

## Zoneamento bioclimático para bovinos de corte no Brasil com o auxílio de sistemas inteligentes

*Bioclimatic zoning for beef cattle in Brazil with the aid of intelligent systems*

Guilherme Farias Tavares ▪ Elizabeth Lima Carnevskis ▪  
Leonardo Schiassi ▪ Roberto Carlos Filho ▪  
Késia Oliveira da Silva Miranda ▪ Jarbas Honório de Miranda

**GF Tavares** (Autor para correspondência) ▪ **EL Carnevskis**  
▪ **R Carlos Filho** ▪ **KOS Miranda** ▪ **JH Miranda**  
Departamento de Engenharia de Biosistemas, Escola  
Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de  
São Paulo (USP).  
email: tavaresguilherme@usp.br

**L Schiassi**  
Departamento de Engenharia, Universidade Federal de  
Lavras (UFLA).

Recebido: 15 de Junho, 2016 ▪ Revisado: 16 de Agosto, 2016 ▪ Aceito: 16 de Agosto, 2016

**Resumo** Para estabelecer o nível de conforto são necessárias diversas variáveis climáticas. Dessa forma, o uso de sistemas inteligentes pode auxiliar na obtenção de um único valor que expresse a condição que o animal se encontra. Objetivou-se por este trabalho o desenvolvimento de um sistema *fuzzy* para obtenção de um índice de conforto térmico para raças zebuínas e, posteriormente, a elaboração do zoneamento bioclimático para bovinos de corte. O modelo foi desenvolvido em ambiente MATLAB® 8.5 por meio do *toolbox fuzzy* para predição do nível de conforto térmico (ICTZ) a partir das variáveis de entrada: entalpia específica ( $H$ ,  $\text{kJ.kg}_{\text{ar seco}}^{-1}$ ) e velocidade do vento ( $V_v$ ,  $\text{m.s}^{-1}$ ). Foram utilizados uma série histórica de 30 anos com dados médios mensais de 156 estações. Os valores obtidos de ICTZ para cada estação foram interpolados pelo método da *krigagem* ordinária e classificados em quatro condições: perigo, alerta, desconforto e conforto. A região norte apresentou áreas de alerta em todos os meses do ano, sendo que em todo país a condição predominante foi de desconforto, exceto no inverno. Portanto, o uso de sistemas inteligentes se apresentou como ferramenta vantajosa para obtenção do ICTZ e posterior zoneamento bioclimático.

**Palavras-chave:** bovinocultura, ambiência, modelagem *fuzzy*, conforto térmico, *Bos indicus*

### Introdução

O Brasil ocupa o posto de segundo maior produtor e maior exportador mundial de carne bovina e, em 2014, possuía um efetivo de 212,34 milhões de cabeças de gado (IBGE 2015). Todavia, por ser um país de clima tropical,

**Abstract** A diversity of climate variable is necessary to establish the comfort level. Hence, the use of intelligent systems can assist to obtain a unique value that expresses the condition the animal is in. This paper develops a fuzzy system for obtaining a comfort index for zebu and elaborating bioclimatic zones for beef cattle. The model was developed under a MATLAB® 8.5 environment thru the fuzzy toolbox for predicting the thermic comfort index (ICTZ) from the entry variables: specific enthalpy ( $H$ ,  $\text{kJ.kg}_{\text{dry air}}^{-1}$ ) and wind speed ( $V_v$ ,  $\text{m.s}^{-1}$ ). A 30-year history data from 156 stations with monthly average data was used. The ICTZ values obtained for each station were interpolated by ordinary kriging and then classified in four conditions: danger, alert, discomfort and comfort. The North region presented alert areas throughout the whole year. The entire country presented the discomfort condition except for winter. Therefore, the use of intelligent systems became a great tool for obtaining ICTZ and for elaborating bioclimatic zones.

**Keywords:** cattle breeding, ambience, fuzzy modeling, thermal comfort, *Bos indicus*

alguns elementos climáticos, tais como temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar, devem ser considerados para avaliar o contínuo crescimento dessa produção, principalmente devido à importância dessa atividade na economia nacional.

A bovinocultura de corte brasileira é caracterizada pela criação de rebanhos a pasto e carece de estruturas climatizadas que visam o conforto térmico do animal. Dentre as raças de interesse para a produção de carne no Brasil, destacam-se as zebuínas (*Bos indicus*) com uma representatividade de 80% do total do rebanho, sendo o Nelore o mais relevante, com 90% desta parcela (ABIEC 2016).

Tais elementos climáticos afetam diretamente na homeotermia dos bovinos, pois animais que não se encontram dentro da zona de conforto térmico (ZCT) acionam mecanismos termorregulatórios para manutenção da sua temperatura corporal, uma vez que são considerados sistemas termodinâmicos abertos e vivem em constante troca de energia na forma de calor com o ambiente externo (Baêta e Souza 2010). Dessa maneira, animais em estresse térmico transferem a energia metabólica que seria utilizada para seu desenvolvimento produtivo, para a manutenção da temperatura do núcleo corporal.

Segundo Bianchini et al (2006), a ZCT para bovinos depende de fatores como raça, sexo, idade e do grau de tolerância ao calor. Baêta e Souza (2010) consideram que a ZCT para zebuínos encontra-se na faixa entre 10 e 27°C, com limite superior de 35°C; umidade relativa do ar variando de 60 a 70% e velocidade do vento entre 5 e 8 km.h<sup>-1</sup>.

Em razão da importância do ambiente no desempenho animal, para atingir maior eficiência produtiva, deve-se considerar as diferentes características do ambiente de criação nas diversas regiões do país. Diante disso, o zoneamento bioclimático pode auxiliar na otimização da criação e na tomada de decisão dos produtores sobre os rebanhos de bovinos de corte.

Devido a maior disponibilidade de dados meteorológicos e o avanço de sistemas de informações geográficas (SIG), tornou-se possível a elaboração do zoneamento de determinadas regiões. Entretanto, os zoneamentos bioclimáticos muitas vezes são realizados por meio do uso de uma única variável ou índice de conforto térmico empírico (Mendes et al 2014; Carvalho et al 2009) os quais indicam, em um único valor a condição de conforto do animal.

Neste contexto, a lógica *fuzzy* por ser multivalorada e reconhecer diversos valores suscetíveis a um ponto de vista ou graduação, permitindo a generalização de informações associadas ao gerenciamento de incertezas (Tavares e Schiassi 2016) e surge como uma ferramenta capaz de agregar diversas variáveis para obtenção de um índice de conforto térmico e posterior zoneamento das regiões de interesse.

Perante a importância da bovinocultura para a economia brasileira e a relação do desempenho produtivo com as variáveis ambientais, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema *fuzzy* para

obtenção de um índice de conforto térmico para raças zebuínas (*Bos indicus*) e, posteriormente, a elaboração do zoneamento bioclimático do Brasil para bovinos de corte.

## Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. A primeira etapa se refere ao desenvolvimento de um sistema *fuzzy* para predição de um índice de conforto térmico para raças zebuínas (*Bos indicus*). Na segunda etapa, os dados obtidos foram interpolados e classificados para a obtenção de mapas temáticos para todos os meses do ano.

Foram definidas como variáveis de entrada a entalpia específica (H, kJ.kg<sup>-1</sup> de ar seco) e a velocidade do vento (Vv, m.s<sup>-1</sup>) e, com base nas variáveis de entrada, o sistema *fuzzy* prediz o índice de conforto térmico para raças zebuínas (ICTZ). O modelo foi desenvolvido em ambiente MATLAB<sup>®</sup> 8.5 por meio do *toolbox fuzzy*. Na análise, foi utilizado o método de inferência de Mamdani, o qual combina os graus de pertinência referentes a cada um dos valores de entrada mediante o operador mínimo e agrega as regras pelo operador máximo (Leite et al 2010). A defuzzificação foi realizada pelo método de centro de gravidade que considera todas as possibilidades de saída, transformando o conjunto *fuzzy* originado pela inferência, em um valor numérico.

Considerando que as principais variáveis que afetam diretamente o desempenho produtivo dos bovinos são representadas pelos elementos climáticos, optou-se por utilizar H e Vv como entradas do sistema.

A entalpia específica (H) foi selecionada pois, dentre os elementos climáticos que afetam o desempenho produtivo de bovinos, a radiação solar é uma variável de difícil obtenção. Na ausência de instrumentação para sua mensuração, sua estimativa é realizada por meio de modelos que levam em consideração a radiação extraterrestre, a qual é função de fatores como: latitude, época do ano e ângulo horário.

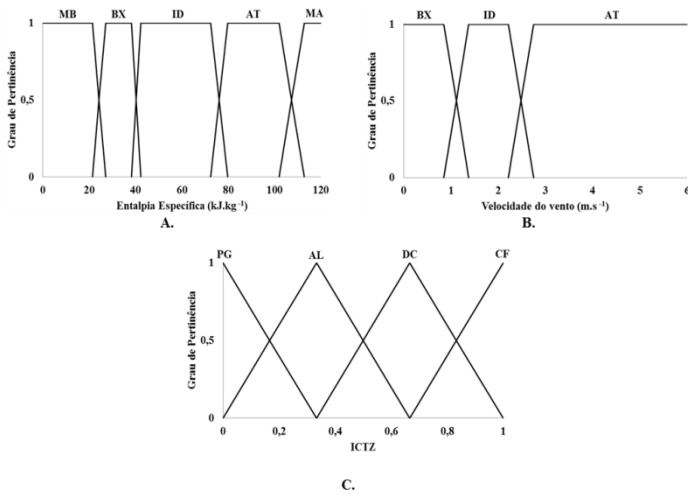
Dessa forma, a obtenção da radiação solar a partir da radiação extraterrestre, torna-se complexa devido ao grande número de variáveis necessários para o cálculo. Como entalpia específica é a energia total da massa de ar no ambiente, com sua grandeza é possível estabelecer uma relação com a radiação solar em ambientes abertos. Para estimar os intervalos das variáveis de entrada, foram utilizados os valores indicados por Baêta e Souza (2010), sendo o cálculo de H realizado por meio da equação utilizada por Barbosa Filho et al (2007):

$$H = 6,7 + 0,243 \times Tbs + \frac{UR}{100} \times 10^{\left(\frac{7,5 \times Tbs}{237,3 + Tbs}\right)} \quad (1)$$

Em que,

H: entalpia específica (kcal.kg<sup>-1</sup> de ar seco);  
Tbs: temperatura de bulbo seco (°C);  
UR: umidade relativa do ar (%).

A Equação 1 foi utilizada para definir os intervalos de classificação da entalpia específica, uma vez que utiliza apenas variáveis térmicas. Após o cálculo, foi realizada a conversão de kcal.kg<sup>-1</sup> para kJ.kg<sup>-1</sup> para padronização da grandeza no S.I. Dessa forma, as curvas de pertinência para H (Figura 1A) foram definidas e classificadas em: Muito Baixa (MB), Baixa (BX), Ideal (ID), Alta (AT) e Muito Alta (MA) de acordo com os intervalos de temperatura e umidade definidos por Baêta e Souza (2010). Para Vv as curvas de pertinência foram classificadas em: Baixa (B), Ideal (ID) e Alta (AT), como observado na Figura 1B. Para a variável de saída ICTZ (Figura 1B) foram definidas curvas de pertinência no domínio [0,1] em que 0 indica o valor mínimo e 1 o valor máximo, sendo classificadas em: perigo (PG), alerta (AL), desconforto (DC) e conforto (CF).



**Figura 1** Curvas de pertinência para as variáveis de entrada: (A) entalpia específica (kJ.kg<sup>-1</sup> de ar seco), (B) velocidade do vento (m.s<sup>-1</sup>); e para a variável de saída (C) Índice de Conforto Térmico para Zebuínos (ICTZ).

O sistema de regras *fuzzy* foi criado por meio do auxílio de especialistas, em forma de sentenças linguísticas. Conforme metodologia de seleção de especialista *fuzzy* proposta por Cornelissen et al (2002) e utilizada por Tavares e Schiassi (2016), três especialistas foram selecionados, sendo um especialista com experiência em ambiência, um em modelagem matemática e estatística e o terceiro em SIG. Todos possuem mais de 10 anos de atuação nas respectivas áreas, característica desejada de um especialista (Ayyub e Klir 2006), tendo em vista sua influência direta na confiabilidade e na qualidade dos resultados (Taylor 1988). Dessa forma, foram definidas 15 regras (Tabela 1), de acordo com as combinações dos dados de entrada. Sendo que, para cada regra, atribuiu-se um fator de ponderação igual a 1, já

que este se adequa ao modelo proposto com base nos dados obtidos pelas simulações.

A segunda etapa constituiu na elaboração do zoneamento bioclimático brasileiro para raças zebuínas. Para a estimativa do ICTZ foram utilizados dados diários de 156 estações meteorológicas (Figura 2) com trinta anos de dados contínuos de temperatura média de bulbo seco do ar (Tbs, °C), umidade relativa do ar (UR, %) e velocidade do vento (Vv, m.s<sup>-1</sup>) fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Além disso, para cada estação foi obtido o valor da altitude (Z, m).

**Tabela 1** Sistemas de regras da inferência *fuzzy* para as variáveis entalpia específica (H) e velocidade do vento (Vv).

		Regra						
1	SE H é MB E Vv é BX	ENTÃO	ICTZ é DC					
2	SE H é MB E Vv é ID	ENTÃO	ICTZ é AL					
3	SE H é MB E Vv é AT	ENTÃO	ICTZ é PG					
4	SE H é BX E Vv é BX	ENTÃO	ICTZ é CF					
5	SE H é BX E Vv é ID	ENTÃO	ICTZ é DC					
6	SE H é BX E Vv é AT	ENTÃO	ICTZ é AL					
7	SE H é ID E Vv é BX	ENTÃO	ICTZ é DC					
8	SE H é ID E Vv é ID	ENTÃO	ICTZ é CF					
9	SE H é ID E Vv é AT	ENTÃO	ICTZ é DC					
10	SE H é AT E Vv é BX	ENTÃO	ICTZ é PG					
11	SE H é AT E Vv é ID	ENTÃO	ICTZ é AL					
12	SE H é AT E Vv é AT	ENTÃO	ICTZ é CF					
13	SE H é MA E Vv é BX	ENTÃO	ICTZ é PG					
14	SE H é MA E Vv é ID	ENTÃO	ICTZ é PG					
15	SE H é MA E Vv é AT	ENTÃO	ICTZ é AL					

A partir dos dados meteorológicos diários, foram calculados os valores de entalpia específica para cada estação a partir da equação desenvolvida por Rodrigues et al (2011):

$$H = 1,006 \times Tbs + \frac{UR}{Pa} \times 10^{\left(\frac{7,5 \times Tbs}{237,3 + Tbs}\right)} \times (71,28 + 0,052Tbs) \quad (2)$$

Em que,

H - entalpia específica (kJ.kg<sup>-1</sup> ar seco);  
Tbs - temperatura de bulbo seco do ar (°C);  
UR - umidade relativa do ar (%);  
Pa - pressão atmosférica (mmHg).

Tratando-se de um zoneamento bioclimático, a altitude da região afeta diretamente nas condições de clima. Portanto, a escolha desta equação deve-se ao fato de incrementar em seu cálculo o valor da pressão atmosférica do local. Para o cálculo da Pa foi utilizada a equação proposta por Allen et al (1998):

$$Pa = 101,3 \times \left( \frac{293 - 0,0065 \times Z}{293} \right)^{5,26} \quad (3)$$

Em que,

Pa - pressão atmosférica (kPa);

Z - altitude (m).

Posteriormente, os valores de H e Vv para cada estação meteorológica selecionada foram usados para obtenção do valor da normal de ICTZ para cada mês, por meio do sistema *fuzzy* desenvolvido.

Os dados e os índices foram inseridos em ambiente SIG e, de acordo com os coeficientes determinados nos ajustes de semivariogramas, realizou-se a krigagem ordinária por ser um método de interpolação que prevê o valor de uma variável em um ponto não-amostrado a partir dos valores de pontos amostrados e com dependência espacial entre as amostragens vizinhas (Isaaks e Srivastava 1989; Mendes et al 2014). A partir dos valores de ICTZ obtidos, foi utilizado o *software* Surfer 12<sup>®</sup> para obtenção dos mapas e posterior classificação do zoneamento bioclimático para bovinos de corte (*Bos indicus*) no Brasil.

## Resultados e Discussão

Observou-se que a média da entalpia específica (Tabela 2) esteve dentro da ZCT estimada por meio da Equação 1 utilizando a faixa de valores de Tbs e UR definidas por Baêta e Souza (2010). Entretanto, por se tratar de uma grande extensão territorial, valores acima da faixa de conforto foram encontrados em todos os meses, sendo o valor mais crítico para o mês de julho (82,64 kJ.kg<sup>-1</sup><sub>ar seco</sub>). Apesar de ser um mês de inverno, a média encontrada refere-se à estação da cidade de Boa Vista (RR), a qual teve temperatura média para o mês de 29,04°C e UR de 85,07%. Em ambientes com elevada temperatura, o animal deixa de trocar energia por meio sensível (condução, convecção e radiação), e passa a utilizar mecanismos de troca latente de calor (Baêta e Souza 2010), entretanto, devido a associação com alta umidade relativa, as trocas latentes também são dificultadas, aumentando o calor metabólico do animal e, conseqüentemente, seu desconforto por calor.

Além disso, em condições de desconforto térmico por altas temperaturas, o animal deixa de consumir alimento para evitar a produção de calor metabólico adicional, e passa a ingerir maior quantidade de água, afetando diretamente no menor ganho de massa corporal e, conseqüentemente, desempenho produtivo.

Os meses de janeiro, junho, julho e agosto não apresentaram valores abaixo da faixa de conforto para entalpia. O valor mínimo registrado de entalpia foi de 36,52 kJ.kg<sup>-1</sup><sub>ar seco</sub> para



**Figura 2** Mapa do Brasil com a localização das estações utilizadas para o zoneamento bioclimático.

o mês de novembro para a cidade de Curitiba (PR). Segundo Mader (2003), em condições de clima frio, o ganho de massa corporal decresce de 5 a 10%, aumentando os custos de produção e diminuindo o lucro do produtor (Hoelscher 2001).

Para a velocidade do vento (Vv), a média esteve dentro da faixa de conforto (Baêta e Souza 2010), entretanto, valores fora da ZCT foram observados para todos os meses. O mês de dezembro teve o valor mínimo registrado de 0,17 m.s<sup>-1</sup> na estação meteorológica de Eirunepé, Amazonas. Enquanto a média máxima de 4,83 m.s<sup>-1</sup> foi encontrada na cidade de Natal, Rio Grande do Norte para o mês de outubro. Por ser uma cidade litorânea, a cidade do nordeste do país recebe influência direta das correntes marítimas, garantindo uma maior velocidade do vento associado também a baixa altitude da localidade, enquanto a cidade do norte brasileiro, por estar no centro do continente e próximo a linha do equador, acaba sofrendo menor influência das correntes e, conseqüentemente, menor velocidade do vento é registrada.

Dessa forma, a Vv tem importância na produção animal pois auxilia nas trocas de energia do animal com o ambiente, em condições de estresse térmico por calor, facilitando as perdas por meio da convecção. Em ambientes quentes e úmidos com baixa velocidade do vento, o animal deixa de perder calor por formas sensíveis e passa a perder calor por formas latentes (Baêta e Souza 2010). Portanto,

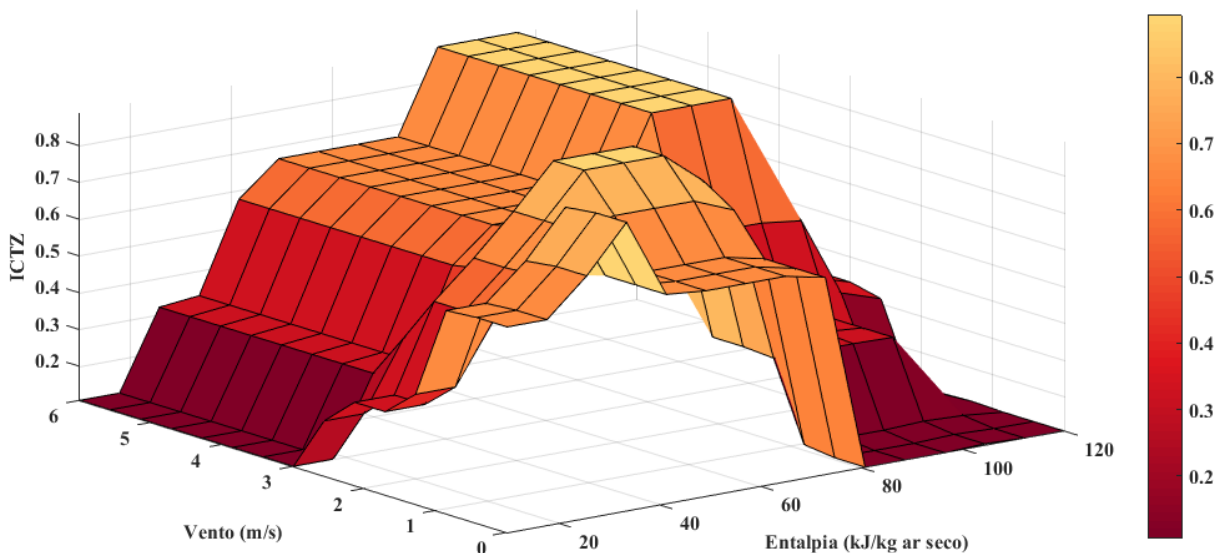
apesar do clima tropical para as duas localidades, o animal teria mais conforto na cidade nordestina, uma vez que perdas sensíveis de calor exigem um gasto menor de energia metabólica.

A Figura 3 representa o gráfico de superfície gerado pelo sistema *fuzzy* desenvolvido a partir das regras estabelecidas. O ICTZ varia de 0 a 1, sendo que valores

próximos a 0 indicam nenhum nível de conforto térmico e valores próximos a 1, indica máximo conforto térmico. Como observado, os piores resultados são obtidos quando o animal se encontra em um ambiente com elevada velocidade do vento e entalpia muito baixa, sofrendo estresse por frio; e em ambientes com elevada entalpia e baixa velocidade do ar, sofrendo estresse por calor.

**Tabela 2** Valores médios e desvios-padrão de entalpia específica (H, kJ.kg<sup>-1</sup> de ar seco), mínima (Hmin) e máxima (Hmax); e velocidade do vento (Vv, m.s<sup>-1</sup>), mínimo (Vvmin) e máximo (Vvmax) das estações meteorológicas selecionadas.

Mês	H	Hmin	Hmax	Vv	Vvmin	Vvmax
Jan	66,48 ± 7,74	43,80	77,66	1,71 ± 0,82	0,22	4,24
Fev	66,86 ± 7,61	41,24	77,97	1,64 ± 0,77	0,19	4,17
Mar	67,56 ± 7,67	39,21	78,99	1,56 ± 0,70	0,21	3,67
Abr	67,35 ± 7,68	39,31	79,83	1,52 ± 0,69	0,20	3,59
Mai	66,54 ± 7,52	43,24	80,13	1,54 ± 0,71	0,20	3,80
Jun	65,94 ± 7,36	46,78	81,92	1,60 ± 0,76	0,24	3,94
Jul	64,05 ± 7,75	47,24	82,64	1,72 ± 0,83	0,28	4,26
Ago	61,27 ± 8,56	43,23	81,09	1,85 ± 0,89	0,30	4,58
Set	60,41 ± 8,52	39,74	77,43	1,99 ± 0,96	0,24	4,81
Out	60,73 ± 8,92	39,04	77,18	1,94 ± 0,95	0,21	4,83
Nov	60,88 ± 10,08	36,52	76,73	1,88 ± 0,93	0,22	4,63
Dez	60,75 ± 11,39	36,58	78,09	1,80 ± 0,89	0,17	4,37
Média	64,07 ± 8,40	41,33	79,14	1,73 ± 0,83	0,22	4,24



**Figura 3** Gráfico de superfície do ICTZ em função das variáveis entalpia específica (H) e velocidade do vento (Vv).

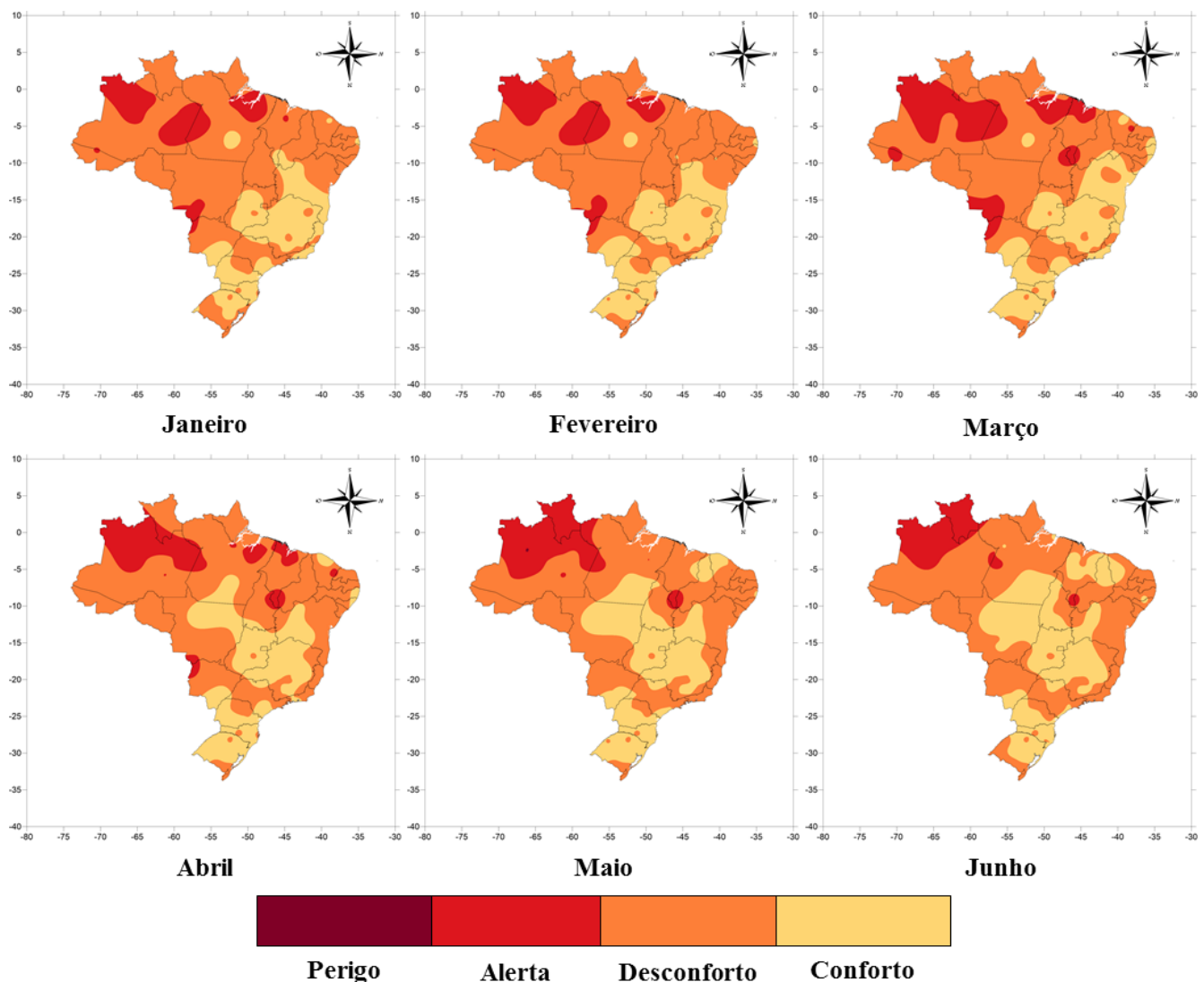
A Figura 4 representa o zoneamento bioclimático para bovinos de corte a partir da classificação do ICTZ obtidos para o Brasil, nos seis primeiros meses do ano. Nota-se que,

em todos os meses, houve predomínio de áreas de desconforto térmico em todo território brasileiro com algumas regiões classificadas como alerta, ou seja, locais

onde são necessárias tomadas de decisão referente ao ambiente e manejo dos animais.

Para os três primeiros meses do ano, caracterizados como os meses mais quentes, observa-se que a região Norte e uma mancha do Centro-Oeste apresentam ICTZ abaixo de 0,5 (50%), ou seja, nessas regiões os produtores devem ficar em alerta em relação à criação de gado de corte, já que os animais sofrem elevado desconforto térmico e passam a utilizar a energia metabólica para dissipar calor para o ambiente. Navarini et al (2009) observando o ambiente de bovinos da raça Nelore em diferentes condições de sombreamento e a pleno sol, indicaram que o sombreamento

proporcionado por pequenos bosques de Guajuvira diminuiu as condições de desconforto térmico para raça. Dessa forma, o uso de sombreamento adequado pode ser utilizado como forma de diminuição do estresse térmico em regiões quentes. Esta informação torna-se importante já que os estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul somados representam cerca de 32% do número de cabeças de gado no país (ANUALPEC 2015). A região Sul e Sudeste foram as que apresentaram maiores áreas de conforto térmico para as raças zebuínas, sendo que os estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul estão entre os sete maiores produtores em número de cabeças.



**Figura 4** Zoneamento bioclimático do conforto térmico para bovinos de corte (*Bos indicus*) para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho.

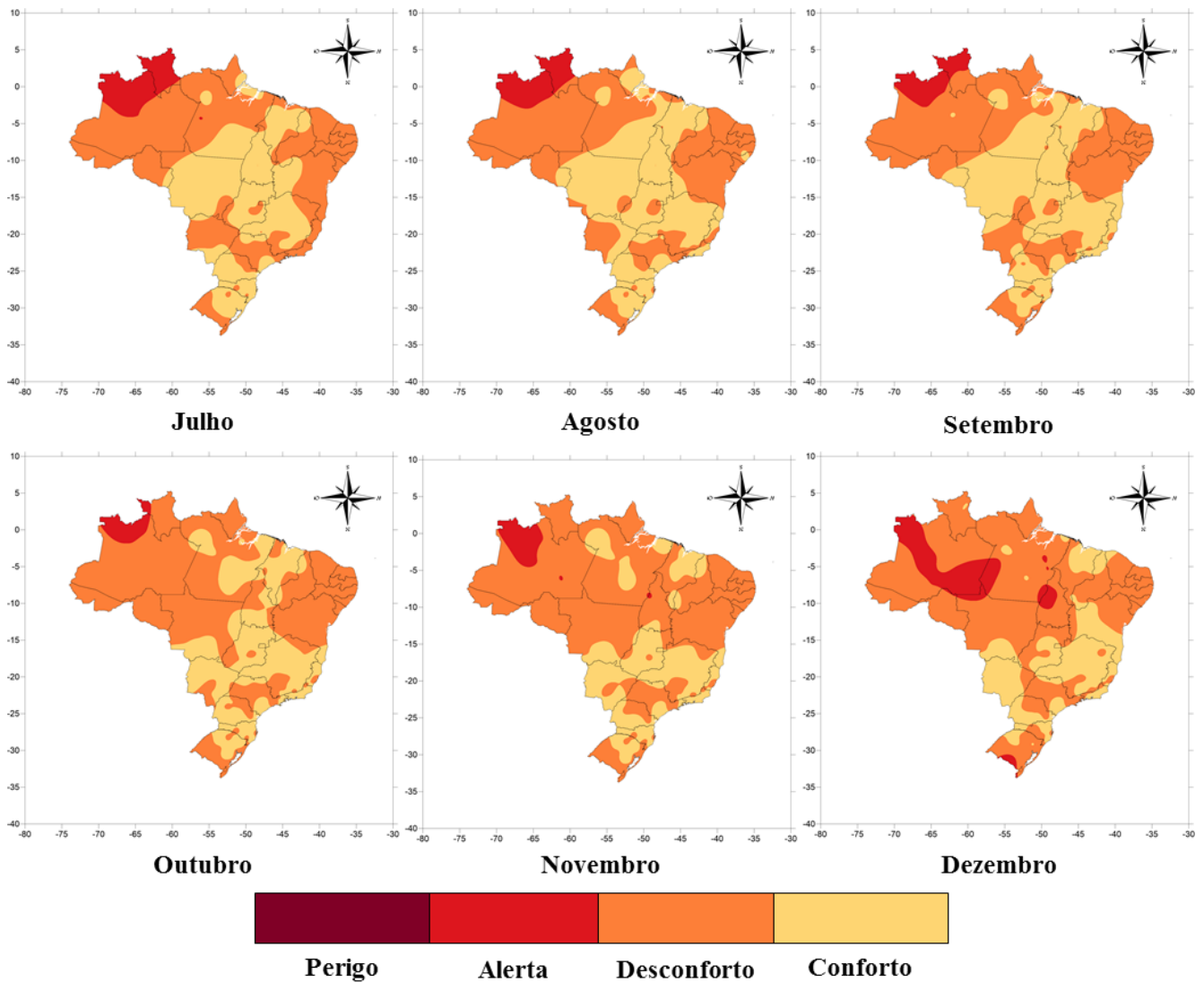
Para os meses de abril, maio e junho em que se concentra a estação do Outono, parte da região Norte e pequenas manchas da região Nordeste do país apresentaram níveis alarmantes de desconforto térmico. Esse resultado está associado ao equinócio de outono, em que a inclinação solar

está próxima à Linha do Equador, fazendo com que a região receba forte radiação solar e, conseqüentemente, elevando sua temperatura. Além disso, a região possui a característica de possuir baixos valores de velocidade do vento devido, principalmente, a continentalidade dos locais e altas taxas de

umidade relativa do ar. Nessas regiões, os animais deixam de consumir alimento para evitar a produção de calor metabólico, aumentando a conversão alimentar e, conseqüentemente, atingindo menor peso para abate. Para as demais regiões do país, o ICTZ variou de desconforto a conforto térmico (> 0,5).

A Figura 5 representa os dados interpolados para os últimos seis meses do ano. Observa-se que para os meses de julho, agosto e setembro, apenas a região Norte apresentou

áreas de alerta. Apesar do ICTZ indicar o nível de desconforto térmico do animal, não é possível diferenciar se o estresse é causado por condições de elevada ou baixa temperatura associadas às demais variáveis. Portanto, para a região Sul, principalmente nos meses mais frios do ano, o ICTZ indica um desconforto por frio nos animais, já que a região do país apresenta baixos valores de temperatura do ar e alta velocidade do vento.



**Figura 5** Zoneamento bioclimático do conforto térmico para bovinos de corte (*Bos indicus*) para os meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro.

Na condição de frio, o animal passa a consumir maior quantidade de alimento para produzir maior quantidade de calor e garantir a homeostase. Dessa forma, o animal melhor se adapta em ambientes frios a quentes. Nos meses de outubro, novembro e dezembro, apenas uma região do Norte apresenta altos índices de desconforto térmico. Isso ocorre porque no período de primavera, a região sofre influência da Massa Equatorial Continental e do equinócio de primavera.

Ao analisar todos os meses do ano, observa-se que grande parte do território é classificado como desconfortável para criação de bovinos de corte. Para essas regiões algumas medidas como o sombreamento e/ou os novos sistemas de criação, como integração lavoura-pecuária-floresta são indicados. Apenas nos meses representados por julho, agosto e setembro em que se concentra o inverno, a maioria das regiões foram classificadas como confortáveis.

## Conclusões

O Sistema *fuzzy* desenvolvido apresentou-se como ferramenta vantajosa para a incorporação de mais variáveis para obtenção de um índice de conforto térmico para bovinos de corte e posterior interpolação dos dados.

O Brasil apresenta regiões com boas condições para produção de gado de corte de raças zebuínas na maior parte do ano, exceto em algumas áreas da região Norte que apresentaram ICTZ < 0,5 em todos os meses.

Minas Gerais foi o estado que apresentou condições favoráveis para a produção de gado de corte em grande parte de sua área em todos os meses do ano.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido para este trabalho.

## References

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (2016) Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/>>. Acesso em: 27 maio 2016.

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9), D05109.

ANUALPEC 2015 (2015) Anuário da pecuária brasileira. Informa Economics, São Paulo.

Ayyub BM, Klir GJ (2006) Uncertainty modeling and analysis in engineering and the sciences. CRC Press, Boca Raton.

Baêta, FC, Souza CF (2010) Ambiência em Edificações Rurais: Conforto animal. Editora UFV, Viçosa.

Barbosa Filho JA, Silva IJ, Silva MA, Silva CJ (2007) Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando sequência de imagens. Engenharia Agrícola, 27, 93-99.

Carvalho VF, Yanagi Junior T, Ferreira L, Damasceno FA, Silva MP (2009) Zoneamento do potencial de uso de sistemas de resfriamento evaporativo no sudeste brasileiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 13, 358-366.

Cornelissen AMG, Van den Berg J, Koops WJ, Kaymak U (2002) Eliciting expert knowledge for fuzzy evaluation of agricultural production systems. Rotterdam: Erasmus Research Institute of Management. <http://EconPapers.repec.org/RePEc:ems:eureri:259>. Acessado em 17 de Outubro de 2015.

Hoelscher MA (2001) Adverse winter conditions increase cost of production. Feedstuffs, 73:5.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/](http://www.ibge.gov.br/)>. Acesso em: 13 abr. 2016.

Isaaks EH, Srivastava RM (1989) An introduction to applied geostatistics. Oxford University, New York. New York: Oxford University, 1989. 56p.

Leite MS, Fileti AMF, Silva FV (2010) Desenvolvimento e aplicação experimental de controladores fuzzy e convencional em um bioprocesso. Revista Controle & Automação. 21:147-158.

Mader TL (2003) Environmental stress in confined beef cattle. Journal of animal science, 81:110-119.

Mendes AMP, Azevedo M, Lopes PMO, Moura, GBA (2014) Zoneamento bioclimático para a raça ovina Dorper no Estado de Pernambuco. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 49: 986-993.

Navarini FC, Klosowski ES, Campos AT, Teixeira RDA, Almeida CP (2009) Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. Engenharia Agrícola, 29:508-517.

Rodrigues VC, da Silva IJO, Vieira FMC, Nascimento ST (2011) A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. International Journal of Biometeorology, 55:455-459.

Tavares GF, Schiassi L (2016). Modelagem fuzzy como ferramenta para predição do ganho de peso diário para frangos de corte. Journal of Animal Behaviour and Biometeorology, 4:32-38.

Taylor J (1988) Delphi method applied to tourism. In: Wittis, M. L. Tourism marketing and management handbook. Prentice Hall, Nova York.