura do ar e foi gerada a partir da Base de Regras estabelecidas na Tabela 2.

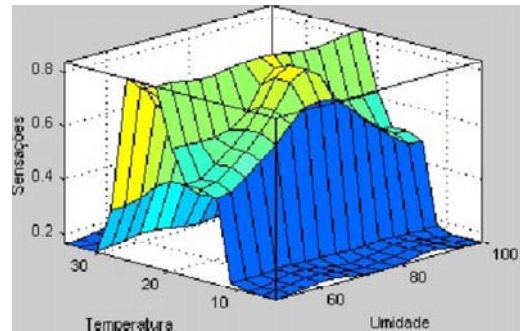


Figura 1: Sensação térmica como função da temperatura e umidade relativa do ar.

Isto posto, e dados valores de temperatura e umidade relativa do ar, tem-se como resultado a inferência de um valor, no intervalo $[0,1]$ que representa a sensação de conforto térmico das matrizes. Neste sentido, é possível obter uma saída do sistema de inferência para, por exemplo, uma temperatura de $16,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $60,8\%$, e, após a defuzzificação encontra-se $\alpha = 0,595$, orientando que estas temperatura e umidade relativa do ar geram condições de um ambiente de sensação de conforto térmico médio.

Este resultado auxilia no suporte a decisão do controle da climatização do galpão, garantindo assim uma melhor produção. Isso em geral é realizado pela manutenção da variável temperatura, uma vez que o controle da umidade relativa mostra-se operacionalmente complexo.

4. Conclusões

O uso da teoria dos Conjuntos Fuzzy é de interesse e utilidade para a continuidade de pesquisas desta natureza pois permite a flutuação dos parâmetros com resultados que concordam com as regras estabelecidas por especialistas, o que reforça e concorda com o que consta na literatura (Barros e Bassanezi, 2001; Pedrycz e Gomide, 1998).

Nesse sentido, já vêm sendo criados cenários para suporte a decisão na determinação da zona de termoneutralidade de algumas espécies em produção industrial. Ressalta-se que a interpretação de dados desempenha um papel decisivo nos resultados desse tipo de análise.

O uso dessa técnica pode contribuir com o avanço significativa desta área de pesquisa,

quando seus resultados forem associados aos dados de produção, o que já vem sendo estudado na Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP.

Referências

- Amendola, M. e Souza, A. L. (2004). Manual do uso da teoria dos conjuntos Fuzzy no Matlab^R 6.0. CPG/FEAGRI/UNICAMP. Associação Tecnologia para Todos.
- Barros, L. C. e Bassanezi, R. C. (2001). Introdução à Teoria Fuzzy: Aplicações em Biomatemática. Congresso Latino Americano de Biomatemática – X ALAB - V ELAEM, Notas de mini-curso, Campinas/SP.
- Camargo, A. M. (1997). Um setor de US\$ 63 bilhões. *Avicultura Industrial*, páginas 12–14.
- Costa, C. A. (1994). Pontos críticos do manejo de matrizes, Manejo de Matrizes. Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas. Campinas/SP.
- Curtis, S. E. (1983). *Environmental Management in Animal Agriculture*. Ames: The Iowa State University Press.
- Pedrycz, W. e Gomide, F. (1998). *An Introduction to Fuzzy Sets – Analysis and Design*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Pereira, D. F. (2002). Avaliação do comportamento individual de matrizes pesadas (frango de corte) em função do ambiente e identificação da temperatura crítica máxima. Dissertação de Mestrado, FEAGRI – UNICAMP, Campinas/SP.
- Tinôco, I. F. F. (2001). *Ambiência e instalações na produção de matrizes avícolas*, In: *Ambiência na produção de aves em clima tropical*, organizado por: SILVA, I.J.O, vol. 2, páginas 1–74.
- Wathes, C. M. (1994). *Air and surface hygiene*, In: *Livestock Housing* (Wathes C. M; Charles D. R. eds), páginas 123–148. CAB International, Wallingford.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8:338–353.

