

FL
3138
P. 183

Embrapa

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1806-7093

Dezembro, 2003

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 13

Zoneamento da Região Sudeste do Brasil, utilizando o índice de temperatura e umidade

Maria de Fátima Ávila Pires
José Luiz Cabral da Silva Júnior
Aloísio Torres de Campos
Luiz Cláudio Costa
Luciano Patto Novaes

Juiz de Fora, MG
2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Leite

Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco

36038-330 Juiz de Fora – MG

Fone: (32)3249-4700

Fax: (32)3249-4751

Home page: <http://www.cnpagl.embrapa.br>

E-mail: sac@cnpagl.embrapa.br

Comitê Local de Publicações da Unidade

Presidente: Mário Luiz Martinez

Secretária-Executiva: Inês Maria Rodrigues

Membros: Aloísio Torres de Campos, Angela de Fátima A. Oliveira, Antônio Carlos Cóser, Carlos Eugênio Martins, Edna Froeder Arcuri, Jackson Silva e Oliveira, João César de Resende, John Furlong, José Valente, Marlice Teixeira Ribeiro e Wanderlei Ferreira de Sá

Supervisão editorial: Angela de F.A. Oliveira

Editoração eletrônica e tratamento das ilustrações: Angela de Fátima A. Oliveira

Revisor de texto: Newton Luís de Almeida

Normalização bibliográfica: Inês Maria Rodrigues

Ilustração da capa: Raquel da Silva Fontinelli

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa Gado de Leite

Zoneamento da Região Sudeste do Brasil, utilizando o índice de temperatura e umidade / Maria de Fátima Ávila Pires ... [et al.]. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003.

21 p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de Pesquisa, 13).

ISSN 1806-7093

1. Estresse calórico. 2. Temperatura. 3. Umidade. 4. Ambiente. I. Maria de Fátima Ávila Pires. II. José Luiz Cabral da Silva Júnior. III. Aloísio Torres de Campos. IV. Luiz Cláudio Costa. V. Luciano Patto Novaes. VI. Série.

CDD 636.082

© Embrapa 2003

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Metodologia	8
Resultados e Discussão	10
Conclusões	19
Referências bibliográficas	20

região central e parte da região sul do Estado ficam livres dos efeitos do estresse calórico. No Rio de Janeiro a região central é considerada propícia para a atividade leiteira com precaução em algumas localidades situadas mais ao Centro-Norte, no período de novembro a março. Em Minas Gerais, durante todo o ano, as mesorregiões Campo das Vertentes e Sul/Sudeste ficam completamente fora da ação do calor e, para o Estado de São Paulo, o Vale do Paraíba e Macro Metropolitana permanecem durante todo o ano livres dos efeitos do estresse calórico.

Palavras-chave: ambiente, estresse calórico, conforto térmico

Abstract

Aiming to determine the temperature and humidity index (THI) for the Holstein cattle in the Southeastern Region of Brazil (Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais and São Paulo States) as well as to identify the areas showing the appropriate climatic conditions to dairy industry, a zoning study was performed. In order to determine the THI, a number of thematic maps were generated through spatialisation, using the monthly normal data of air temperature and relative humidity, taking into account the geographical coordinates (latitude, longitude and altitude). This index was classified in order to determine the following thermal stress levels: less or equal to 70 (no stress); from 70 to 72 (near the critical index for milk production and termed alert); from 72 to 78 (heat stress causing reduction in milk production); from 78 to 82 (danger); and above 82 (emergency). With the zoning study was possible to identify areas in Brazilian Southeastern Region where the climatic conditions are suitable to raise and obtain high productive performance with Holstein cattle. The Central and part of Southern region of Espírito Santo State are free from the effects of the heat stress. Over the period from November to March, a precaution should be taken in some localities of the Central and the Northern regions of Rio de Janeiro State. In Minas Gerais State, the Campos das Vertentes and South/Southern regions do remain completely free from the negative effects of heat stress throughout the year; whereas in São Paulo State only in the Paraíba Valley, the metropolitan São Paulo City area and its surroundings showed normal THI for raising Holstein dairy cattle.

Key-word: environment, heat stress, thermal confort.

Zoneamento da Região Sudeste do Brasil, utilizando o índice de temperatura e umidade

Maria de Fátima Ávila Pires¹

José Luiz Cabral da Silva Júnior²

Aloísio Torres de Campos³

Luiz Cláudio Costa⁴

Luciano Patto Novaes⁵

Resumo

Objetivando determinar o índice de temperatura e umidade (ITU) para gado de leite da raça Holandesa, na Região Sudeste do Brasil, e identificar áreas que possuem condições climáticas adequadas para a atividade leiteira, foi realizado um zoneamento para toda a região. Com as normais climatológicas de temperatura e umidade relativa do ar foram gerados mapas temáticos de espacialização, levando em consideração as coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) para determinar o ITU. Após calculado o ITU este foi classificado para determinar o nível de estresse para bovinos de leite em: menor ou igual a 70 (normal); de 70 a 72 (alerta); 72 a 78 (redução na produção de leite); 78 a 82 (perigo); acima de 82 (emergência). Os resultados mostraram que pelo mapeamento, foi possível identificar áreas da Região Sudeste, na qual há a maior concentração de bacias leiteiras do Brasil, que apresentam condições climáticas adequadas para bovinocultura de leite de alta produção. Para o Espírito Santo, a

¹ Maria de Fátima Ávila Pires – Médica-Veterinária – Doutora em Ciência Animal – Embrapa Gado de Leite – Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco – 36038-330 Juiz de Fora, MG – fatinha@cnppl.embrapa.br

² José Luiz Cabral da Silva Júnior – Doutorando do Depto. de Engenharia Agrícola da UFV – 36571-000 – Viçosa – MG – jlcabral@alunos.ufv.br

³ Aloísio Torres de Campos – Engenheiro Agrônomo – D.Sc. – Embrapa Gado de Leite – Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco – 36038-330 Juiz de Fora, MG – atcampos@cnppl.embrapa.br

⁴ Luiz Cláudio Costa – Professor – Ph.D. de Agrometeorologia – Departamento de Engenharia Agrícola da UFV – 36571-000 – Viçosa – MG – lcosta@mail.ufv.br

⁵ Luciano Patto Novaes – Engenheiro Agrônomo – Ph.D. – Embrapa Gado de Leite – Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco – 36038-330 Juiz de Fora, MG – novaes@cnppl.embrapa.br

Introdução

No Brasil, país tropical por excelência, os problemas zootécnicos têm sido enfrentados com um certo descaso no que diz respeito às influências do ambiente tropical sobre os animais. Desse ponto de vista, o controle ambiental para a bovinocultura está se tornando um tópico muito popular, principalmente a partir da constatação, resultante de pesquisas de laboratório, dos efeitos adversos dos extremos ambientais sobre a produção. Sabe-se, por exemplo, que o animal com potencial genético para viver em clima temperado terá restrições em seu desempenho em climas tropicais. Tais considerações suscitam a seguinte pergunta: qual o tipo de gado mais adequado para uma dada região? Esta aptidão ecológica está condicionada a dois fatores básicos: climático e edáfico. A influência direta do clima processa-se principalmente pela temperatura do ar, radiação solar, e umidade relativa do ar, componentes climáticos que condicionam as funções orgânicas envolvidas na manutenção do equilíbrio térmico do corpo. E a indireta por meio da qualidade e quantidade de forragem indispensáveis à criação animal, e do favorecimento ou não de doenças infecto-contagiosas e parasitárias. O rendimento de um rebanho é, portanto, resultante da capacidade genética dos animais e do ambiente mais ou menos favorável à sua expressão. Desse modo, torna-se muito importante averiguar, na introdução de determinada raça em determinada região, se o tipo de clima que lhe é oferecido apresenta alguma semelhança com o de sua origem. Caso os contrastes sejam muito acentuados, a atividade, se em caráter extensivo, poderá resultar em fracasso produtivo e, conseqüentemente, econômico (Nascimento et al., 1975).

O zoneamento bioclimático, utilizando um índice de conforto térmico, aparece, portanto, como condição básica no êxito das atividades agropecuárias fornecendo subsídio para distribuição de animais adequados a determinadas regiões (Barbosa et al., 1995). Vários índices têm sido desenvolvidos e um dos mais difundidos é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). O valor do ITU considerado limite, entre situações de conforto e estresse, varia segundo os autores, mas existe unanimidade em considerar que ambiente com ITU acima de 72 é estressante para vacas de alta produção (Valtorta & Gallardo, 1996).

Alguns países como a Argentina (Leva, 1998), África do Sul e o Sudoeste da África/Namíbia (Du Preez et al., 1990a) já foram mapeados de acordo com o ITU, e os autores argumentam que, especialmente durante os meses mais quentes do ano, há o risco de estresse moderado a severo para a maioria das

vacas em lactação naqueles países. Planejamento cuidadoso de instalações e manejo adaptado para o rebanho são necessários para proteger as vacas do estresse calórico durante essa época.

Em outros países, como nos Estados Unidos e na Europa, por exemplo, Klinendist et al. (1993) estudaram os efeitos potenciais direto de um possível aquecimento global na produção de leite e reprodução de bovinos, durante o verão. Foram estimados declínios na produção de leite na ordem de 10 a 20% e de até 35% na taxa de concepção.

Assim, o zoneamento climatológico por meio do monitoramento das condições climáticas permite a previsão de áreas com probabilidade de ocorrência do estresse calórico, podendo ser comprovado medindo uma série de parâmetros como: temperatura retal, frequência respiratória, ingestão de água, produção de leite, reprodução, comportamento de ruminção, descanso e postura etc.

Nas condições climáticas da Região Sudeste do Brasil (Baccari et al.; 1995, Pires et al., 1998), os bovinos estão freqüentemente sujeitos ao estresse calórico com reflexo no seu desempenho produtivo e principalmente reprodutivo. Entretanto, até o momento, nenhuma informação prática encontrava-se disponível, indicando quais as áreas da Região Sudeste do Brasil que possuem condições climáticas adequadas para a atividade leiteira, quais são consideradas termicamente estressantes para os bovinos especialmente para gado de leite, e quais, particularmente, necessitam precauções objetivando proteger os animais para melhorar a saúde geral e do úbere, a produção e reprodução.

O objetivo desse projeto foi, portanto, fornecer tais informações pelo mapeamento da Região Sudeste de acordo com o índice de temperatura e umidade (ITU) para gado de leite.

Metodologia

Os dados climáticos foram obtidos por meio de levantamento realizado no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET-DF) de um banco de dados, no período de 1961-1978, e das Normais Climatológicas INMET (1992), no período de 1961-1990. Foram utilizadas, no total de 102 Estações Meteorológicas da Região Sudeste do Brasil, sendo nove Estações circunvizinhas da região estudada.

A partir do modelo proposto por Sediya et al. (2001), para o Estado capixaba, utilizando a temperatura média normal, altitude, latitude e longitude, estimou-se, para temperatura média normal, regressões lineares múltiplas para os três Estados restantes do Sudeste. Isto possibilitou analisar a abrangência geográfica dos campos homogêneos, materializando os valores de temperatura em forma de mapas georreferenciados, para cada região e para cada mês. Os dados da temperatura média do ar foram utilizados para determinar modelos lineares (método dos mínimos quadrados) de todas as estações meteorológicas disponíveis do banco de dados, bem como estações circunvizinhas disponíveis à Região Sudeste, no intuito de minimizar possíveis erros com ausência de estações meteorológicas na região estudada. As análises de regressões múltiplas foram calculadas com estes dados, obedecendo ao seguinte modelo geral:

$$Y_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \varepsilon_i \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que,

Y_i = temperaturas médias normais mensais estimadas;

x_1 = altitude do lugar em metros;

x_2 = latitude do lugar em graus e décimos (valores positivos);

x_3 = longitude do lugar em graus e décimos (valores positivos);

ε = erro

Neste estudo o índice térmico ambiental utilizado foi o ITU calculado a partir da equação abaixo:

$$\text{ITU} = 0,8 T_{\text{bs}} + \text{UR} (T_{\text{bs}} - 14,3) / 100 + 46,3 \quad (\text{Eq.2})$$

Em que,

T_{bs} = temperatura do termômetro de bulbo seco, °C

UR = umidade relativa do ar, %

ITU = Índice de Temperatura e Umidade (ITU), adimensional.

Para se determinar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) Normal, foram utilizados os dados meteorológicos de temperatura média e umidade relativa do ar normal.

Para o zoneamento da Região Sudeste, de acordo com o ITU, primeiramente foram gerados mapas temáticos de temperatura média e umidade relativa normal mensais para toda Região Sudeste. Os mapas temáticos criados para a espacialização da temperatura média mensal foram derivados das regressões lineares múltiplas das variáveis temperatura média, latitude, longitude e altitude,

em que também foram criadas duas grades de latitude e longitude utilizando os dados altimétricos fornecidos pelo United States Geological Survey (USGS) no arquivo GTOPO30 em forma de uma grade regular de 30s x 30s de grau (800 x 800 metros) nas coordenadas geográficas. Posteriormente foi calculado o ITU pela equação (2), dos temas de temperatura do ar e umidade relativa normal, assim gerando mapas temáticos de ITUs médios mensais.

Após calculado, o ITU foi classificado segundo Du Preez et al. (1990b), de acordo com as diferentes classes de ITU.

- ▶ menor ou igual a 70 = normal
- ▶ de 70 a 72 = alerta
- ▶ 72 a 78 = alerta e acima do índice crítico para a produção de leite (perda na produção)
- ▶ 78 a 82 = perigo
- ▶ acima de 82 = emergência

Resultados e Discussão

A distribuição geográfica das estações meteorológicas e a escassez de dados meteorológicos em grandes áreas limitam estudos suficientemente detalhados. Foram representadas neste estudo as estações meteorológicas disponibilizadas pelo banco de dados, portanto se admite que tais pontos sejam representativos de algumas grandes áreas dos Estados estudados.

Para Sedyama et al. (2001), nos mapeamentos de campos homogêneos dos elementos do clima, a utilização de modelos lineares, cujas variáveis englobam os fatores geográficos, facilita as regiões limítrofes desses campos além de a representatividade dos campos ficarem mais próximos da realidade. Nas Tabelas de 1 a 4 encontram-se as equações de regressões ajustadas para o modelo Y_1 (temperatura média normal mensais e respectivos coeficientes de determinação (R^2), para todos os Estados da Região Sudeste do Brasil, proposto por Sedyama et al. (2001).

Tabela 1. Equações de regressões ajustadas para o modelo Y_i (temperaturas médias normais mensais) e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para o Estado do Espírito Santo.

Mês ¹	a_0	a_1	a_2	a_3	R^2
$Y_1 =$	-3,3219	-0,006887	-0,121913	0,806183	0,90
$Y_2 =$	4,1139	-0,006887	-0,098807	0,621411	0,89
$Y_3 =$	7,4195	-0,006864	-0,346105	0,646924	0,91
$Y_4 =$	14,4639	-0,006919	-0,412984	0,472089	0,89
$Y_5 =$	26,7419	-0,007066	-0,480115	0,160771	0,86
$Y_6 =$	17,3301	-0,007345	-0,610043	0,418457	0,86
$Y_7 =$	13,1274	-0,007576	-0,604443	0,507897	0,86
$Y_8 =$	-6,9663	-0,007679	-0,595119	1,009949	0,87
$Y_9 =$	-10,8969	-0,007093	-0,595634	1,129578	0,88
$Y_{10} =$	-14,5461	-0,006895	-0,494529	1,203096	0,87
$Y_{11} =$	-7,9695	-0,006614	-0,341636	0,990352	0,86
$Y_{12} =$	23,7859	-0,006403	-0,020120	0,069253	0,83
$Y_{13} =$	4,9712	-0,007030	-0,391392	0,676111	0,88

¹ Y_1, \dots, Y_{12} e Y_{13} - Temperaturas médias normais mensais calculadas, respectivamente, de janeiro a dezembro e, média anual.

Tabela 2. Equações de regressões ajustadas para o modelo Y_i (temperaturas médias normais mensais) e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para o Estado de São Paulo.

Mês ¹	a_0	a_1	a_2	a_3	R^2
$Y_1 =$	26,64426	-0,00516	-0,45034	0,197335	0,71
$Y_2 =$	21,06119	-0,00542	-0,31784	0,257671	0,70
$Y_3 =$	28,01044	-0,00575	-0,52194	0,204082	0,75
$Y_4 =$	37,65454	-0,00548	-0,80017	0,090313	0,76
$Y_5 =$	34,79809	-0,00488	-0,76729	0,080281	0,81
$Y_6 =$	27,84458	-0,00452	-0,73856	0,178081	0,83
$Y_7 =$	31,778	-0,00428	-0,87923	0,151024	0,83
$Y_8 =$	38,07263	-0,00396	-1,22	0,2105	0,90
$Y_9 =$	45,25831	-0,00419	-1,43885	0,197306	0,86
$Y_{10} =$	47,8304	-0,00479	-1,35411	0,128443	0,86
$Y_{11} =$	34,3926	-0,00457	-1,01355	0,26583	0,75
$Y_{12} =$	33,23786	-0,00525	-0,75906	0,189058	0,73
$Y_{13} =$	34,17203	-0,00485	-0,8569	0,173779	0,83

¹ Y_1, \dots, Y_{12} e Y_{13} - Temperaturas médias normais mensais calculadas, respectivamente, de janeiro a dezembro e, média anual.

Tabela 3. Equações de regressões ajustadas para o modelo Y_i (temperaturas médias normais mensais) e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para o Estado do Rio de Janeiro.

Mês ¹	a_0	a_1	a_2	a_3	R^2
$Y_1 =$	41,3838	-0,004648	-0,607798	-0,048871	0,78
$Y_2 =$	39,3993	-0,005430	-0,677374	0,044623	0,86
$Y_3 =$	39,6524	-0,005273	-0,487156	-0,072977	0,88
$Y_4 =$	41,2036	-0,005611	-0,394609	-0,200727	0,88
$Y_5 =$	42,2787	-0,006034	-0,337194	-0,299010	0,87
$Y_6 =$	43,0452	-0,006139	-0,212393	-0,410883	0,87
$Y_7 =$	42,4755	-0,006177	-0,155938	-0,440968	0,87
$Y_8 =$	39,6062	-0,005747	-0,543707	-0,149731	0,86
$Y_9 =$	35,5977	-0,005037	-0,735522	0,058058	0,87
$Y_{10} =$	36,5362	-0,004454	-0,768445	0,075425	0,86
$Y_{11} =$	40,2660	-0,004758	-0,825007	0,045163	0,85
$Y_{12} =$	36,6817	-0,004698	-0,575899	0,023960	0,89
$Y_{13} =$	39,8840	-0,005340	-0,53537	-0,11111	0,88

¹ Y_1, \dots, Y_{12} e Y_{13} - Temperaturas médias normais mensais calculadas, respectivamente, de janeiro a dezembro e, média anual.

Tabela 4. Equações de regressões ajustadas para o modelo Y_i (temperatura médias normais mensais) e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para o Estado de Minas Gerais.

Mês ¹	a_0	a_1	a_2	a_3	R^2
$Y_1 =$	26,4812	-0,006028	-0,193021	0,105030	0,88
$Y_2 =$	27,3549	-0,005927	-0,210385	0,097573	0,90
$Y_3 =$	27,8201	-0,006069	-0,327839	0,134636	0,90
$Y_4 =$	27,2290	-0,005820	-0,506397	0,188383	0,90
$Y_5 =$	30,9109	-0,004930	-0,727615	0,144738	0,80
$Y_6 =$	24,0625	-0,005611	-0,651858	0,240866	0,86
$Y_7 =$	22,0860	-0,005816	-0,686367	0,296277	0,85
$Y_8 =$	17,4003	-0,005758	-0,708604	0,448583	0,85
$Y_9 =$	18,3201	-0,005601	-0,742989	0,476095	0,83
$Y_{10} =$	22,1655	-0,005451	-0,637314	0,366021	0,89
$Y_{11} =$	23,2297	-0,005549	-0,507840	0,289149	0,81
$Y_{12} =$	21,3197	-0,005218	-0,231483	0,208995	0,74
$Y_{13} =$	24,0355	-0,005670	-0,506240	0,247845	0,85

¹ Y_1, \dots, Y_{12} e Y_{13} - Temperaturas médias normais mensais calculadas, respectivamente, de janeiro a dezembro e, média anual.

As temperaturas médias normais no geral apresentaram um coeficiente de determinação R^2 , em média, 0,88; 0,88; 0,85; 0,83, respectivamente, para Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo. Todas as equações de regressões lineares foram significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Resultados para o Estado de São Paulo (Tabela 2) indicam coeficientes de determinação menores que 0,80 de novembro a abril, coeficientes maiores que 0,81 de maio a outubro. Provavelmente, por causa do número de estações meteorológicas e de altitudes representativas, o modelo não tenha se ajustado tanto quanto à dos outros Estados, e devido às mudanças da transição climática do período seco para o período chuvoso, fato também observado por Sedyama et al. (2001) para o Estado do Espírito Santo, onde os coeficientes de determinação reduziram no intervalo de maio a novembro. O modelo linear para o Estado de São Paulo foi simulado com 8 (oito) Estações Meteorológicas constantes nas Normais Climatológicas do INMET, e apresentaram um coeficiente de determinação (R^2) médio de 0,90, mas as altitudes destas estações variaram acima de 500 metros de altitude, e assim não se estariam representando outros municípios com altitudes inferiores a estas. Entretanto, mesmo com R^2 para alguns meses inferiores a 0,80 e sendo o teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade, demonstra que estes dados são bem representativos.

Quanto à umidade relativa do ar, optou-se em fazer a interpolação pelo método do inverso do quadrado da distância (IDW), em que é usada uma média ponderada. Provavelmente, esta interpolação nas regiões onde há uma maior concentração de Estações Meteorológicas seja mais precisa do que nas regiões onde há escassez de estações, e este método possa causar sub ou superestimativas, mas nada que venha comprometer os resultados, já que a UR é função da temperatura do ar.

Com os dados de temperatura e umidade obtidos pelas equações de regressão (Tabelas de 1 a 4), calculou-se o ITU que foi espacializado para toda a Região Sudeste atendendo à sua sazonalidade. As grades geradas para o ITU, por meio dos dados climatológicos, permitiram maior precisão para identificar a interação clima/animal durante todo o ano.

Os resultados apresentados nas Figs. de 1 a 4 mostram a variação do ITU nos meses representativos das quatro estações do ano (janeiro, abril, julho e outubro). Pelo mapeamento foi possível identificar áreas da Região Sudeste, onde há a maior concentração de bacias leiteiras do Brasil, que apresentam condições climáticas adequadas para bovinocultura leiteira de alta produção. No mês de janeiro, representativo do verão, o ITU variou de < 70 até 78 (Fig 1), indicando que, mesmo durante a estação mais quente do ano, existem áreas propícias à atividade leiteira.

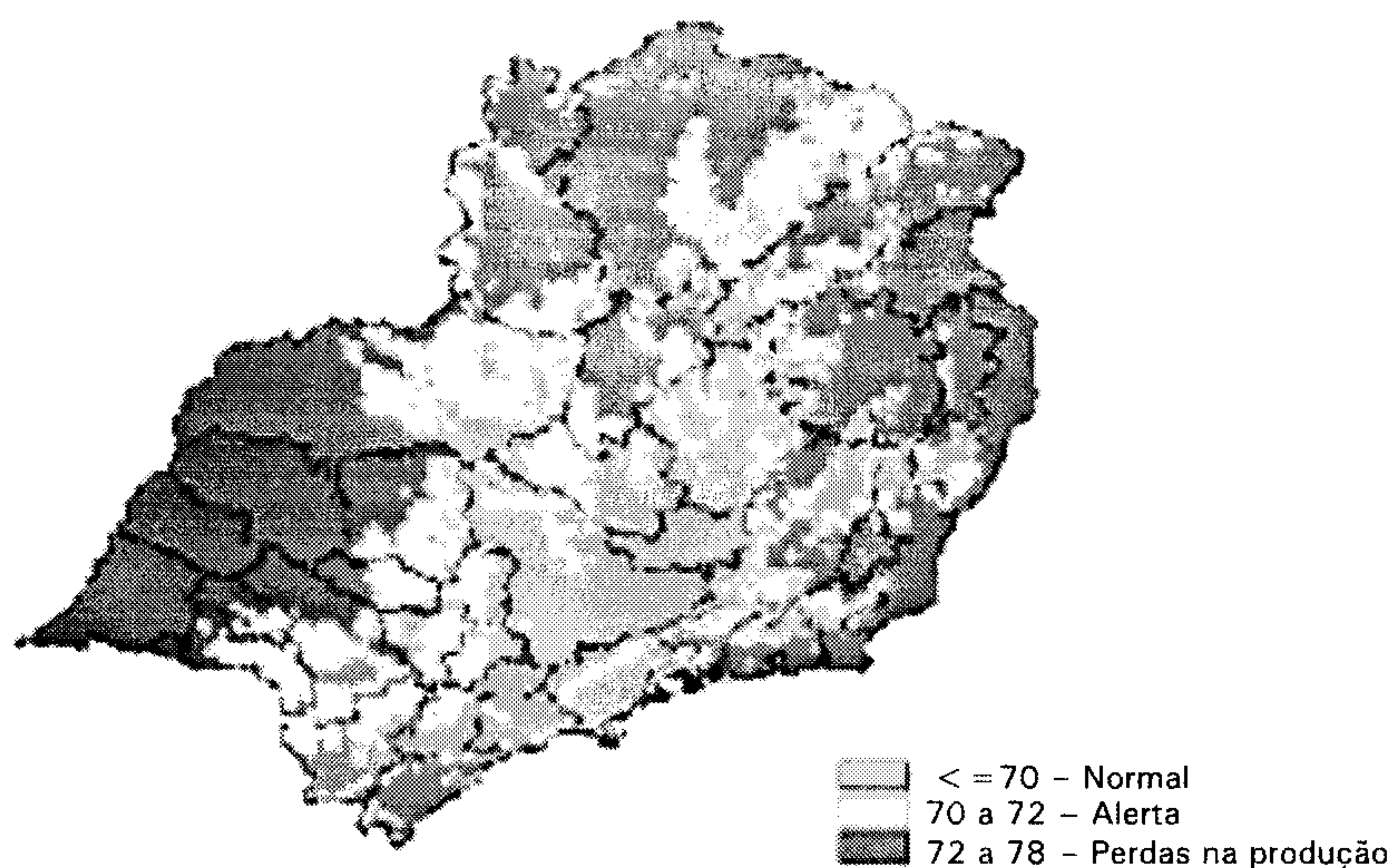


Fig. 1. Distribuição espacial do ITU no mês de janeiro para a Região Sudeste.

Para o Estado do Espírito Santo, observou-se que no litoral norte e noroeste o ITU variou de 72 a 78, significando áreas de risco para a produção de leite devido ao estresse provocado pelo calor. Já a Região Central do Estado permanece livre dos efeitos do estresse calórico, mesmo no mês mais quente do ano. Do mesmo modo no norte e noroeste do Rio de Janeiro a variação do ITU foi de 72 a 78, assim como todas as áreas litorâneas do Estado, caracterizando área de risco. Observou-se em uma extensa faixa que corta o Centro fluminense, passando pela parte metropolitana e chegando ao Sul do Estado, índices menores ou iguais a 70, considerados normais e adequados para a produção de leite. Os resultados para o Estado de Minas Gerais mostraram que, na região do Norte Mineiro o ITU variou de 70 a 78, e que em grande parte desta mesorregião o ITU oscilou entre 72 e 78. Observa-se, porém, que em algumas localidades o índice apresentou valores considerados normais (< 70). Acredita-se que os índices iguais ou menores a 70, observados, nesta região, durante o mês de janeiro, considerado um mês quente, se deva à variação da temperatura com a altitude (acima de 900 metros). Tanto no Noroeste quanto na região Central-Mineira, o ITU atingiu valores entre 72 e 78, assim como no Vale do Mucuri e em quase toda a totalidade do Vale do Rio Doce, e em algumas áreas destas mesorregiões o ITU variou de 70 a 72, nos pontos de maior altitude. Na Zona da Mata, a maior influência no ITU foi devido à topografia peculiar desta mesorregião, observando-se nas áreas mais centrais uma variação entre 72 e 78 (áreas de risco), enquanto nos locais mais ao norte e sul o ITU permaneceu entre 70 e 72.

No Campo das Vertentes e Sul/Sudeste do Estado, a variação do índice foi menor ou igual a 70, fato que pode ser atribuído à altitude da região. Isto significa que estas áreas são propícias à produção de leite, mesmo nesta época mais quente do ano, com exceção de uma pequena faixa estreita no sentido do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, cujo ITU variou de 72 a 78. No Oeste do Estado observou-se o ITU entre 70 e 72. No Sul do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba o ITU variou de 72 a 78, enquanto mais ao norte desta região os índices variaram de 70 a 72. Nas áreas com altitude acima de 850 metros, o ITU permaneceu igual ou abaixo de 70, mostrando que do ponto de vista climático, regiões altas são indicadas para a atividade leiteira.

Resultados para o Estado de São Paulo mostram que no mês de janeiro, o ITU para as mesorregiões Norte, Oeste e Litoral Paulista variou de 72 a 78, transformando estas regiões em áreas de risco para a pecuária leiteira. Nas regiões de Campinas e Vale do Ribeira os índices variam de 70 a 72 dependendo das altitudes locais. Na região Metropolitana, estendendo até o Vale do Paraíba, os índices praticamente não variaram durante a época mais quente do ano, permanecendo com valores menores ou iguais a 70, caracterizando estas áreas como livre do estresse provocado pelo calor. A permanência deste valor considerado normal para a produção de leite, durante o mês mais quente do ano, provavelmente, pode ser explicado pela variação da temperatura com a altitude. Em alguns pontos na parte mais Litoral do Estado observa-se que o ITU permaneceu entre 72 e 78.

Na Fig. 2 está espacializado o ITU durante o mês de abril, considerado mês de transição entre o verão e o inverno. Observa-se uma redução nas áreas de risco para a pecuária leiteira com aumento acentuado das áreas em que o ITU foi classificado como normal (< 70) significando áreas propícias para a produção de leite, durante este período.

A região Central espírito-santense (Fig. 2), no mês de abril, apresentou, em sua quase totalidade, predominância de ITU igual ou inferior a 70. No Litoral Norte espírito-santense, verificam-se valores de ITU variando de 72 a 78, caracterizando uma área de risco para a atividade leiteira, com declínio na produtividade. Possivelmente, a área de risco deve-se à umidade relativa do ar que ultrapassa a 80% nesta região, com temperaturas médias variando de 22,5 a 24°C, caracterizando um estresse moderado com ITU entre 72 e 73. Verificam-se ainda vários pontos de alerta na região do Noroeste espírito-santense e no Norte/Sul com ITU maior que 70, provavelmente por serem regiões de vale, mostrando a precisão do modelo.

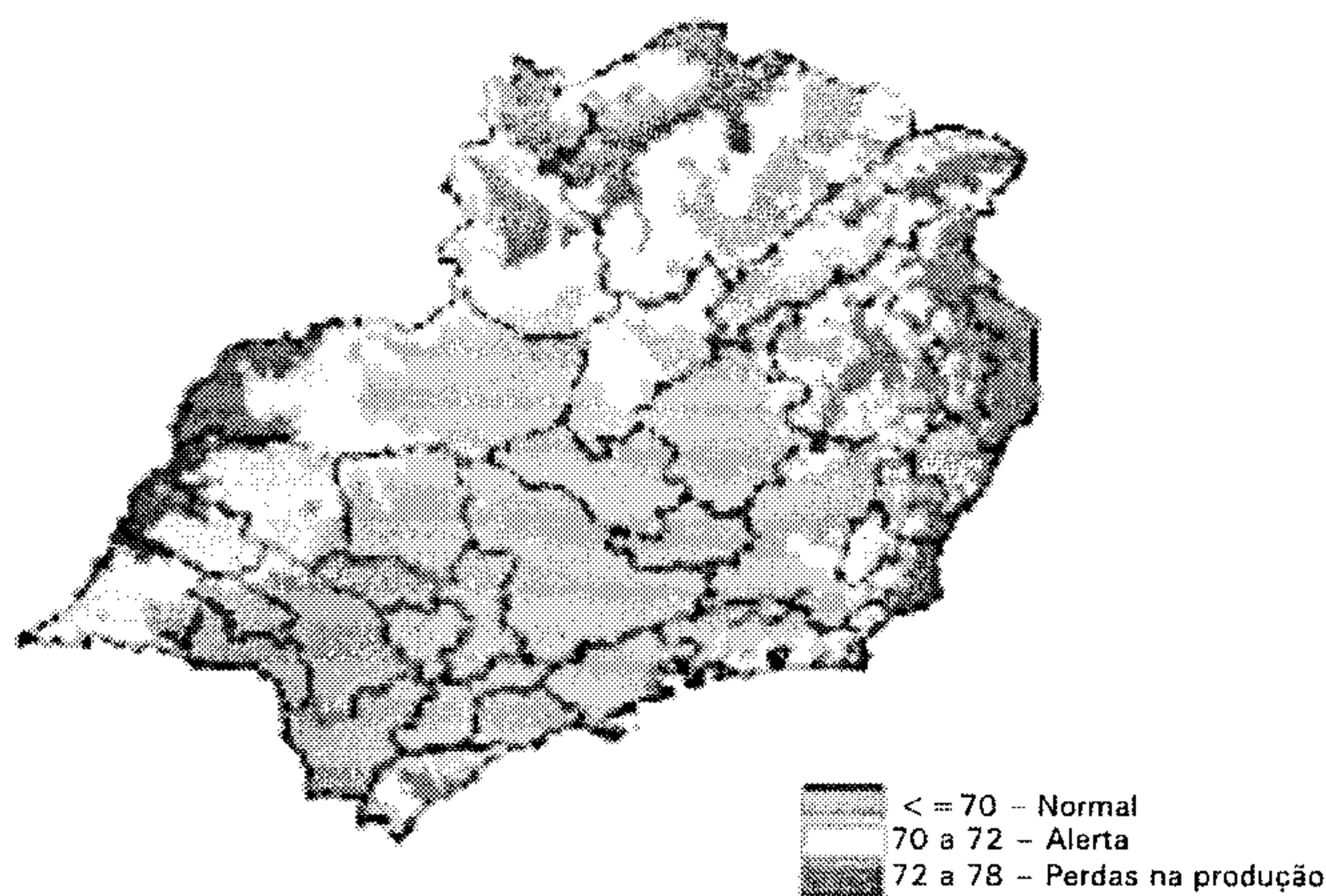


Fig. 2. Distribuição espacial do ITU no mês de abril para a Região Sudeste.

Para o Rio de Janeiro, mês de abril (Fig. 2), caracterizou-se por uma redução no ITU em todo o Estado, com ênfase maior na região serrana. Apenas a mesorregião Norte Fluminense manteve-se como área de risco durante este mês, permanecendo o ITU em níveis capazes de afetar a produtividade. No Noroeste e Sul o efeito da altitude refletiu-se em valores mais baixos do ITU e na parte mais litorânea do Estado, algumas ilhas formadas com ITU variando de 70 a 78, provocado principalmente pela variação da temperatura e da altitude.

Em Minas Gerais, durante o mês de abril, verificou-se uma diminuição do ITU em função da redução nas temperaturas médias conseqüente a mudanças do período chuvoso para o período seco em todas as mesorregiões do Estado. Considerando que o ITU manteve-se entre 72 e 78 em pequenas áreas do Noroeste e Norte, Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce e oeste do Triângulo Mineiro (Fig. 2), estas microrregiões permanecem como áreas de risco para a pecuária leiteira durante este período.

Em São Paulo observa-se que, mesmo com a chegada das temperaturas mais amenas, no mês de abril, a parte mais continental do Norte, Oeste e Litoral Paulista permanece com os índices variando de 72 a 78, enquanto as outras regiões do Estado apresentam índices com valores menores que 72.

Durante o mês de julho (Fig. 3), em conseqüência das baixas temperaturas, quase toda a Região Sudeste é considerada propícia para a atividade leiteira, com exceção de apenas pequenas áreas do litoral Norte espírito-santense que mantém o índice variando de 70 a 72 (alerta).

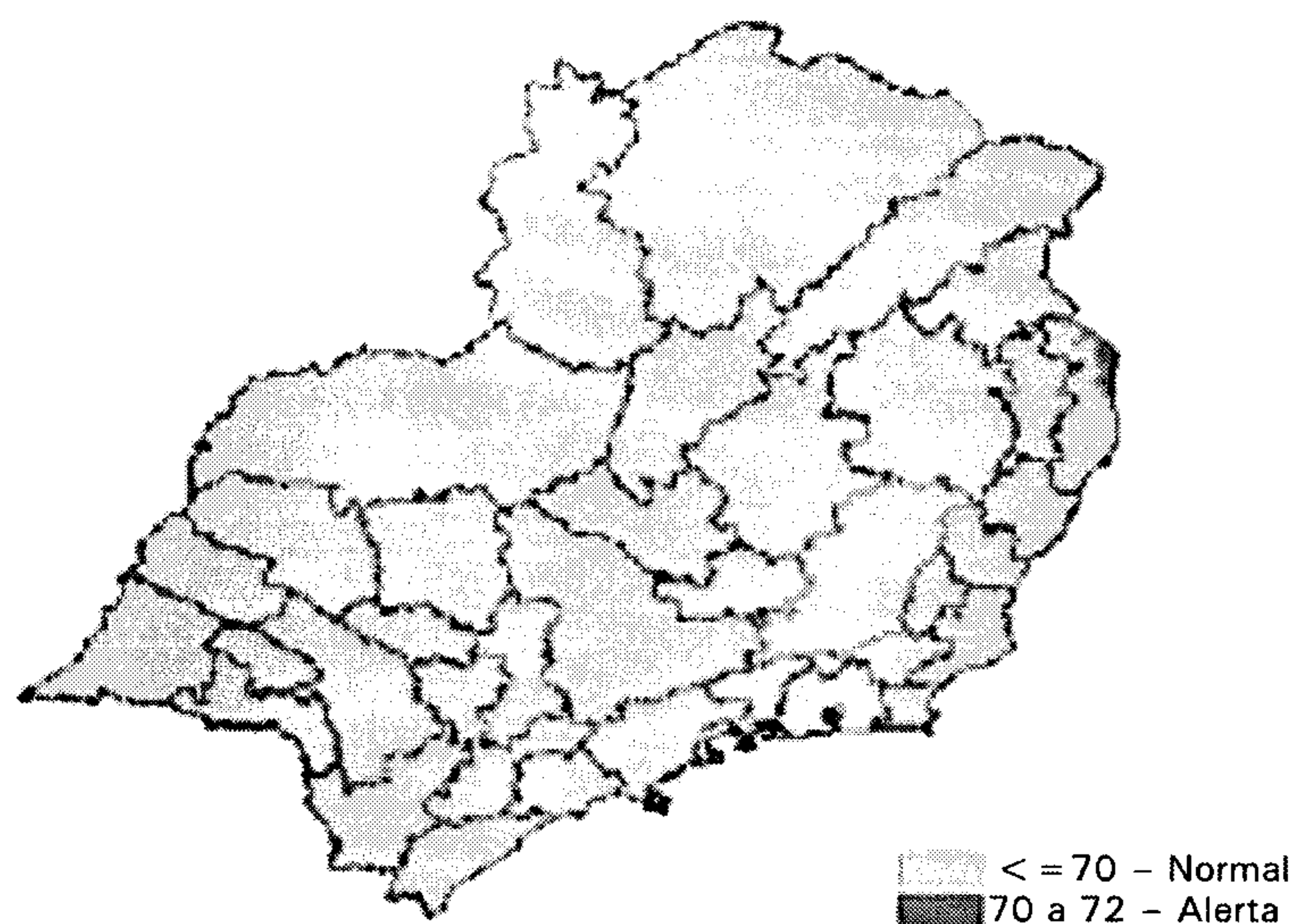


Fig. 3. Distribuição espacial do ITU no mês de julho para a Região Sudeste.

Os demais Estados encontram-se livres dos efeitos do estresse provocado pelo calor, provavelmente pela diminuição da temperatura média que não ultrapassa 22°C.

A espacialização do ITU, no mês de outubro foi semelhante à observada durante o mês de abril por serem meses de transição entre as estações frias e quentes. Assim, a partir de outubro e considerando apenas o elemento térmico, há um aumento gradativo de áreas com ITU entre 72 e 78 (risco para a produção de leite), bem como a redução daquelas áreas adequadas à atividade leiteira. Esta tendência atinge o máximo nos meses de verão retornando às condições mais propícias para a produção de leite a partir do mês de abril.

Na Fig. 4 observa-se que todo o Litoral Norte e Sul do Espírito Santo encontram-se com ITU variando de 72 a 78. A parte Central espírito-santense se mantém com índices iguais ou abaixo de 70 (normal), fato este observado até o mês de novembro em razão de esta região se encontrar localizada nas maiores altitudes do Estado, variando de 300 a 1.250 metros. Já o Norte Fluminense e a Baixada em sua totalidade são caracterizados apenas por alerta ao produtor, bem como algumas regiões que circundam a Baía de Guanabara e uma faixa de depressão na região Metropolitana e Sul Fluminense. Em Minas Gerais, verificou-se que o

aumento da umidade e das temperaturas refletiram diretamente no aumento do ITU, que oscilou de 72 a 78, com exceção da parte mais ao Norte do Triângulo/Alto Paranaíba, Oeste, Metropolitana, Zona da Mata, Campo das Vertentes e Sul/Sudeste, áreas estas adequadas para a atividade leiteira durante o mês de outubro. Finalmente, em São Paulo observou-se aumento do ITU, devido à elevação da temperatura e da UR (60 a 70%), INMET (1931/1990), em parte das regiões Norte e Oeste. As outras regiões do Estado permanecem livre do estresse calórico, com valores menores ou iguais a 70.

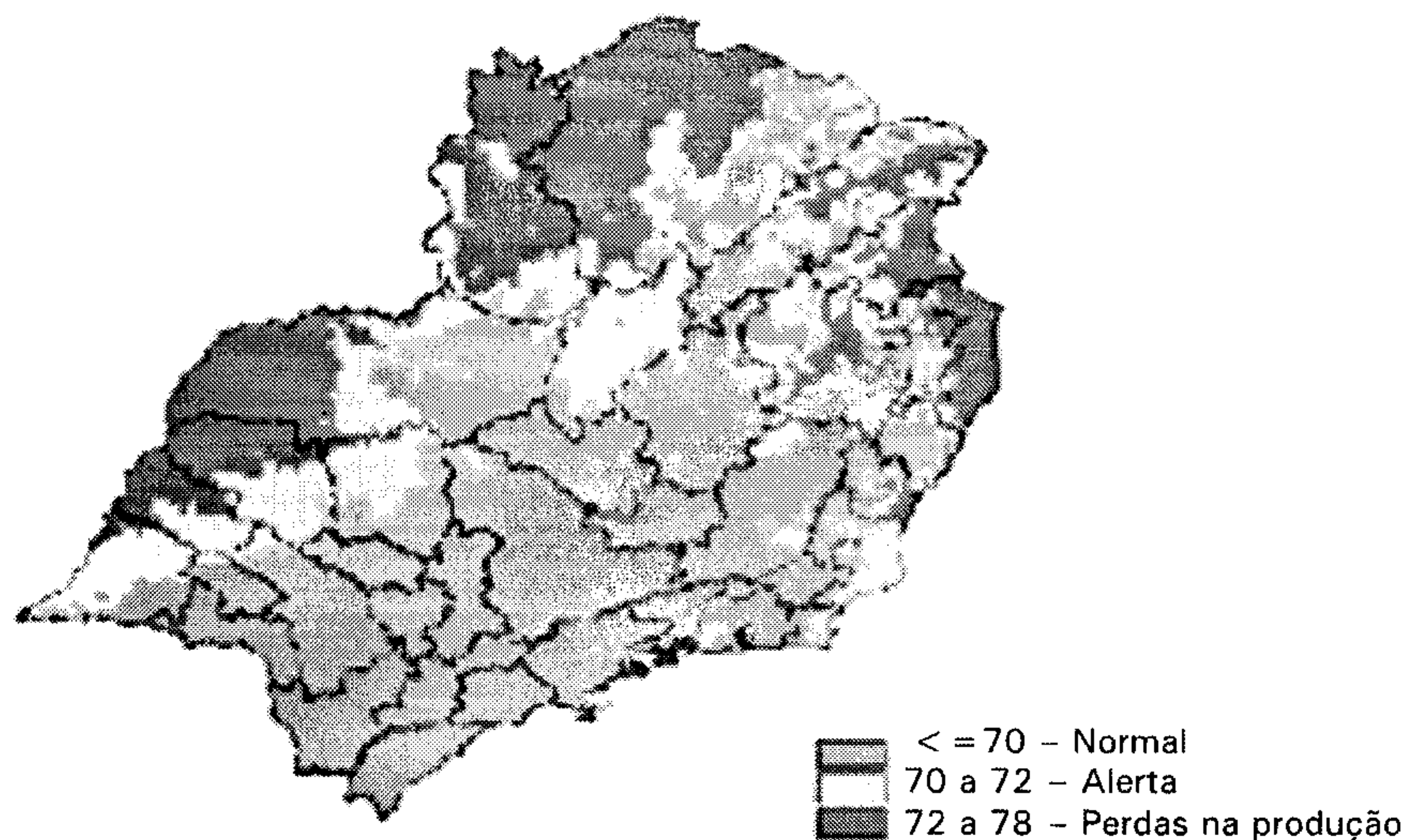


Fig. 4. Distribuição espacial do ITU no mês de outubro para a Região Sudeste.

Os resultados encontrados na Região Sudeste do Brasil foram semelhantes aos encontrados em estudos realizados na África do Sul e Namíbia (17° a 34° Sul) por Du Preez et al. (1990a) e na Austrália pela Univ. Queensland/DPI/DRDC, que analisaram o comportamento do ITU pelas estações do ano: verão, outono, inverno e primavera. Os resultados permitiram acompanhar a sazonalidade do índice, onde ocorreram a diminuição ou desaparecimento das áreas de risco e retorno/aparecimento destas áreas, fato este observado em todo o Sudeste do Brasil, bem como os ITUs máximos nos meses de altas temperaturas e ITUs mínimos, considerados "Normal" para os meses de temperaturas amenas.

Algumas medidas que podem ser utilizadas para aliviar, amenizar ou mesmo evitar os problemas decorrentes do estresse calórico, podem ser sumarizadas dentro de cada classe do ITU. Por meio do monitoramento das variáveis que

- ▶ aplicar resfriamento adicional com aspersores ou nebulizadores (assegurar movimentação adequada do ar)
- ▶ iniciar o resfriamento adiabático evaporativo (quando aplicável)
- ▶ assegurar a movimentação do ar sobre os animais de 1,27 a 1,52 m/Seg
- ▶ aspergir água em linha periodicamente
- ▶ monitorar continuamente o comportamento dos animais

Emergência

- ▶ além das medidas observadas na categoria "perigo"
- ▶ evitar movimentação dos animais nas horas mais quentes do dia
- ▶ não fornecer alimentos nas horas mais quentes do dia

Para animais em sistemas de pastejo, a partir da categoria alerta (acima do nível crítico para produção de leite)

- ▶ assegurar o sombreamento das pastagens com sombra natural ou artificial;
- ▶ assegurar o sombreamento do curral de espera;
- ▶ aplicar resfriamento utilizando nebulizadores nas áreas de sombreamento artificial, principalmente no curral de espera;
- ▶ assegurar água abundante e de boa qualidade e se possível disponibilizar fonte de água adicional

Conclusões

O zoneamento bioclimatológico utilizando as normais climatológicas de 30 anos, como desenvolvido neste trabalho, possibilitou indicar áreas da Região Sudeste

propícias à atividade leiteira, em termos do índice que expressa o conforto térmico, ao mesmo tempo que mostra aquelas regiões em que a criação de bovinos de leite está sujeita aos problemas decorrentes do estresse calórico. Pretendeu-se também auxiliar os produtores na tomada de decisão quanto a medidas a serem adotadas para aliviar ou amenizar o estresse. Assim, em ambientes quentes e úmidos, deve-se estar preparado para:

- ▶ modificar o ambiente para maximizar a ventilação
- ▶ aumentar a quantidade de água disponível para o rebanho
- ▶ fornecer sombra e/ou nebulizadores para resfriar os animais
- ▶ modificar a dieta como medida de suporte e como incremento ao resfriamento ambiental

O efeito do estresse calórico no desempenho animal, provavelmente, vai se tornar muito mais importante no futuro, caso a alta taxa de crescimento populacional nas áreas tropicais e subtropicais sejam mantidas, e caso a previsão de aquecimento global torne-se realidade. Somente o esforço conjunto de técnicos, pesquisadores e produtores poderá reverter esse quadro, pelo conhecimento real da magnitude do problema e da busca de alternativas viáveis e adaptadas a cada situação.

É importante salientar que, se existem áreas mais propícias à atividade leiteira em função de um índice de conforto térmico, este índice deve ser analisado em conjunto com outros fatores que também contribuam para a definição de áreas adequadas à produção de leite, fornecendo subsídios a uma política de incentivo e financiamento do setor leiteiro.

Referências bibliográficas

BACCARI, F. JR.; AGUIAR, I. S.; WECHESLER, F. S. Produção de leite de vacas holandesas providas com sombra artificial e parcial durante verão brando. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 1., 1995, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, 1995. p. 67-68.

BARBOSA, O. R.; SILVA, R. G.; SCOLAR, J.; GUEDES, J. M. F. Utilização de um índice de conforto térmico em zoneamento bioclimático da ovinocultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 1., 1995, Jaboticabal.

Anais... Jaboticabal, 1995. p. 251-259.

DU PREEZ, J. D.; GIESECKE, W. H.; HATTINGH, P. J. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. I. Temperature-humidity index mean values during the four main seasons. **Onderstepoort J. Vet. Res.**, v. 57, p. 77-87, 1990a.

DU PREEZ, J. D.; GIESECKE, W. H.; HATTINGH, P. J.; EISENBERG, B. E. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. II. Identification of areas of potential heat stress during summer by means of observed true and predicted temperature-humidity index values. **Onderstepoort J. Vet. Res.**, v. 57, p. 183-187, 1990b.

KLINENDIST, P. G.; WILHITE, D. A.; HAHN, G. L. et al. The potential effects of climate change on summer season dairy cattle milk production and reproduction. **Climatic Change**, v. 23, p. 21-36, 1993.

LEVA, P. Impacto ambiental en la producción lechera en la Cuenca Central Argentina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., Goiânia, 1998. **Anais...** Goiânia, 1998. p. 120-136.

NASCIMENTO, J.; LEME, P. R.; FREITAS, M. A. R. et al. Zoneamento ecológico da pecuária bovina do Estado de São Paulo. **B. Industr. Anim.**, v. 32, p. 185-237, 1975.

PIRES, M. F. Á.; SATURNINO, H. M.; VERNEQUE, R. S.; FERREIRA, A.M. Efeito das estações (verão e inverno) na temperatura retal e frequência respiratória de vacas Holandesas confinadas em *free stall*. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 50, n. 6, p. 747-752, 1998.

SEDYIAMA, G. C.; MELO JR.; J. C. F.; SANTOS, A. R.; SOUZA, J. A.; CATALUNHA, M. J. Modelo para estimativa das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual georreferenciados para o Estado do Espírito Santo. In: CONBEA, 2001, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz de Iguaçu, 2001. p. 43.

VALTORTA, S.; GALLARDO, M. El estres por calor en producción lechera. **Temas de Producción Lechera**, n. 81, p. 85-112, out. 1996.