



**ZONEAMENTO DE ÍNDICE DE CONFORTO
TÉRMICO ANIMAL E HUMANO PARA A
REGIÃO SUDESTE DO BRASIL**

LUTÉRCIA MARIA FERREIRA DE OLIVEIRA

2004

LUTÉRCIA MARIA FERREIRA DE OLIVEIRA

**ZONEAMENTO DE ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO
ANIMAL E HUMANO PARA A REGIÃO SUDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2004

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Oliveira, Lutércia Maria Ferreira de
Zoneamento de índice de conforto térmico animal e humano para a
Região Sudeste do Brasil / Lutércia Maria Ferreira de Oliveira. -- Lavras :
UFLA, 2004.
110 p. : il.

Orientador: Tadayuki Yanagi Junior.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Produção animal. 2. Conforto térmico. 3. Ambiente térmico. 4. Clima. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-612.01426

LUTÉRCIA MARIA FERREIRA DE OLIVEIRA

**ZONEAMENTO DE ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO ANIMAL E
HUMANO PARA A REGIÃO SUDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Construções Rurais e Ambiente, para a obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 16 de Setembro de 2004

Profa. Dr^a. Elizabeth Ferreira

UFLA

Prof. Dr. Luiz Gonsaga de Carvalho

UFLA

Prof. Dr. Vitor Hugo Teixeira

UFLA

Profa. Dr^a. Ilda de Fátima Ferreira Timóco

UFV

Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior

UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A DEUS, companheiro e mestre de todas as horas.

Aos meus pais, Tércio (in memorian) e

Maria Lúcia,

OFEREÇO.

À família, sempre presente;

Àqueles que souberam compartilhar, mesmo à distância,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Engenharia pela oportunidade e apoio na realização desta dissertação.

Ao prof. Tadayuki Yanagi Junior pelo incentivo, dedicação, disponibilidade, amizade e paciência demonstrados nos momentos mais difíceis e, acima de tudo, pela orientação segura e correta durante o curso e na realização deste trabalho.

Aos professores Elizabeth Ferreira, Luiz Gonsaga de Carvalho e Vitor Hugo Teixeira, pela colaboração e pelas sugestões apresentadas, que possibilitaram a conclusão deste trabalho.

À professora Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, pelo exemplo de confiança e estímulo.

Aos professores Antônio Tibiriçá, Fernando Baêta, José Augusto Pessoa e Pedro Novaes, pelo incentivo e apoio no início do curso.

A Mariano Pereira da Silva, por ter cedido o banco de dados dos elementos climáticos.

Às funcionárias do Departamento de Engenharia, sempre prestativas.

A Francisco Cardoso e Edson Bhering pela compreensão e auxílio durante meu afastamento.

À família Weinstein pelos bons exemplos e pelo constante incentivo.

Ao colega Pedro Antônio dos Santos, pela cooperação e amizade.

Às amigas e amigos pela convivência e, acima de tudo, pela paciência e compreensão dedicadas durante a construção desse sonho: Alessandra, Bruno, Daniela, Emanuelle, Regilene, Mônica, Ana e Paula pela convivência e amizade.

A Soninha e Simone pela ajuda insubstituível. A Beth Andrade, Sílvia Yanagi e José Luiz Cabral, mesmo distantes, pela constante amizade.

Aos familiares pelo insubstituível carinho e apoio em todos os momentos.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 3 |
| 2.1 Conforto e desconforto térmico animal..... | 3 |
| 2.1.1 Influência da temperatura no conforto térmico animal..... | 4 |
| 2.1.2 Influência da umidade relativa no conforto térmico animal..... | 8 |
| 2.1.3 Influência da velocidade do ar no conforto térmico animal..... | 10 |
| 2.1.4 Índices térmicos do ambiente..... | 11 |
| 2.2 Conforto e desconforto térmico humano..... | 15 |
| 2.2.1 Influência da temperatura no rendimento humano..... | 16 |
| 2.2.2 Influência da umidade relativa no rendimento humano..... | 18 |
| 2.2.3 Índices de conforto térmico..... | 21 |
| 2.3 Caracterização geográfica e climática da região sudeste do Brasil..... | 29 |
| 2.4 Zoneamento bioclimático. | 32 |
| 3. METODOLOGIA..... | 33 |
| 3.1 Série de dados dos elementos climáticos..... | 33 |
| 3.2 Zonas de conforto e desconforto térmico..... | 34 |
| 3.3 Estimativa do índice de temperatura e umidade (ITU)..... | 36 |
| 3.4 Geração de mapas temáticos..... | 40 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 43 |
| 4.1 Variação sazonal e espacial do índice de temperatura e umidade médio mensal ($ITU_{méd}$)..... | 43 |
| 4.2 Variação sazonal e espacial do índice de temperatura e umidade máximo mensal ($ITU_{máx}$)..... | 54 |

| | |
|---|-----|
| 4.3 Variação sazonal e espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade (ITU) dentro dos intervalos considerados..... | 65 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 98 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 99 |
| 7 ANEXOS..... | 107 |

RESUMO

OLIVEIRA, Lutécia Maria Ferreira de. **Zoneamento de índice de conforto térmico animal e humano para a Região Sudeste do Brasil.** 2004. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola na área de Construções Rurais e Ambiência)* - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

O objetivo principal desta pesquisa foi avaliar as condições térmicas da Região Sudeste do Brasil por meio do índice de temperatura e umidade (ITU) e fazer o zoneamento bioclimático relacionado ao conforto térmico animal e de trabalhadores rurais. Valores de ITU foram estimados a partir de 21 anos de dados de temperatura de bulbo seco e umidade relativa, de 1980 a 2000, obtidos pelo projeto denominado *Reanalysis* do *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) e *National Center for Atmospheric Research* (NCAR). Quatro intervalos de ITU foram usados para classificar o nível de conforto humano ($ITU < 74$: Conforto, $74 \leq ITU < 79$: quente, $79 \leq ITU < 84$: muito quente e $ITU \geq 84$: extremamente quente) e dois para classificar a produção animal ($79 \leq ITU < 84$: perigo e $ITU \geq 84$: emergência). Assim, o zoneamento bioclimático da Região Sudeste do Brasil ao longo do ano foi feito com base nos intervalos de ITU definidos previamente. Os intervalos estudados foram o índice temperatura e umidade médio ($ITU_{\text{méd}}$), o índice de temperatura e umidade máximo ($ITU_{\text{máx}}$) e o número de horas de ocorrência de $ITU < 74$, $74 \leq ITU < 79$, $79 \leq ITU < 84$ e $ITU \geq 84$. No geral, os resultados mostraram maiores riscos de desconforto térmico entre os meses de Outubro a Abril quando comparados aos meses compreendidos entre Maio e Setembro, sendo que o pior período ocorreu entre Dezembro e Março. Apesar de a ocorrência mensal de valores de ITU entre 79 e 84 ter sido observada em no máximo 3,6% do período estudado, tanto os trabalhadores rurais quanto os animais podem sofrer certo grau de estresse térmico durante os períodos mais quentes do dia. Não foram verificados valores de ITU maiores que 84 para a Região Sudeste do Brasil. Dependendo deste grau de estresse térmico, a produção animal e o desempenho humano podem ser afetados negativamente. Ademais, o risco de acidentes nas granjas pode aumentar nestes períodos.

* Comitê Orientador: Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior - UFLA (Orientador), Profa. Dr^a. Elizabeth Ferreira – UFLA, Prof. Dr. Luiz Gonsaga de Carvalho - UFLA.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Lutécia Maria Ferreira de. Mapping the animal and human thermal index for the southeast of Brazil. 2004. 110 p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering in the Structures and Environment)* - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

The aim of this research was to evaluate the thermal condition of the southeast of Brazil, through temperature-humidity index (THI), and map the areas with respect to animal production and farm-worker thermal comfort. Twenty one years of data, from 1980 to 2000, were used in this study. THI was estimated through dry-bulb temperature (tdb) and relative humidity (RH) obtained from the Reanalysis Project from National Centers for Environmental Prediction (NCEP) and the National Center for Atmospheric Research (NCAR). Four intervals of THI were used to classify the human performance (THI<74: Comfort, $74 \leq \text{THI} < 79$: warm, $79 \leq \text{THI} < 84$: hot and $\text{THI} \geq 84$: very uncomfortable) and two for animal production ($79 \leq \text{THI} < 84$: dangerous and $\text{THI} \geq 84$: emergency). Thus, the bioclimatic mapping of the southeast of Brazil throughout the year was performed based on the THI intervals described previously. The variables studied were mean, temperature-humidity index (THImean), mean temperature-humidity index maximum (THImax) and, number of hours of THI<74, $74 \leq \text{THI} < 79$, $79 \leq \text{THI} < 84$ and $\text{THI} \geq 84$. Overall, the results showed greater risk of thermal discomfort between October and April compared to the period between May and September. The worst period was between December and March. Although it was observed that the THI between 79 and 83 occurs in less than 3.6% of time. The farm-workers in the same way as the animals could suffer certain degree of thermal stress during the hot periods of the day. Values of THI greater than 84 for the south of Brazil were not verified. The animal production and human performance could be affected negatively, depending on the degree of the thermal stress. Indeed, the risk of accidents in the farms could be increased during these periods.

* Guidance Commite: Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior - UFLA (Adviser), Prof. Dr. Elizabeth Ferreira – UFLA, Prof. Dr. Luiz Gonsaga de Carvalho - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A produção animal e de derivados animais é de grande importância para o agronegócio brasileiro, sendo fonte relevante de divisas para o país.

O Brasil possui grande potencial de crescimento das fronteiras mercadológicas, principalmente devido aos progressos tecnológicos nas áreas de genética, nutrição, manejo e sanidade, que transformam a produção animal e de derivados animais em grande empreendimento econômico provedor de proteína animal, na forma de carne e ovos para a população.

Apesar da indiscutível importância econômica e social da produção de carne, leite e ovos no mundo e dos avanços obtidos, a ambiência animal ainda é de aplicação restrita, principalmente entre os pequenos e médios produtores.

Este panorama tende a ser alterado nos próximos anos, pois o mercado globalizado impõe exigências, seja quanto à qualidade como ao custo, visando a aceitação de produtos. Desta forma, a aplicação de novas tecnologias indica ser primordial para planejar e otimizar a produção, aumentar a produtividade e reduzir os custos, entre outros fatores. Exemplos comuns de tecnologias tratadas são rastreabilidade animal; bem estar animal e dos trabalhadores envolvidos no ciclo de produção; poluição do ar, solo e mananciais, dentre outros.

Contudo, a necessidade de intensificação da produção animal com a redução do tempo de obtenção de um determinado produto (tais como: redução do tempo de engorda, antecipação do ciclo de produção de ovos e o aumento da densidade de alojamentos de animais), contrapõe-se às exigências cada vez mais acirradas do mercado consumidor quanto às leis de preservação ambiental.

Atualmente, a demanda por produtos politicamente corretos, levando em consideração as questões ambientais, de segurança alimentar do consumidor e de bem estar dos animais, começa a influenciar e redirecionar o desenvolvimento da produção animal no Brasil. Países importadores,

principalmente da Europa, têm estabelecido regras que afetam diretamente os países produtores de proteínas de origem animal no mundo.

Dentre as questões citadas anteriormente, o conforto térmico é um dos fatores que pode proporcionar melhorias no bem estar animal, sendo, neste caso, o conhecimento dos elementos climáticos imprescindível para o projeto e manejo da criação.

Por outro lado, enquanto a ambiência animal tem recebido maior atenção por parte dos pesquisadores, poucos estudos têm sido conduzidos com relação à ambiência do trabalhador rural. Têm-se percebido que o rendimento e o risco de acidentes dos trabalhadores estão mais relacionados ao desconforto térmico.

Para o projeto e manejo de instalações para produção animal e para verificar as condições de conforto térmico humano, pode-se utilizar informações advindas de bancos de dados, principalmente meteorológicos.

A partir do desenvolvimento da tecnologia de sistema de informações geográficas (SIG), que permite manipular estes dados, pode-se gerar mapas temáticos que permitem, por exemplo, fazer o zoneamento bioclimático de uma determinada região.

Com base no exposto objetivou-se, com este trabalho, estudar o efeito do clima, por meio do índice de temperatura e umidade (ITU), no conforto térmico animal e humano para a Região Sudeste do Brasil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conforto e desconforto térmico animal

Nos países tropicais, um dos desafios a ser considerado para o sucesso da produção animal é a redução dos efeitos climáticos sobre os animais. Para tal, é necessário caracterizar o ambiente térmico.

O ambiente térmico normalmente engloba os efeitos da radiação solar, temperatura do ar, a qual é representada pela temperatura de bulbo seco (t_{bs}), velocidade do ar (v), umidade relativa (UR) e temperatura efetiva (t_{ef}) (Falco, 1997; Baeta & Souza, 1997), e seus efeitos sobre os animais podem ser avaliados por meio do comportamento e das respostas fisiológicas.

As características térmicas de uma região são geralmente avaliadas pela t_{bs} , a qual varia com a altitude local, a proximidade do mar e o paisagismo, além da movimentação de massas de ar que fazem com que haja oscilação, possibilitando, desta forma, a determinação de índices indicativos que caracterizam as regiões. Assim, a t_{bs} é um dos principais elementos para a caracterização térmica de uma região, destacando-se pela facilidade de medição e pela disponibilidade para diversas localidades brasileiras.

Sabendo-se que a produção animal é o resultado do potencial genético das espécies e conhecendo-se sua interação com a nutrição, sanidade, manejo e fatores ambientais, verifica-se que muitos animais não conseguem exprimir suas potencialidades produtivas sob as condições adversas do meio em que vivem. Assim, o ambiente constitui-se em um dos responsáveis pelo sucesso ou fracasso dos empreendimentos, uma vez que pode ser definido como a soma dos impactos dos meios biológicos e físicos circundantes sobre os animais (Curtis, 1983).

No Brasil, as principais condições limitantes de adaptação dos animais para a produção têm sido os altos valores de t_{bs} , associados a altos valores de UR, que ocorrem em algumas regiões, o que reduz a produtividade de algumas espécies estabelecidas, quando comparados aos níveis de produção em climas subtropicais e temperados.

Portanto, de todos os fatores que afetam o ambiente, o clima é, sem dúvida, o mais importante, e a reação de eficiência produtiva e reprodutiva de qualquer animal se relaciona com estímulos aos ambientes em que vive. Contudo existe, para cada espécie, uma faixa de condições ambientais, denominada zona de conforto térmico, na qual o animal apresenta os melhores resultados com o menor gasto energético e mínimo esforço dos mecanismos termorregulatórios, possibilitando melhor conversão alimentar, rápido crescimento corporal e menor mortalidade (Curtis, 1983).

2.1.1 Influência da temperatura no conforto térmico animal

A t_{bs} é o principal elemento climático condicionante para o conforto térmico e funcionamento geral dos processos fisiológicos, afetando diretamente a velocidade das reações que ocorrem no organismo e influenciando a produção animal.

Assim, o conhecimento das temperaturas médias, máximas e mínimas de determinada região é fundamental para o projeto e manejo de instalações para produção animal. A escolha dos materiais construtivos mais adequados, a definição do tipo de ventilação a ser adotada, bem como a verificação da necessidade de se usar algum tipo de sistema de resfriamento evaporativo são exemplos a serem citados.

Dentre as atividades da pecuária em escala comercial no Brasil, a avicultura, a suinocultura e a bovinocultura são as de maior importância para o agronegócio brasileiro.

Para as aves, a faixa de temperatura de conforto térmico ou zona termoneutra, varia de acordo com a espécie e sua constituição genética, idade, peso e tamanho corporal, estado fisiológico, dieta alimentar, exposição prévia ao calor (aclimatação), variação da t_{bs} e UR, v e radiação solar incidente no ambiente de criação (Teeter, 1990). Fabrício (1994) cita as seguintes temperaturas ambientais como sendo as ideais para frangos de corte do nascimento ao abate (Quadro 1).

Quadro 1. Temperaturas ambientais ideais para frangos de corte, de acordo com a fase de criação.

| Manual Cobb de frangos de corte | | Sadia-Concórdia S/A | |
|---------------------------------|------------------|---------------------|------------------|
| Idade (dias) | Temperatura (°C) | Idade (dias) | Temperatura (°C) |
| 1 – 7 | 35 | 1 – 3 | 31 |
| 8 – 14 | 32 | 4 – 7 | 28 |
| 15 – 21 | 29 | 8 – 14 | 26 |
| 22 – 28 | 27 | 15 – 21 | 24 |
| 29 – 35 | 24 | 22 – 30 | 23 |
| 35 – abate | 21 | 31 – abate | 21 |

Fonte: Fabrício (1994).

A zona de conforto térmico para aves a partir da segunda e terceira semanas de vida oscila entre t_{bs} de 15°C e 26°C, para valores de UR de 50% a 70%, segundo Yousef (1985), estando de acordo com os limites sugeridos para frangos de corte adultos, que variam de 15°C a 25°C (Milligan & Winn, 1964; Reece et al., 1986; Curtis, 1983; Esmay & Dixon, 1986 e Timmons & Gates 1988), podendo variar em função da sua constituição genética, idade, sexo, tamanho corporal, peso, dieta e exposição prévia ao calor (aclimatação).

De acordo com Silva (2000), os frangos são muito sensíveis a temperaturas elevadas por serem animais que não se ajustam perfeitamente a extremos de temperatura, por possuírem alto metabolismo e por terem grande capacidade de retenção de calor sob sua cobertura corporal. Portanto, em situações de grande amplitude térmica, as aves têm sua sobrevivência ameaçada, particularmente acima de 38°C e sob condições de alta UR. Nessas situações, as aves diminuem o ganho de peso e a eficiência de conversão alimentar.

Normalmente, a temperatura corporal (t_c) das aves situa-se entre 40,6°C a 43,0°C, com média de aproximadamente 41,5°C, sendo que o limite superior de segurança é de 45°C (Yanagi Junior, 2002).

No que se refere à alimentação, estudos realizados por Teixeira (1983) concluíram que frangos de corte sujeitos a temperaturas do ar acima de 26,7°C, durante pelo menos doze horas por dia, tiveram menor ganho de peso quando comparados aos criados em temperaturas mais amenas. Medeiros (2001) cita as prováveis conseqüências das variações da temperatura sobre o comportamento produtivo das aves (Quadro 2).

Quadro 2. Influência da temperatura sobre a produtividade de aves.

| t_{bs} (°C) | Conseqüências |
|---------------|--|
| < 10 | Redução no ganho de peso e na eficiência alimentar; |
| 10 a 21 | Eficiência alimentar permanece afetada; |
| ≤ 20 | Elevação da UR não interfere na perda de calor por evaporação; |
| 15 a 26 | Melhor eficiência alimentar e ganho de peso; |
| 20 | Ideal para ganho de peso de aves de corte. Cada 1°C a mais entre 21 e 30°C e 32 a 38°C implica em decréscimo na ingestão alimentar de 1,5 e 4,6%, respectivamente; |
| 29 a 32 | Consumo alimentar diminui; ganho de peso é baixo; |
| 32 a 35 | Consumo alimentar diminui; ganho de peso é baixo. Consumo alimentar continua decrescente. O consumo de água passa a ser superior ao dobro do normal; nesta faixa de temperatura ambiente a temperatura interna da ave começa a aumentar; |
| 35 a 38 | Prostração por calor: medidas emergenciais são necessárias para o resfriamento das aves. A luta pela sobrevivência é o interesse maior nessa faixa de temperatura. |

Fonte: Medeiros (2001).

Contudo, Suk & Washburn (1995) observaram, em estudos com aves de 4 a 7 semanas, que o ganho de peso e consumo alimentar foram maiores quando mantidas sob t_{bs} de 21,1°C, em comparação a ambientes de 26,7°C.

Para os bovinos adultos de raças européias, a zona de conforto térmico está compreendida pelo intervalo de -1 a 16°C. Nääs (1989) e Yousef (1985) citam a faixa de 13 a 18°C como sendo de conforto para a maioria dos ruminantes, sendo de 4 a 24°C especificamente para vacas em lactação; em função da UR e da radiação solar, esta faixa poderá se restringir ao intervalo de 7° a 21°C. Estes valores estão próximos ao intervalo reportado por Huber (1990) e citado por Baccari (1998), que é de 4 a 26°C.

De acordo com Müller (1989), as raças bovinas européias diminuem o potencial de crescimento quando submetidas à temperatura constante acima de 24°C, sendo que os efeitos negativos se agravam para temperaturas de 29 a 32°C,

quando cessa o aumento de peso; em temperaturas acima de 41°C sobrevém a prostração, especialmente se a UR é alta.

Em relação ao crescimento pós-natal, a estação em que ocorre o nascimento afeta as crias em lactação, que dependem tanto do meio circundante quanto dos fatores ambientais impostos à mãe, refletidos na quantidade de leite.

Para suínos, as faixas de conforto térmico podem ser categorizadas conforme mostra o Quadro 3.

Quadro 3. Temperaturas ambientais ideais para suínos, de acordo com a fase de criação.

| Categoria | | Temperatura ideal (°C) | |
|-------------|---------------|------------------------|--------|
| | | Mínima | Máxima |
| Porcas | | 12 | 18 |
| Leitões | Nascimento | 30 | 32 |
| | 1 semana | 27 | 28 |
| | 2 semanas | 25 | 26 |
| | 3 semanas | 22 | 24 |
| | 4 semanas | 21 | 22 |
| | 5 a 8 semanas | 20 | 22 |
| | 20 – 30 kg | 18 | 20 |
| | 30 – 60 kg | 16 | 18 |
| 60 – 100 kg | 12 | 18 | |

Fonte: Adaptado de Esmay (1982), Nääs et al. (1995 e 1998) citados por Silva (1999).

2.1.2 Influência da umidade relativa no conforto térmico animal

Dentro de uma instalação zootécnica, a UR é função da temperatura do ambiente de criação, do fluxo de vapor d'água oriundo dos animais, das fezes e/ou da cama e do sistema de ventilação (Baião, 1995; Zanolla, 1998). Os elementos meteorológicos mais importantes e que dificultam a dissipação do

calor corporal pelos animais são a t_{bs} e UR e a radiação solar incidente no ambiente.

A partir do momento em que a t_{bs} atinge valores acima da temperatura corporal do animal, cessa o processo de vasodilatação e a perda de calor fica condicionada à capacidade do organismo em dissipar o excesso de calor pela evaporação, que é influenciada pela UR.

Em ambientes quentes, a evaporação cutânea sofre os efeitos da elevação da UR, que reduz o gradiente de vapor d'água presente no local, diminuindo o potencial de evaporação do vapor d'água entre a pele do animal e o meio que o cerca.

No caso específico das aves, a faixa de UR considerada satisfatória para a melhor produção de frangos de corte estaria situada entre 35% e 75%, segundo Hicks (1973); entre 50% e 60%, segundo Donald (1998); e entre 70% a 85%, segundo Tinôco (1988). Para esses autores, as trocas térmicas entre o animal e o meio não são afetadas nesse intervalo de UR. Por não apresentarem glândulas sudoríparas, seu principal recurso de resfriamento corporal reside no fato de serem ofegadoras e o resfriamento evaporativo se processar nas membranas que envolvem as vias respiratórias, o que não as impede de perder certa quantidade de calor através da dissecação constante da umidade da pele; contudo, quanto mais elevada for a UR, maior a dificuldade de dissipação do calor corporal para o meio.

Para suínos em geral, o intervalo de UR ideal é de 50% a 70% (Esmay, 1982; Nääs et al., 1995 e 1998).

Com relação aos bovinos, cerca de 75% da troca de calor corporal com o ambiente, são feitos por meio da condução, da convecção e da evaporação, sendo importante, portanto, que a UR não ultrapasse 70% (Nääs, 1989).

2.1.3 Influência da velocidade do ar no conforto térmico animal

A ação da velocidade do ar sobre os animais, promovida pela ventilação natural ou artificial, pode atuar positivamente na promoção do conforto térmico, sendo que a escolha da ventilação adequada deve ser definida em função da localidade onde se situa a exploração, a hora do dia e período do ano.

Portanto, a partir do conhecimento das necessidades ambientais das espécies, do tipo de manejo, clima local e das características da tipologia construtiva, pode-se projetar as aberturas que atendam às necessidades de ventilação para os animais.

A renovação do ar no interior da instalação permite a redução da transferência de calor da cobertura, facilitando as trocas de calor corporal por convecção e evaporação (Baeta & Souza, 1997), diminuir o excesso de umidade ambiente e de outros gases como NH_3 , CO_2 e H_2S , advindos da cama, da respiração e dos excrementos, evitando as doenças pulmonares.

Para as aves adultas, a velocidade do ar máxima recomendada é de aproximadamente $0,2 \text{ m s}^{-1}$ no inverno e $0,5 \text{ m s}^{-1}$ no verão, segundo estudos de Llobet & Gondolbeu (1980), Vaquero (1981) e Curtis (1983). Contudo, esse limite pode ser menor para as aves mais jovens, para evitar a ocorrência de doenças pulmonares (CURTIS, 1983).

Estudos realizados por Yousef (1985) e Medeiros (2001), sobre a influência do ambiente térmico na produtividade de frangos de corte entre a 4ª e a 6ª semanas de idade, verificaram que as faixas de t_{bs} , UR e v que resultam em maior desempenho ocorrem entre 21 e 27°C , 50 e 70% e $0,5$ e $1,5 \text{ m s}^{-1}$, respectivamente.

Dessa maneira, quando a ventilação natural for insuficiente, a utilização de sistema de ventilação artificial torna-se importante para garantir níveis

adequados de qualidade do ar, atuando positivamente na promoção do conforto térmico.

Diversos autores mostram o efeito atenuante da ventilação sobre o desconforto térmico para aves (Medeiros, 2001; Yanagi Junior et al., 2001 a e b; Yanagi Junior, 2002).

Com relação aos suínos, de acordo com Benedi (1986), citado por Silva (1999), a velocidade do ar recomendada para leitões é de 0,1 a 0,2 m s⁻¹ e para animais adultos, de 0,1 a 0,3 m s⁻¹, estando associada à prevenção de doenças como a pneumonia.

Para bovinos, Hahn (1982) sugere, para uma melhor produção leiteira em climas quentes, que a v seja aproximadamente de 8 m s⁻¹.

2.1.4 Índices térmicos do ambiente

Desde que foram reconhecidas as diferenças entre os animais quanto à capacidade de enfrentar as variações climáticas do meio em que vivem, têm sido feitas tentativas para que se estabeleçam critérios de classificação dos diversos ambientes e combinações de fatores que proporcionem conforto térmico aos animais.

Desta forma, tem-se buscado o desenvolvimento de índices de conforto térmico que procuram englobar, em um único parâmetro, o efeito conjunto dos elementos meteorológicos e do ambiente construído, relacionando os fatores e as condições que proporcionam respostas iguais por parte dos indivíduos estudados. Portanto, vários índices de conforto e desconforto térmico foram propostos com o objetivo de avaliar as condições ambientais para produção animal.

Visando definir zonas de conforto para humanos, sendo também usado para avaliação de conforto térmico para animais, Thom (1959) desenvolveu o índice de temperatura e umidade (ITU), englobando os efeitos das temperaturas de bulbo seco e temperatura do ponto de orvalho, conforme descrito a seguir:

$$ITU = t_{bs} + 0,36 t_{po} + 0,42 \quad (1)$$

em que

t_{bs} : temperatura de bulbo seco (°C);

t_{po} : temperatura do ponto de orvalho (°C).

De acordo com o National Weather Service Central Region-NWSCR (1976), valores de ITU menores que 74 configuram conforto térmico; ITU entre 74 e 79 representam situações de alerta para os produtores e perigo para a produção; entre 79 e 83 indicam situações de perigo e valores acima de 84 configuram situações de emergência.

O ITU também tem sido usado como ferramenta de manejo nas instalações, alertando os produtores quanto às condições climáticas desfavoráveis ou que tragam risco aos animais.

Com base nessas categorias, pesquisas desenvolvidas por Hubbard et al. (1999) sobre o ITU identificaram três fatores que podem ser fatais aos animais domésticos em períodos quentes: o número de dias com ITU maior que 84; a duração da ocorrência de ITU ≥ 84 por dia e períodos de dias consecutivos e a magnitude dessa ocorrência, compreendendo-se por magnitude o número de horas de ocorrência e o nível de intensidade de ITU (Hahn & Mader, 1997).

Apesar de o ITU ainda ser muito utilizado, principalmente nos países de clima temperado, onde as instalações zootécnicas possuem bom isolamento

térmico, tem-se buscado incorporar a velocidade do ar ao ITU, em estudos das condições de desconforto por calor.

Recentemente, Tao & Xin (2003) desenvolveram o índice de temperatura, umidade e velocidade do ar (ITUV) para frangos de corte sujeitos a condições agudas de desconforto térmico por calor (equação 2).

$$ITUV = (0,85 \cdot t_{bs} + 0,15 \cdot t_{bu}) \cdot v^{-0,058} \quad (2)$$

em que

v : velocidade do ar ($m s^{-1}$).

Outros índices incorporando t_{bs} , UR e v têm sido desenvolvidos. A equação 3 mostra o índice ambiental de produtividade para frangos de corte (IAPfc) desenvolvido por Medeiros (2001) e a equação 4 mostra o índice de desconforto térmico (IDT) para galinhas poedeiras, desenvolvido por Yanagi Junior (2001a).

$$\begin{aligned} IAPFc = & 45,6026 - 2,31072 \cdot t_{bs} - 0,368331 \cdot UR + 9,70922 \cdot v + \\ & 0,0549243 \cdot t_{bs}^2 + 0,00121828 \cdot UR^2 + 0,66329 \cdot v^2 + \\ & 0,0128968 \cdot t_{bs} \cdot UR - 0,300928 \cdot t_{bs} \cdot v - 0,05952 \cdot UR \cdot v \end{aligned} \quad (3)$$

em que

UR: umidade relativa do ar (%).

$$\begin{aligned} IDT = & -15,17 \cdot (\pm 1,42) + 18,62 \cdot (\pm 1,64) \cdot (t_{bs})_n - \\ & 0,92 \cdot (\pm 0,44) \cdot (DVP_{ar} \cdot \sqrt{v})_n \end{aligned} \quad (4)$$

sendo

$$(t_{bs})_n = \frac{t_{bs}}{(t_{bs})_{\max}}, \quad (t_{bs})_{\max} = 41^{\circ}C;$$

$$(DVP_{ar} \cdot \sqrt{v}) = \frac{DVP_{AR} \cdot \sqrt{v}}{(DVP_{ar} \cdot \sqrt{v})_{\max}}, \quad (DVP_{ar} \cdot \sqrt{v})_{\max} = 5,8 \text{ kPam}^{-1}$$

DVP: déficit de vapor de pressão do ar, kPa;

(±1,42), (±1,64), (±0,44) = desvios padrões.

Sabendo-se que a radiação térmica é um elemento importante nas avaliações de ambientes no interior de instalações avícolas brasileiras, recomenda-se o uso do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981), em razão de incorporar a t_{bs} , a UR, a v e a radiação em um único valor (equação 5). A temperatura de globo negro pode ser determinada por meio da temperatura média radiante (T_m), obtida via balanço de calor na superfície do globo, onde o calor ganho ou perdido por radiação no globo deve ser igual ao calor ganho ou perdido por convecção.

$$ITGU = 0,72 (t_{gn} + t_{bu}) + 40,6 \quad (5)$$

em que

t_{gn} : temperatura do globo negro ($^{\circ}C$);

t_{bu} : temperatura de bulbo úmido ($^{\circ}C$).

Para frangos de corte, Tinôco (1988) constatou que valores de ITGU superiores a 75,0, para condições de verão, provocam desconforto e agravamento da situação de estresse a partir dos 15 dias de vida.

Teixeira (1983) verificou que valores de ITGU entre 78,5 e 81,6 mostraram ser adequados ao ganho de peso e conversão alimentar para a fase de 1 a 14 dias de idade e que, para frangos de corte entre 43 a 49 dias, valores de

ITGU entre 73,3 a 80,5 refletiram em aumento de 41% na conversão alimentar e redução de 37,2% no ganho de peso.

Um das desvantagens do uso deste índice para se fazer o zoneamento bioclimático é a inexistência de medições de t_{gn} nas estações meteorológicas distribuídas ao longo do país.

2.2 Conforto e desconforto térmico humano

Para o corpo humano, a percepção da temperatura do ambiente que o envolve muda de acordo com as condições atmosféricas e a razão para essa mudança está relacionada com as trocas de calor com o meio que o envolve. Embora se saiba que altos valores de t_{bs} e UR resultam em desconforto térmico, geralmente prejudicial para os seres humanos, muito pouco tem sido feito no sentido de amenizar o desconforto térmico e o conseqüente prejuízo à saúde dos trabalhadores rurais.

Por ser um animal homeotérmico, normalmente as condições climáticas não interferem na temperatura interna do corpo humano, a qual, devido a processos termorregulatórios, permanece aproximadamente constante, aos 37°C, podendo variar em condições de ambientes muito adversos, dentro de limites estreitos, variando de 33° a 41°C, e tendo com o limite inferior 32°C e para sobrevivência, em estado de enfermidade, um limite superior de 42°C (Dul & Weerdmeester, 1993).

Ainda segundo Dul & Weerdmeester (1993), quando a t_{bs} ultrapassa os limites críticos, o organismo humano não consegue mais equilibrar sua temperatura corporal, geralmente em torno de 37°C (de 36,1 a 37,2°C), iniciando, assim, alterações comportamentais e fisiológicas para que o organismo consiga ajustar sua temperatura interna, regulando suas funções vitais.

Sendo assim, o conforto térmico pode ser considerado como uma questão determinante para o desempenho de certas atividades, uma vez que ambientes fora das condições climáticas adequadas provocam vários danos à saúde do ser humano, entre os quais fadiga, elevação do ritmo cardíaco e da temperatura média corporal, o que vem a provocar a extenuação física e nervosa e a diminuição do rendimento, aumentando os riscos de acidentes no trabalho, além de expor o organismo a adquirir diversas doenças como a hipertermia, tonturas, desidratação, doenças da pele, distúrbios psiconeuróticos e catarata, entre várias outras (Couto, 1987).

Dessa maneira, a grande preocupação com o ambiente térmico está relacionada à manutenção da homeotermia, assegurando-se de que o fluxo de calor produzido pelo corpo humano seja igual àquele cedido para o ambiente, porque, mesmo em estado de repouso, o organismo produz calor. Essa atividade, denominada metabolismo basal, depende da idade, sexo, peso e tamanho corporal, sendo o calor gerado a partir da degradação da energia necessária para a manutenção das funções vitais (Couto, 1987; Iida, 1990).

Portanto, o conforto térmico do ambiente de trabalho depende principalmente da t_{bs} , UR, v, do tipo de atividade física e do vestuário utilizado.

Verifica-se, assim, que é de fundamental importância, desde o projeto das instalações, a observação do conforto térmico dos trabalhadores e usuários de modo a proporcionar bem estar, redução do risco de acidentes e aumento de produtividade.

2.2.1. Influência da temperatura no rendimento humano

A temperatura do ar, representada pela temperatura de bulbo seco (t_{bs}), tem influência sobre a perda de calor do corpo humano para o meio que o cerca e sobre a temperatura do ar expirado (Höppe, 1999). Dessa maneira,

temperaturas elevadas são consideradas obstáculos à dissipação do calor por convecção, podendo, inclusive, causar um ganho de calor pelo corpo quando for mais elevada que a temperatura da pele.

De acordo com a Portaria do Ministério do Trabalho 3.214/NR-15 (1998), para o homem, a t_{bs} não pode ultrapassar 30°C no ambiente de trabalho quando forem exercidas atividades leves. Estudos demonstram que situações com t_{bs} acima de 30°C aumentam o risco de danos à saúde do trabalhador, uma vez que o organismo passa a ter como uma das prioridades a dissipação do calor corporal; as pausas tornam-se maiores e mais frequentes, diminuindo o ritmo de trabalho e o grau de concentração, elevando a frequência de erros e acidentes (Tida, 1990).

Nessas condições ocorre, também, uma significativa diminuição da possibilidade de trabalho físico; segundo relatos de Couto (1996), quanto mais quente estiver o ambiente de trabalho, menor a tolerância do trabalhador à atividade física e mental, e quanto mais intenso for o trabalho físico, menor será a tolerância do trabalhador ao ambiente quente.

De acordo com o Quadro 4, estudos realizados pela NASA (2004), tomando por referência a condição ideal de temperatura ambiente para o rendimento humano de 24°C , situação em que praticamente não ocorrem prejuízos ao rendimento e o nível de erros de desempenho humano é da ordem de $1/200$ (0,5%), concluíram que, em áreas de trabalho com t_{bs} igual a 30°C , a produtividade decresce cerca de 20%, havendo um aumento de 75% na frequência de erros. Com o incremento de 2°C na t_{bs} , ou seja, a 32°C , observa-se que a frequência de erros aumenta, chegando a 270% em relação à temperatura ideal de 24°C ; isto é, o nível de erros, que era da ordem de $1/200$, atinge $3,7/200$.

Quadro 4. Redução do rendimento humano e aumento da porcentagem de erros em função da temperatura de bulbo seco (t_{bs}).

| t_{bs} (°C) | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 |
|-------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rendimento (%) | 0 | -6,5 | -12,5 | -20,0 | -28,5 | -39,0 | -51,0 | -64,5 | -76,5 |
| Frequência de Erros (%) | +0,5 | +3,5 | +12 | +75 | +270 | +550 | >+700 | - | - |

Fonte: NASA (2004).

Contudo, o grau de desconforto causado pelo calor pode variar de acordo com a idade do indivíduo, seu estado de saúde e características fisiológicas. No Quadro 5 são listados alguns possíveis sintomas de desconforto térmico e doenças associadas a intervalos de temperatura aparente.

Quadro 5. Sintomas apresentados por humanos em função de intervalos de temperatura aparente.

| Temp. Aparente | Nível de Perigo | Síndrome de Calor (sintomas) |
|----------------|-----------------|--|
| 27° – 32°C | Atenção | Possível fadiga em casos de exposição prolongada à atividade física. |
| 32° – 41°C | Muito cuidado | Possibilidade de câimbras, esgotamento e insolação para exposições prolongadas à atividade física. |
| 41° – 54°C | Perigo | Câimbras, insolação e esgotamento prováveis. Possibilidade de acidente vascular cerebral (AVC) para exposições prolongadas com atividade física. |
| Mais que 54°C | Extremo Perigo | Insolação e dano cerebral (AVC) iminente. |

Fonte: NASA (2004).

2.2.2 Influência da umidade relativa no rendimento humano

A UR interfere diretamente em três mecanismos de perda de água do corpo humano: sobre a difusão de vapor d'água através da pele, ou

transpiração imperceptível, sobre a evaporação do suor da pele, mecanismo de resfriamento do corpo, e sobre a umidificação do ar respirado.


À medida que a temperatura do ambiente se eleva, a perda de calor por condução e convecção é prejudicada, ocorrendo, assim, o aumento na eliminação de calor por evaporação, fazendo com que a transpiração se torne perceptível. Se o ar estiver saturado essa evaporação não é possível, fazendo com que a pessoa ganhe calor enquanto a temperatura do ambiente mantém-se superior à da pele. Em situações de ar seco, a perda do calor pelo corpo ocorre mesmo em altas temperaturas.


Desta forma, a alta UR no ambiente de trabalho, associada a temperaturas elevadas, afeta negativamente o desempenho. Couto (1996) ressalta que a UR deverá situar-se acima de 50% com o objetivo de evitar o aparecimento de eletricidade estática e proteger a pele e os olhos contra o ressecamento.


Por sua vez, Rivero (1986) sugere que a UR esteja compreendida entre 30% e 60% para que haja condição de conforto. O efeito conjunto da t_{es} e da UR sobre a saúde e o conforto térmico humano, é mostrado no Quadro 6, a seguir:

Quadro 6. Efeito da temperatura de bulbo seco (t_{bs}) e da umidade relativa do ar (UR) sobre o conforto térmico humano.

| UR (%) | t_{bs} (°C) | | | | | | | | |
|--------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 21 | 24 | 27 | 29 | 32 | 35 | 38 | 41 | 43 |
| 30 | 19 | 23 | 26 | 29 | 32 | 36 | 40 | 45 | 51 |
| 35 | 19 | 23 | 26 | 29 | 33 | 37 | 42 | 48 | 54 |
| 40 | 20 | 23 | 26 | 30 | 34 | 38 | 43 | 51 | 58 |
| 45 | 20 | 23 | 27 | 31 | 35 | 40 | 46 | 54 | 62 |
| 50 | 21 | 24 | 27 | 31 | 36 | 42 | 49 | 57 | 66 |
| 55 | 21 | 24 | 27 | 32 | 37 | 43 | 52 | 61 | |
| 60 | 21 | 24 | 28 | 32 | 38 | 46 | 56 | 65 | |
| 65 | 21 | 24 | 28 | 33 | 39 | 48 | 59 | | |
| 70 | 21 | 25 | 29 | 34 | 41 | 51 | 62 | | |
| 75 | 21 | 25 | 30 | 35 | 43 | 54 | | | |
| 80 | 22 | 26 | 30 | 36 | 45 | 58 | | | |
| 85 | 22 | 26 | 31 | 37 | 47 | | | | |
| 90 | 22 | 26 | 31 | 39 | 50 | | | | |
| 95 | 22 | 26 | 32 | 41 | | | | | |
| 100 | 22 | 27 | 33 | 42 | | | | | |

 Temperatura ambiente efetiva de 32 a 40 graus: Colapso provocado por calor possível em caso de exposição prolongada.

 Temperatura ambiente efetiva de 40 a 54 graus: Colapso provocado por calor provável em caso de exposição prolongada.

 Temperatura ambiente efetiva acima 54 graus: Colapso provocado por calor muito provável em caso de exposição prolongada.

Fonte: NASA (2004).

2.2.3. Índices de conforto térmico

Estudos sobre o homem e o ambiente que o cerca comprovam que, na medida em que o meio é termicamente mais hostil, aumenta a preocupação do indivíduo sobre esse problema, afastando sua atenção da atividade específica que está realizando, favorecendo a distração e a conseqüente perda de eficiência e segurança nas atividades que realiza. De acordo com Lamberts et al. (1997), pode-se dizer que o homem sente conforto térmico se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo humano for nulo e a temperatura da pele e o suor estiverem dentro de certos limites.

Dessa forma, a partir da necessidade de analisar, simultaneamente, os elementos climáticos e comportamentais mais diretamente relacionadas ao conforto humano, surgiram estudos de escalas de conforto térmico, denominadas de índices termiais.

Os índices de conforto térmico consistem no conjunto das condições em que os mecanismos de autorregulação corporal são mínimos, ou ainda, na zona delimitada por características térmicas em que o maior número de pessoas manifestem se sentir bem (García, 1985; Lamberts et al. 1997).

Normalmente, as pessoas apresentam zonas de respostas fisiológicas e comportamentais de acordo com as condições a que estiverem submetidas e com o nível de atividade que estiverem desempenhando.

Os índices térmicos geralmente são desenvolvidos a partir de um tipo de atividade e vestimenta utilizada pelo indivíduo, relacionando-as com as variáveis do ambiente, de maneira que proporcionem respostas iguais por parte dos indivíduos.

Verifica-se, portanto, que além dos elementos ambientais que influenciam sobre a sensação ou não de conforto pelo corpo humano (t_{bs} , UR, v e temperatura das superfícies que cercam o indivíduo), também a taxa

metabólica, que depende do tipo de atividade desenvolvida (met: W m^{-2}) e o isolamento da vestimenta que ele usa (resistência térmica: $\text{clo: }^{\circ}\text{C W m}^{-2}$), interage na sensação de conforto ou desconforto térmico em seu ambiente de trabalho, seja no meio urbano ou rural, podendo ser considerada como determinante para o desempenho de certas atividades (Lamberts et al. 1997).

Atualmente, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de debater e sugerir limites e orientação para valores adequados de temperaturas de ambientes internos, havendo particular interesse na influência do vestuário e equipamentos especiais na proteção contra riscos em ambientes quentes.

Para isso, a *International Standard Organization* (ISO) objetiva, por meio de legislação que inclui padrões de avaliação de conforto e estresse térmico, a descrição de medições fisiológicas, o monitoramento das respostas do indivíduo em seu ambiente de trabalho e os procedimentos necessários a se adotar para padronizar a obtenção dos índices térmicos (Parsons, 1999).

De acordo com a ASHRAE 55-74 (1974); a ISO 7730 (1984) e a ISO 7726 (1985), os principais fatores de definição de um ambiente térmico são: taxa metabólica, que depende do tipo de atividade do indivíduo; o isolamento térmico ou resistência térmica da vestimenta; e ainda a t_{bs} , UR e v e a temperatura radiante.

A taxa metabólica depende do tipo de atividade exercida pelo indivíduo. Portanto, quanto maior a atividade física, maior será o calor gerado por metabolismo. Por esse motivo, para arquitetos e projetistas deverá existir a preocupação com a função da construção e o nível de atividade a ser realizada, para proporcionar a sensação de conforto aos usuários daquele ambiente.

A taxa de metabolismo atribuída por tipo de atividade desenvolvida é descrita no Quadro 7, de acordo com a especificação da ISO 7730/84:

Quadro 7 - Taxas metabólicas por tipo de atividade.

| TIPO DE ATIVIDADES | TAXAS METABÓLICAS (W m ⁻²) |
|---|---|
| Sentado em repouso; | 100 |
| Sentado, com movimentos de braços e tronco (ex: datilografia); | 125 |
| Sentado, com movimentação de braços e pernas (ex: dirigir); | 150 |
| De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços; | 150 |
| Sentado, com movimentos vigorosos e braços e pernas; | 180 |
| De pé, trabalho moderado, em máquina ou bancada, com alguma movimentação; | 220 |
| Em movimento, trabalho moderado de levantar, empurrar; | 300 |
| Trabalho pesado; | 440 |
| Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex: remoção com pá). | 550 |

Fonte: Couto (1987).

Com relação à vestimenta utilizada, a resistência térmica é de grande importância na sensação de conforto térmico do homem, sendo um parâmetro medido em "clo" ($cloing = ^\circ C W m^{-2}$), em que 1 clo equivale a $0,15^\circ C W m^{-2}$. A troca de calor corporal do indivíduo com o meio será menor quanto maior for a resistência térmica da vestimenta.

Por esse motivo aconselha-se, em clima muito quente, o uso de roupas leves e abertas, pois as roupas longas e grossas dificultam a evaporação, fazendo com que o suor evaporado permaneça entre a pele e a roupa.

O Quadro 8 relaciona o isolamento oferecido por alguns tipos de vestimentas comuns:

Quadro 8 - Exemplos de isolamento de vestimentas.

| VESTIMENTAS | | |
|-----------------------|-------------------|------------------------------|
| Descrição | Isolamento | Resistência térmica |
| | (Clo) | (°C W m⁻²) |
| Camiseta | 0,04 | 0,006 |
| Calças de baixo | 0,10 | 0,016 |
| Casaco | 0,51 | 0,079 |
| Calças compridas | 0,33 | 0,051 |
| Jaqueta | 0,42 | 0,065 |
| Meias | 0,02 | 0,003 |
| Sapatos (solado fino) | 0,02 | 0,003 |

Fonte: ISO 9920 (1995).

Valores de ITU foram calculados por meio de diferentes intervalos de conforto térmico, citados na literatura, obtidos a partir de t_{bs} , UR, v, da atividade desenvolvida pelo indivíduo (Ativ) e da resistência térmica oferecida pela vestimenta (por meio do parâmetro clo), sendo calculados pela equação (1) e mostrados a seguir, no Quadro 9:

Quadro 9 - Limites de conforto térmico humano com base na temperatura de bulbo seco (t_{bs}), umidade relativa (UR), velocidade do ar (v), atividade metabólica do indivíduo (Ativ), resistência térmica medida pelo parâmetro “clo” (Clo) e índice de temperatura e umidade (ITU).

| t _{bs} (°C) | | UR (%) | | v (m s ⁻¹) | Ativ (W) | Clo | ITU | | FONTE |
|-------------------------|------|-----------|-----|---------------------------|-------------|-----|------|------|------------------------------|
| min | máx | min | máx | | | | min. | máx | |
| 18,9 | 25,6 | | 50 | | | | 63,1 | 71,9 | Thom (1959) |
| 20 | 27,7 | 30 | 65 | | | | 61,9 | 76,2 | Olgyay (1963) ⁽²⁾ |
| 18,3 | 29,5 | 20 | 80 | | | | 57,8 | 79,9 | Olgyay (1968) ⁽³⁾ |
| 22,6 | 26,5 | 50 | 70 | | | | 67,9 | 75,0 | ASHRAE (1974) ⁽⁴⁾ |
| 17 | 26 | 30 | 65 | | | | 58,0 | 74 | Rivero (1986) |
| 17 | 26 | 20 | 80 | | 175 | 0,6 | 56,2 | 75,2 | Rivero (1986) ⁽¹⁾ |
| | 25,5 | | 80 | | | 0,5 | 74,5 | | Rivero (1986) |
| | 28 | | 80 | | 175 | 0,6 | | 77,9 | Rivero (1986) ⁽¹⁾ |
| | 32 | | 80 | | 175 | 0,6 | | 83,3 | Rivero (1986) ⁽¹⁾ |
| 20 | 23 | | 40 | <05 | | | 63,3 | 67,3 | Szokolay (1987) |
| 21,9 | 25,3 | 50 | 70 | | | | 67 | 73,4 | ASHRAE (1992) ⁽⁵⁾ |
| 23 | 26,5 | 40 | 65 | | 175 | 0,6 | 67,3 | 74,6 | Couto (1996) ⁽¹⁾ |
| 18 | 29 | 20 | 80 | | | 0,6 | 57,5 | 79,2 | Lamberts et al.(1997) |

Observação:

- 1- para clima quente ou regiões tropicais;
- 2- para clima moderado;
- 3- regiões quentes e úmidas;
- 4- para pessoas sedentárias ou movimentação leve com vários níveis de vestimentas; e
- 5- ASHRAE – ANSI (1992) elaborado para temperatura efetiva.

Diante de inúmeros índices, comumente utilizados para a avaliação de ambientes e a determinação de escalas de conforto térmico, três deles merecem estudos mais aprofundados, pois são considerados referências normativas para a avaliação e determinação de níveis de conforto e estresse térmico: índice de bulbo úmido e temperatura de globo - IBUTG (ou WBGT), índice de estresse

térmico, mais conhecido como taxa requerida de suor (SWreq), e índice de temperatura e umidade (ITU).

O IBUTG, desenvolvido por Yaglou & Minard (1957), é usado normalmente como um indicador dos principais agentes causadores da sobrecarga térmica sobre os trabalhadores (alta temperatura, metabolismo, calor radiante e alta umidade relativa do ar) e também dos principais fatores atenuadores da mesma (ventilação do ambiente, baixa umidade relativa do ar e baixa temperatura), fornecendo uma escala de tempo de trabalho e de tempo de repouso para determinada situação (Couto, 1996).

Para avaliação da tolerância humana para exposição ao calor, o uso do IBUTG é prescrito através da Norma Regulamentadora NR 15 - Anexo (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - Manuais de Legislação Atlas, 1998), definido para ambientes internos ou locais externos sem carga solar pela equação a seguir:

$$\text{IBUTG} = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g \quad (6)$$

para ambientes externos, com carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 t_{bn} + 0,1 t_{bs} + 0,2 t_g \quad (7)$$

em que

t_{bn} : temperatura de bulbo úmido natural;

t_{bs} : temperatura de bulbo seco;

t_g : temperatura de globo negro.

Quando usado para avaliação de locais de trabalhos, deve-se levar em consideração o metabolismo correspondente à atividade desenvolvida e a duração do tempo de exposição ao calor, como mostra o Quadro 10:

Quadro 10. Valores limites de IBUTG (°C) em função do metabolismo (M) e da velocidade do ar (v).

| Metabolismo (kcal h ⁻¹) | v ≤ 1,5 m s ⁻¹ | v > 1,5 m s ⁻¹ |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| M ≤ 200 | 30,0 | 32,5 |
| 200 < M ≤ 300 | 27,8 | 30,5 |
| M < 300 | 26,1 | 28,9 |

Fonte: NIOSH (1986).

O índice de estresse térmico (HSI) é também conhecido como taxa requerida de suor (SWreq) porque, quando se fala a respeito de ambiente térmico, inclui-se a carga de sudação resultante dele e representada pelo calor que deveria ser eliminado por evaporação da transpiração (suor) para que se obtenha equilíbrio térmico, uma vez que a evaporação do suor aumenta à medida que se agrava o desequilíbrio do balanço térmico.

Este índice, proposto por Belding & Hatch (1955), é essencialmente uma decorrência da equação de balanço térmico, que inclui fatores metabólicos e ambientais, sendo elaborado a partir do princípio fisiológico de que o máximo tolerável de exposição ao calor é aquele em que o equilíbrio térmico pode ser mantido, para uma determinada carga de trabalho, sem que haja elevação excessiva da temperatura da pele.

Portanto, o valor do SWreq representa a relação entre a quantidade de calor que um indivíduo, submetido a um determinado ambiente térmico, necessita evaporar através da sudorese e a quantidade de máxima de calor que pode ser eliminada naquele ambiente, ou seja, é o quociente entre a evaporação

requerida (E_{req}) e a evaporação máxima ($E_{máx}$), normalmente expressa sob a forma percentual, sendo calculada a partir da expressão:

$$Swreq = 100 (E_{req}/E_{max}) \quad (8)$$

em que

E_{max} : representa o calor máximo que se pode eliminar por evaporação do suor, sendo que, para esse processo, o organismo realiza a perda de evaporação requerida:

$$E_{req} = M + C + R \quad (9)$$

em que,

E_{req} : é o calor que deveria ser eliminado por transpiração (evaporação do suor);

M: representa o fluxo de calor trocado com o ambiente devido ao metabolismo;

C: fluxo de calor por convecção; e

R: fluxo de calor por radiação.

O SWreq (ou HSI) é um dos métodos que permitem uma avaliação da sobrecarga térmica, uma vez que contempla todos os parâmetros que influem nos ganhos e perdas de calor pelo indivíduo; contudo, seu principal inconveniente reside na complexidade dos cálculos para determinação do calor radiante e de convecção e na necessidade da exata determinação de todos os parâmetros físicos e do metabolismo total, que não são facilmente medidos de uma maneira exata.

Em relação ao índice de temperatura e umidade (ITU), proposto por Thom (1959), a equação foi apresentada anteriormente (eq.1). Este índice tem

sido bastante usado por envolver elementos meteorológicos normalmente disponíveis em estações específicas.

2.3. Caracterização geográfica e climática da Região Sudeste do Brasil

A Região Sudeste do Brasil é formada pelos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro e está compreendida entre as longitudes de 39° 40' W e 53° 10' W e as latitudes 14° S e 25° S, com altitudes que variam desde o nível do mar, na região litorânea dos Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e São Paulo, até as serras, que se estendem pelos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, apresentando, portanto, relevo bastante variável.

Cabral (2001), quando estudou o zoneamento da pecuária leiteira, subdividiu a Região Sudeste em mesoregiões representativas do clima e relevo para cada Estado, conforme classificação de Köppen, encontrando até 5 tipos de clima: Aw (temperaturas elevadas com chuva de verão), que abrange o oeste paulista e oeste mineiro e os estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, excetuando a região serrana; Cfa (inverno frio e verão quente), que abrange uma pequena parte da divisa sul de São Paulo com o Paraná; Cwa (temperaturas moderadas com verão quente), que é encontrado na região serrana dos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, no centro sul de Minas Gerais e na maior parte do estado de São Paulo; Cwb (inverno frio e verão brando), que é encontrado na parte nordeste da Serra da Mantiqueira Paulista e na região do sudeste de Minas Gerais; e Bsh (semi-árido com temperaturas elevadas), que compreende uma parte do extremo norte de Minas Gerais, em divisa com a Bahia.

Estas subdivisões em mesoregiões para os Estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo são mostradas nas Figuras 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

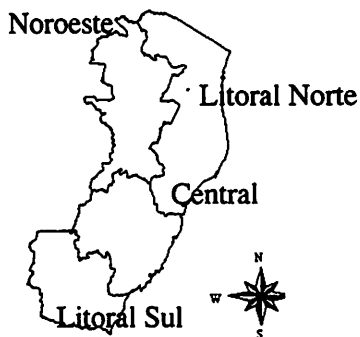


FIGURA 1 – Distribuição das mesoregiões do Espírito Santo (Cabral, 2001).



FIGURA 2 – Distribuição das mesoregiões de Minas Gerais (Cabral, 2001).

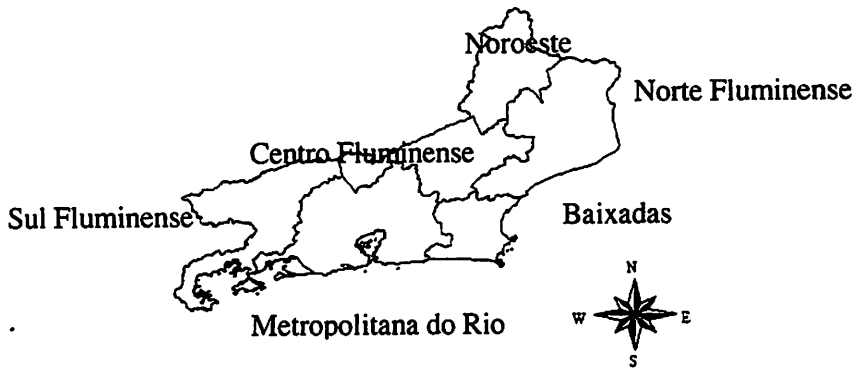


FIGURA 3 – Distribuição das mesoregiões do Rio do Janeiro (Cabral, 2001).

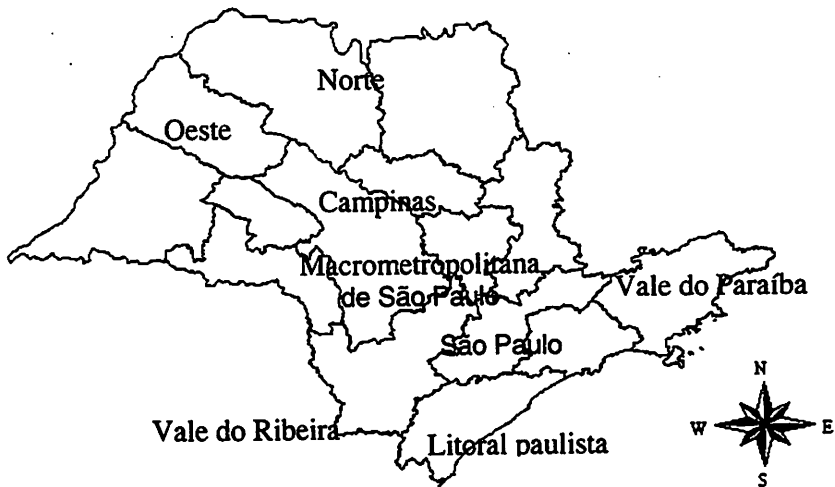


FIGURA 4 – Distribuição das mesoregiões de São Paulo (Cabral, 2001).

2.4 Zoneamento bioclimático

O zoneamento bioclimático é uma importante técnica que pode ser utilizada na tomada de decisão, com relação à ambiência animal e humana.

Cabral (2001) utilizou um banco de dados de elementos climáticos (de 1960 a 1978), as Normais Climatológicas do INMET (BRASIL, 1992) para o período de 1961 a 1990 e o programa Arcview (Geocom, 2004), para gerar mapas de iso-ITU, calculados pela equação de Thom (1959) para a Região Sudeste do Brasil, e classificar o nível de estresse térmico para a região, além de contabilizar a média diária de horas de exposição ao estresse para a pecuária leiteira.

Silva (2003), usando dados da Reanálise-2 do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e do National Center for Atmospheric Research (NCAR), gerou mapas de iso-ITU através do programa GrADS, visando o estudo da viabilidade e desempenho de sistemas de resfriamento evaporativo para a criação de frangos de corte para a região Sudeste, utilizando equação desenvolvida por Deshazer & Beck (1988).

Diversos estudos têm sido desenvolvidos a respeito do impacto do clima sobre o bem estar e produtividade de pessoas, tais como a Carta Bioclimática para Florianópolis, em Santa Catarina, por Lamberts et al. (1987); Assis & Frota (1999), que aplicaram índices de conforto térmico para a avaliação das condições de estresse bioclimático humano a partir da influência das formas urbanas, possibilitando a aplicação de estratégias de desenho urbano para a cidade de Belo Horizonte, em Minas Gerais; Gomez et al. (2001), os quais estudaram, através de índices térmicos, o ambiente das edificações na Espanha; e Morillón-Galvez et al. (2004), que estudaram o zoneamento bioclimático para o México, entre outros países.

3 METODOLOGIA

O mapeamento das zonas térmicas do ambiente de criação e do rendimento humano foi elaborado por meio do índice de temperatura e umidade (ITU) desenvolvido por Thom (1959) (eq. 1).

Utilizou-se um programa computacional escrito em linguagem FORTRAN (90) para calcular e classificar os ITU médio e máximo para todos os meses dos anos estudados, bem como para o número de horas de conforto ou desconforto térmico. Para tal estudo, o ITU torna-se um índice mais fácil de aplicar, uma vez que a t_{bs} e a UR são medidas diariamente nas estações climatológicas e compõem diversos bancos de dados disponíveis on-line.

A espacialização dos dados foi feita com o uso do SPRING (Câmara et al, 1996).

3.1. Série de dados dos elementos climáticos

Para a estimativa do índice de temperatura e umidade (ITU) para a Região Sudeste do Brasil, foram utilizados dados do Projeto denominado Reanálise-2, do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e do National Center for Atmospheric Research (NCAR), compreendidos entre janeiro de 1980 a dezembro de 2001. Esses dados são oriundos de estações superficiais, balões, aeronaves, navios e satélites, dentre outros. Esse projeto trabalha com revisões, ou reanálises, dos dados coletados em décadas anteriores, possibilitando, por meio de programas computacionais e sistemas de assimilação e coletas em tempo real, a correção de possíveis erros e o controle da qualidade dos dados utilizados em pesquisas e monitoramento climático.

Para o estudo em questão foi usada uma malha construída por noventa pontos, extrapolando a Região Sudeste e propiciando, desta forma, maior precisão na geração das iso-linhas durante o processo de interpolação. A Figura 5 ilustra a malha usada para estimar o ITU para a Região Sudeste do Brasil.



FIGURA 5. Pontos geográficos utilizados no processo de interpolação e geração dos mapas de ITU na Região Sudeste do Brasil.

3.2. Zonas de conforto e desconforto térmico

Com base nos estudos desenvolvidos por Olgyay (1963; 1968), Rivero (1986), Esmay & Dixon (1986), Koenigsberger et al. (1997) e Lamberts et al. (1997), definiram-se as seguintes zonas de conforto e desconforto térmico para humanos:

- $ITU < 74$: Limite superior do intervalo de conforto térmico ao calor;
- $74 \leq ITU < 79$: ambiente quente, no qual inicia o desconforto térmico, podendo causar problemas de saúde e redução de desempenho ao trabalhador rural;
- $79 \leq ITU < 84$: condições ambientais muito quentes, indicando perigo e podendo trazer conseqüências graves à saúde do trabalhador rural;
- $ITU > 84$: indica condição extremamente quente, com risco muito grave à saúde do trabalhador rural.

De acordo com Thom (1959); Livestock Conservation, Inc (1970); Rosemberg et al, (1983); Hahn (1982); Hubbard et al. (1999); Du Preez et al. (1990), Cabral (2001) e Huhnke et al. (2001; 2004), para aves, bovinos e suínos, os intervalos de ITU considerados foram de:

- $79 \leq ITU < 84$: implica em condição de perigo para os animais, indicando aos produtores a necessidade de tomar precauções para evitar perdas na produção;
- $ITU > 84$: indica situação de emergência, sendo necessário que providências urgentes sejam tomadas para evitar a perda do plantel.

Para os animais, não foram feitas classificação com relação à zona de conforto e início de desconforto, por ser muito variável entre as espécies e por existirem diferenças entre os diversos autores para uma mesma espécie.

3.3. Estimativa do índice de temperatura e umidade (ITU)

Para a determinação do índice de temperatura e umidade (ITU), foram utilizados dados de temperatura e umidade relativa do projeto de Reanálise-2.

A partir dos dados de temperatura mínima do ar (t_{\min}), temperatura do ar às 9 horas do horário local (t_9), temperatura máxima do ar (t_{\max}) e temperatura do ar às 21 horas do horário local (t_{21}), utilizou-se a metodologia proposta por Zolnier (1996) para a determinação dos valores horários de temperatura (t_x) ao longo do dia. Para tal, dividiu-se o dia em quatro trechos (AB, BC, CD e DA), descritos a seguir:

- Trecho AB (das 21:00 às 6:00 horas, horário local):

- a) Para valores relativos às 22:00, 23:00 e 24:00 horas:

$$t_x = t_{21} - (t_{21} - t_{\min}) \cdot \left[\text{sen}\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \frac{(X - 21)}{9} \right] \quad (10)$$

- b) Para estimativas de valores de 1:00 às 5:00 horas:

$$t_x = t_{21} - (t_{21} - t_{\min}) \cdot \left[\text{sen}\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \frac{(3 - X)}{9} \right] \quad (11)$$

- Trecho BC (das 6:00 às 9:00 horas, horário local):

$$t_x = t_9 - (t_9 - t_{\min}) \cdot \left[\text{sen}\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \frac{(9 - X)}{3} \right] \quad (12)$$

- Trecho CD (das 9:00 às 15:00 horas, horário local):

$$t_x = t_9 - (t_{\max} - t_9) \cdot \left[\text{sen}\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \frac{(X - 9)}{6} \right] \quad (13)$$

- Trecho DA (das 15:00 às 21:00 horas, horário local):

$$t_x = t_{21} - (t_{\text{máx}} - t_{21}) \cdot \left[\text{sen}\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \frac{(21 - X)}{6} \right] \quad (14)$$

em que

t_x = temperatura estimada pelo modelo no horário x;

X = horário de estimativa da temperatura.

A escolha do modelo proposto por Zolnier (1996) para estimar o comportamento diário da temperatura baseia-se no estudo desenvolvido por Lyra et al. (2003), que mostram o melhor ajuste obtido pelo modelo, comparado ao proposto por Campbell & Norman (1998).

Os valores diários de UR, obtidos às 12:00, 18:00 e 24:00 horas (horários padrão, Tempo Médio de Greenwich), correspondentes às 9:00, 15:00 e 21:00 horas, respectivamente, para a região Sudeste do Brasil, foram usados para estimar o comportamento diário da UR. Segundo metodologia proposta por Zolnier (1996), na qual convencionou-se que, para valores referentes às 22:00, 23:00, 24:00, 1:00, 2:00, 3:00, 4:00, 5:00 e 6:00 horas, a UR permanece constante e igual ao valor das 21:00 horas, utilizando a seguinte fórmula:

$$U_x = U_6 = U_{21} \quad (15)$$

em que

U_x = umidade relativa estimada para o horário x.

Para estimativas dos valores referentes às 7:00 e 8:00 horas, foi considerada a ocorrência de decréscimo da UR segundo a fórmula a seguir:

$$U_x = U_9 + (U_6 - U_9) \cdot \left[\text{sen}\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \frac{(9 - X)}{3} \right] \quad (16)$$

sendo X o horário de estimativa da umidade relativa.

Para a estimativa dos valores referentes às 10:00, 11:00, 12:00, 13:00 e 14:00 horas, considera-se decréscimo da UR dos pontos C para o D (9:00 às 15:00 horas), com acentuação na proximidade do ponto D, de acordo com a fórmula a seguir:

$$U_x = U_9 - (U_9 - U_{15}) \cdot \left[\text{sen}\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \frac{(X - 9)}{6} \right] \quad (17)$$

Para a estimativa dos valores relativos às 16:00, 17:00, 18:00, 19:00 e 20:00 horas, considera-se a ocorrência de acréscimo da UR nos pontos D para A, sendo mais acentuada próximo a este, de acordo com a fórmula abaixo:

$$U_x = U_{21} - (U_{21} - U_{15}) \cdot \left[\text{sen}\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \frac{(21 - X)}{6} \right] \quad (18)$$

Em seguida, os dados horários de t_{bs} e UR para cada latitude e longitude estudada e para o período de 1980 a 2000 foram usados como entrada em outro programa computacional, desenvolvido em FORTRAN, para o cálculo das t_{bs} e UR horárias médias e máximas, perfazendo, assim, um total de 24 arquivos, 2 para cada mês do ano. Finalmente, estes dados foram usados para a determinação da temperatura do ponto de orvalho que serviu de parâmetro de entrada para a equação de cálculo do ITU (Thom, 1959), em que, a partir da t_{bs} e

da UR, utilizando-se a equação de Tetens para t_{bs} igual ou superior a 0°C , tem-se:

$$t_{po} = \frac{237,3 \cdot \log\left(\frac{ea}{0,6108}\right)}{7,5 - \log\left(\frac{ea}{0,6108}\right)} \quad (19)$$

sendo que,

$$ea = es \cdot UR \quad (20)$$

em que

ea = pressão parcial de saturação;

es = pressão máxima de saturação, calculada pela seguinte equação:

$$es = 0,6108 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot t}{237,5 + t}} \quad (21)$$

em que

t = temperatura do ar $\geq 0^{\circ}\text{C}$.

Foram calculadas, também, as médias do número total de horas de ocorrência mensal de ITU para os intervalos (médio e máximo) pré-estabelecidos no item 3.3, empregando-se a eq. 22, para o $ITU_{méd}$:

$$ITU_{méd} = \frac{\sum_{ano=1980}^{ano=2000} ITU}{P \cdot ND \cdot NH} \quad (22)$$

em que

P = Período (21 anos);

ND = número de dias do mês em estudo;

NH = número de horas por dia (24);

m = mês estudado (1 a 12).

O cálculo do $ITU_{máx}$, para todos os meses de cada ano, foi feito a partir da eq. 23:

$$\overline{ITU}_{máx,m} = \frac{\sum_{ano=1980}^{ano=2000} ITU_{máx,m}}{P \cdot ND} \quad (23)$$

em que

P = número de anos;

ND = número de dias do mês;

Estes resultados foram exportados para o aplicativo SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas) para a espacialização dos dados e confecção dos mapas temáticos.

3.4. Geração dos mapas temáticos

Foi elaborado um mapeamento para avaliação das zonas térmicas do ambiente de criação e do rendimento humano para a Região Sudeste do Brasil, por meio do índice de temperatura e umidade (ITU), desenvolvido por Thom (1959) (eq. 1), a partir das combinações dos elementos meteorológicos de temperatura e umidade relativa do ar.

Foram gerados mapas mensais de iso-ITU médio e máximo, e do número de horas referentes ao ITU menor que 74, entre 74 e 79, entre 79 e 84, para a Região Sudeste do Brasil, a partir da malha construída (Figura 5) por meio dos dados do NCEP/NCAR, transformados em matrizes amostrais pelo programa FORTRAN.

Para a confecção dos mapas, utilizaram-se o aplicativo SPRING (Câmara et al, 1996) e o banco de dados `b_atlas_access.exe` do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponíveis na página www.dpi.inpe.br/spring. Dentro do programa, no projeto “Região Sudeste”, foram criadas duas categorias, sendo uma como Modelo Numérico do Terreno (MNT) e outra como Modelo Temático.

Para geração do MNT foram usados os seguintes procedimentos: (a) criação de arquivos ASCII no formato x, y e z, em que x e y são a longitude e latitude do ponto, respectivamente, e z é o ITU; (b) importação para o SPRING, na categoria MNT, dos arquivos com os valores mensais dos intervalos de ITU e de ITU médios; e (c) geração da grade retangular e fatiamento dos dados.

A interpolação dos dados foi feita através do método da média simples, para uma grade retangular de 50 x 50 km. Este interpolador estima o valor da cota para cada ponto a partir da média simples dos oito pontos mais próximos.

No modelo de mapas “MNT” foram criadas as categorias denominadas “conforto” para cada mês do ano e planos de informação para o número de horas mensais de ITU menor que 74, para o número de horas de ITU entre 74 e 79 e de 79 a 84, bem como para os ITU médio e máximo para todos os meses. Dentro dessa categoria e com base no arquivo de dados originais exportados, foram criados novos sub arquivos para a “grade”, que possui pontos “amostrais” ou iso-linhas que definem os polígonos obtidos por meio dos valores interpolados.

No modelo “Temático” foram confeccionados os mapas de ITU para cada mês, feitos dentro da categoria “conforto”, para formatos matriciais,

obtidos a partir da grade gerada na categoria MNT e do fatiamento ou classificação dos valores de ITU e sua divisão em classes (cores) escolhidas.

Todos os dados dos ITU mensais deste trabalho foram espacializados e distribuídos em oito classes representativas dos valores de ITU e do número de horas. Para os ITU médio e máximo mensais, uma vez que o total encontrado variou de 59 a 83, essas classes foram divididas (espacializadas) em intervalos de 3 em 3, enquanto, para o número de horas com ITU menor que 74 e entre 74 e 79, as classes foram espacializadas em 8 intervalos de 100, para um número de horas observadas que variou entre 0 e 672 horas para os meses de Fevereiro (28 dias), entre 0 e 720 horas (para os meses de 30 dias) e entre 0 e 744 horas (para os meses de 31 dias); para o número de horas de ITU entre 79 e 84, foram observadas entre 0 e 189 horas, sendo criadas classes de 0 a 240, com 8 intervalos de 30, perfazendo classes de 0 a 240.

O recorte dos mapas foi feito utilizando-se como máscara o limite da Região Sudeste sobreposta aos mapas temáticos de cada categoria de ITU, para os doze meses do ano.

Para a finalização dos mapas temáticos gerados, foi utilizado o módulo SCARTA, através do qual, por meio da importação dos mapas elaborados no módulo SPRING, foram definidas as coordenadas para geração da grade de latitude e longitude das cartas e aplicação de elementos, como legendas e símbolos de orientação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variação sazonal e espacial do índice de temperatura e umidade médio mensal ($ITU_{méd}$)

Os comportamentos mensais do $ITU_{méd}$ para a região Sudeste são mostrados nas Figuras 6 a 11. Os resultados mostraram que o valor mínimo de $ITU_{méd}$ foi de 66,8, para o mês de Julho, e o valor máximo de $ITU_{méd}$ foi de 73,4, no mês de Janeiro (Anexo 1).

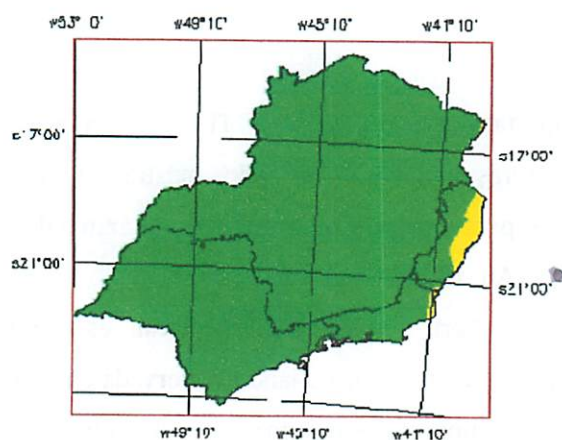
Os meses de Abril a Outubro apresentaram as maiores variâncias, em relação ao $ITU_{méd}$, sendo a menor variância observada em Abril (6,0) e a maior, em Junho (11,8). As amplitudes mínima e máxima observadas para o período foram de 9,9 e 15 para os meses de Outubro e Junho, respectivamente.

Os meses de Novembro a Março apresentam as menores variâncias, sendo a menor observada no mês de Dezembro ($s^2 = 2,20$) e a maior, no mês de Março ($s^2 = 4,10$). Para este período, é possível observar que a menor e a maior amplitude foram de 3,7 e 8,1 (Anexo 1) para os meses de Janeiro e Março, respectivamente.

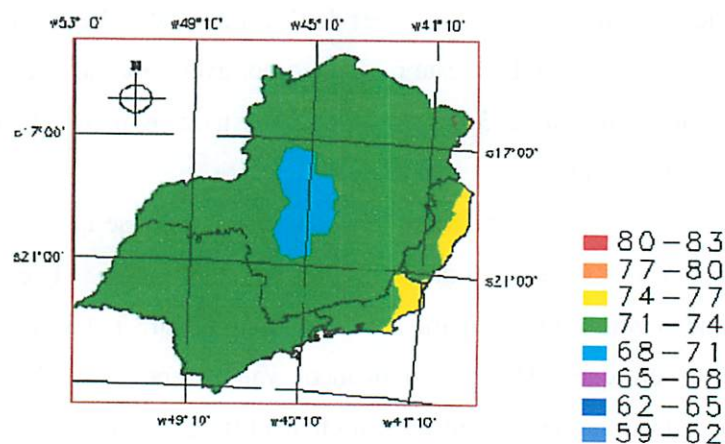
Para o mês de Janeiro (Figura 6a), observa-se que os valores de $ITU_{méd}$ para quase toda a Região Sudeste variaram entre 71 e 74, valores que caracterizam conforto para humanos, exceto para o litoral norte do Espírito Santo, em que o ITU médio alcançou valores entre 74 e 77, o que caracteriza áreas de início de desconforto para humanos e de alerta para a produção animal.

Para este estado, Espírito Santo, o mês de Fevereiro apresentou a maior média anual de temperatura e UR, configurando área de risco nesta faixa do litoral (Figura 6a e 6b). Comportamento similar foi observado na região litorânea norte do Rio de Janeiro, apresentando valores de $ITU_{méd}$ entre 74 e 77, dando início ao desconforto térmico para trabalhadores rurais e animais. Na

mesoregião central do Estado de Minas Gerais, observou-se redução dos valores de $ITU_{méd}$ em relação ao mês anterior, apresentando faixa de $ITU_{méd}$ entre 68 e 71 e significando área livre do estresse por calor mesmo para esse período do ano, quente e chuvoso.



(a)

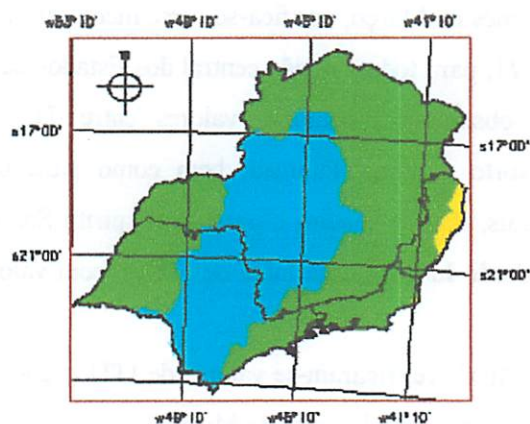


(b)

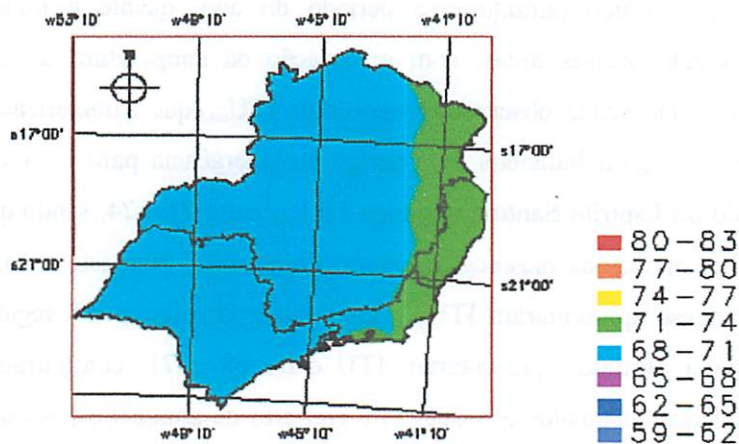
FIGURA 6 - Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade médio mensal ($ITU_{méd}$) para os meses de (a) Janeiro e (b) Fevereiro, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

Em relação ao mês de Março, verifica-se crescimento da faixa de valores de ITU médio de 68 a 71, para toda a região central dos Estados de Minas Gerais e São Paulo, sendo observados, contudo, valores entre 71 e 74 para as mesoregiões Oeste, Norte e litoral Paulista, bem como para o restante dos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e parte do Espírito Santo, em cujo no litoral norte ocorreu, desde Janeiro, uma faixa de $ITU_{méd}$ com valores entre 74 a 77 (Figura 7a).

Para o mês de Abril, verificaram-se valores de $ITU_{méd}$ entre 68 a 71 para todo o Estado de São Paulo e grande parte de Minas Gerais, excetuando em uma faixa que compreende as mesoregiões do Jequitinhonha e dos Vales do Mucuri e Rio Doce, conforme Figura 7b. A ocorrência desses valores significativos de conforto térmico durante esse período do ano, quente e úmido, pode ser relacionada, nessas áreas, com a variação da temperatura de acordo com a altitude, não sendo observados valores de $ITU_{méd}$ que caracterizassem condição de estresse para humanos e de perigo ou emergência para os animais. Todo o Estado do Espírito Santo apresentou $ITU_{méd}$ entre 71 e 74, sendo que, no Rio de Janeiro, apenas as mesoregiões Norte Fluminense, Noroeste e parte do Centro Fluminense apresentaram $ITU_{méd}$ nesta faixa. O restante das regiões do estado, devido à altitude, apresentaram ITU entre 68 e 71, configurando período e localidades adequados à produção e conforto de animais e pessoas, excetuando uma faixa no litoral, onde o ITU observado variou entre 71 a 74, não implicando, mesmo assim, em problemas causados pelo excesso de calor, como é mostrado pela Figura 7b.



(a)

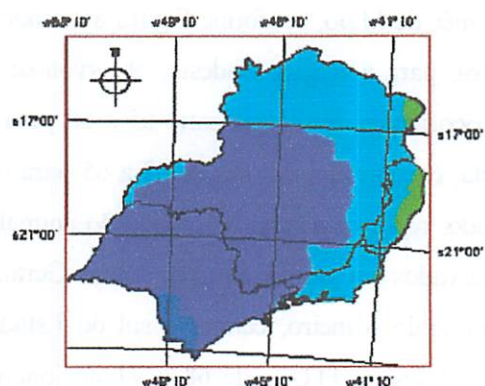


(b)

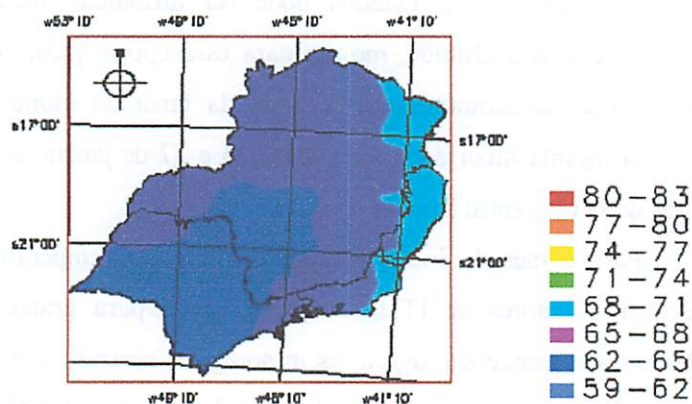
FIGURA 7 - Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade médio mensal ($ITU_{méd}$) para os meses de (a) Março e (b) Abril, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

Em relação ao mês de Maio, conforme Figura 8a, tendo-se aproximado o início do período de frio para a Região Sudeste, observou-se a diminuição dos valores de $ITU_{méd}$ e a ocorrência de valores entre 65 a 68 para todo o Estado de São Paulo, sendo, ainda, encontrados valores de 62 a 65 para o extremo do Vale do Ribeira, sem, contudo, representar danos à produção animal. Valores de 65 a 68 também foram observados em grande parte de Minas Gerais, compreendendo as mesoregiões do Triângulo Mineiro, central e sul do Estado, verificando-se, porém, uma faixa de valores de $ITU_{méd}$ de 68 a 71 ao longo das mesoregiões noroeste, norte, Jequitinhonha, Vales do Mucuri e Rio Doce, assim como em parte do extremo Triângulo Mineiro. Esses valores de ITU médio também foram observados para todo o Estado do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Essa faixa de conforto para esses Estados pode ser atribuída, ainda, à variação da temperatura com a altitude, mesmo para essa época quente do ano. Para uma pequena área do Jequitinhonha, e parte da faixa do litoral norte do Espírito Santo, na mesma faixa de valores entre 74 e 77 de janeiro a Março, ocorreram valores de $ITU_{méd}$ entre 71 e 74.

Para o mês de Junho (Figura 8b), com as temperaturas mais amenas, observam-se valores de $ITU_{méd}$ entre 62 e 65 para grande parte da Região Sudeste, compreendendo, agora, as mesoregiões central e sul de Minas Gerais e parte de São Paulo, com exceção de parte das mesoregiões Norte e estreita faixa no extremo Oeste e também no Vale do Paraíba, no estado de São Paulo, onde são verificados valores entre 65 e 68. Apenas no Jequitinhonha, Vales do Mucuri e do Rio Doce, bem como em quase todo o Estado do Espírito Santo e mesoregião Norte do Rio de Janeiro, é observada a faixa de $ITU_{méd}$ entre 68 a 71.



(a)



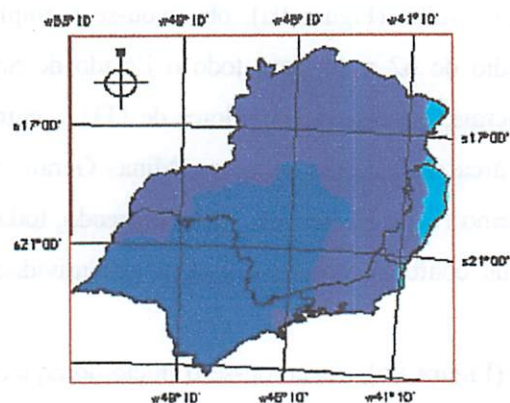
(b)

FIGURA 8 - Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade médio mensal ($ITU_{méd}$) para os meses de (a) Maio e (b) Junho, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

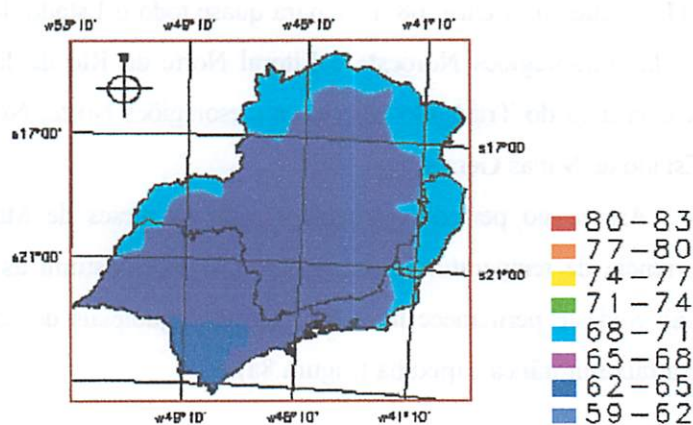
Para o mês de Julho (Figura 9a), observou-se a ampliação da faixa de valores de ITU médio de 62 a 65 para todo o Estado de São Paulo e região central de Minas Gerais, verificando-se valores de $ITU_{méd}$ entre 68 e 71 apenas para uma pequena área do Jequitinhonha, em Minas Gerais, na faixa litorânea Capixaba e no extremo Norte Fluminense, permanecendo, todavia, toda a região dentro dos limites de conforto térmico e melhor produtividade para pessoas e animais.

Em Agosto (Figura 9b), observou-se o início do aquecimento da Região Sudeste e valores de $ITU_{méd}$ entre 62 e 65 apenas para as mesoregião do Vale do Ribeira e parte do litoral Paulista, observando-se, então, o crescimento da faixa de $ITU_{méd}$ que varia entre 68 a 71 para quase todo o Estado do Espírito Santo e parte das mesoregiões Noroeste e Litoral Norte do Rio de Janeiro, bem como para uma área do Triângulo Mineiro e mesoregiões Norte, Noroeste e Nordeste do Estado de Minas Gerais.

Assim, no período que compreende os meses de Maio a Agosto, em decorrência de temperaturas mais amenas, como mostram as Figuras 8 e 9, a Região Sudeste permanece livre dos efeitos prejudiciais do calor, com exceção para a faixa litorânea capixaba (Figura 8a).



(a)



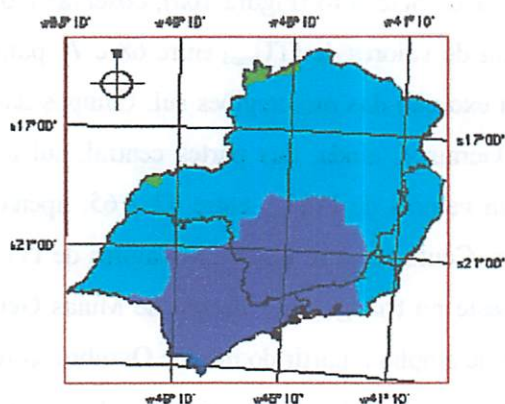
(b)

FIGURA 9 - Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade médio mensal ($ITU_{méd}$) para os meses de (a) Julho e (b) Agosto, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

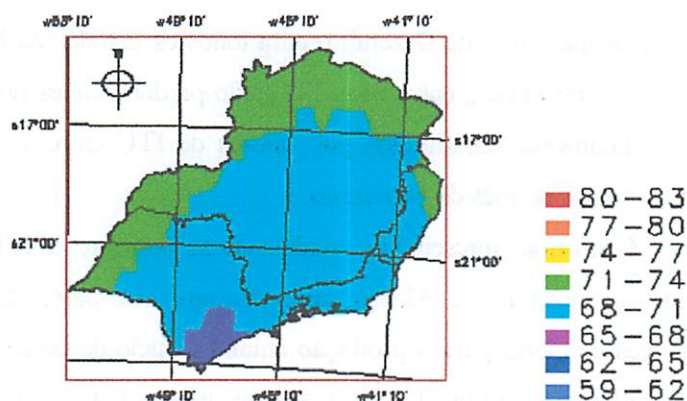
A partir do mês de Setembro (Figura 10a), observa-se o aumento gradual do ITU e a ocorrência de valores de $ITU_{méd}$ entre 68 e 71 para grande parte da Região Sudeste, com exceção das mesoregiões sul, Campos das Vertentes, parte do oeste em Minas Gerais e, ainda, das partes central, sul e litorânea de São Paulo. Ainda ocorrem valores de $ITU_{méd}$ entre 62 e 65, apenas para o extremo sul do litoral paulista. Contudo, já se observam valores de $ITU_{méd}$ entre 71 e 74 para o extremo noroeste no triângulo do Estado de Minas Gerais (Figura 10a). Essa faixa de valores se amplia a partir do mês de Outubro, com o aumento da t_{bs} e UR verificados para esse período, devido ao início da época de chuvas para a região.

As Figuras 10b, 11a e 11b mostram os valores de ITU médios verificados até o mês de Dezembro para todos os Estados da Região Sudeste, em que valores de $ITU_{méd}$ entre 68 e 71, então predominantes no mês de Setembro, são gradualmente substituídos por valores de ITU entre 71 e 74, tornando-se predominantes no mês de Dezembro.

Conforme apresentado, analisando-se somente o $ITU_{méd}$, os meses de Janeiro e Fevereiro e Março apresentaram, em parte da Região Sudeste, condições de alerta para a produção animal e início de desconforto térmico para os trabalhadores rurais. Como a análise apenas dos valores de $ITU_{méd}$ não é suficiente para a caracterização das condições de desconforto térmico, serão discutidos, posteriormente, os valores de $ITU_{máx}$ e o número de horas de ocorrência dos intervalos de ITU pré-estabelecidos.

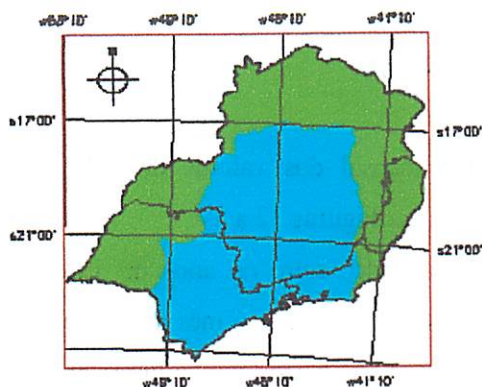


(a)

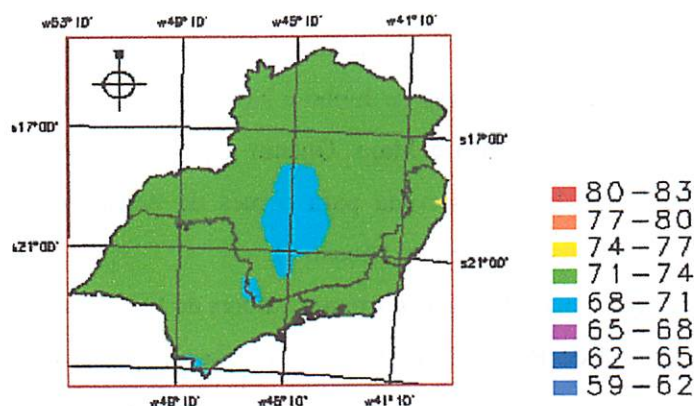


(b)

FIGURA 10 - Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade médio mensal ($ITU_{méd}$) para os meses de (a) Setembro e (b) Outubro, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.



(a)



(b)

FIGURA 11- Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade médio mensal ($ITU_{méd}$) para os meses de (a) Novembro e (b) Dezembro, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

4.2. Variação sazonal e espacial do índice de temperatura e umidade máximo mensal ($ITU_{máx}$)

O comportamento mensal dos valores de $ITU_{máx}$ observados para a Região Sudeste é mostrado nas Figuras 12 a 17.

Para o período estudado, entre os anos de 1980 a 2000, os valores médios de $ITU_{máx}$ variaram de 72,2, para o mês de Junho, a 77,5 para os meses de Janeiro e Fevereiro (Anexo 2). A variância mínima observada para o $ITU_{máx}$ ocorreu no mês de Fevereiro ($s^2 = 1,50$) e a máxima, no mês de Setembro ($s^2 = 17,70$).

Com relação à variância entre os valores de $ITU_{máx}$, as maiores foram observadas entre os meses de Junho e Novembro e as menores variâncias, entre os meses de Dezembro e Maio. Quanto à amplitude dos valores de $ITU_{máx}$, a maior foi de 15,7, observada para o mês de Setembro, e a menor, de 6,50, ocorrida no mês de Fevereiro (Anexo 2).

De Janeiro a Abril ocorreram valores de $ITU_{máx}$ entre 74 a 77 para toda a área central da Região Sudeste (Figuras 12a, 12b, 13a e 13b), com decréscimo em área no mês de Fevereiro, não ocorrendo aumento significativo no estado do Espírito Santo.

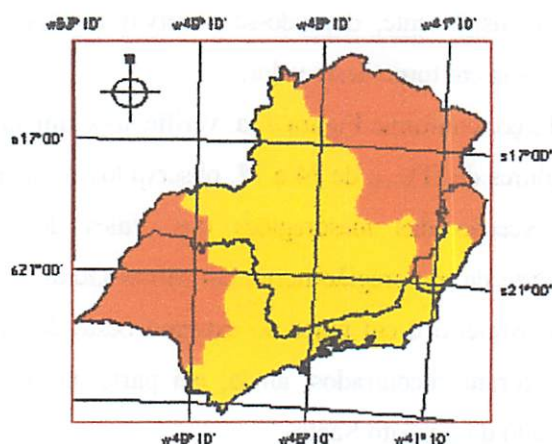
Os valores de $ITU_{máx}$ entre 77 e 80 aumentaram em Fevereiro, percebendo-se a sua ocorrência para todo o estado do Espírito Santo, neste mês, e diminuição até Abril, para toda a região Sudeste, quando somente as mesoregiões norte e do Jequitinhonha, em Minas Gerais, apresentam valores desta magnitude. Ainda em Abril, no litoral Paulista e em pequena área de Minas Gerais, ocorreram valores de ITU de 71-74, configurando região de conforto térmico para animais e trabalhadores rurais.

Nesse período, com a tendência de menores temperaturas e maiores UR, com relação ao $ITU_{máx}$, começam a aparecer áreas com valores de conforto

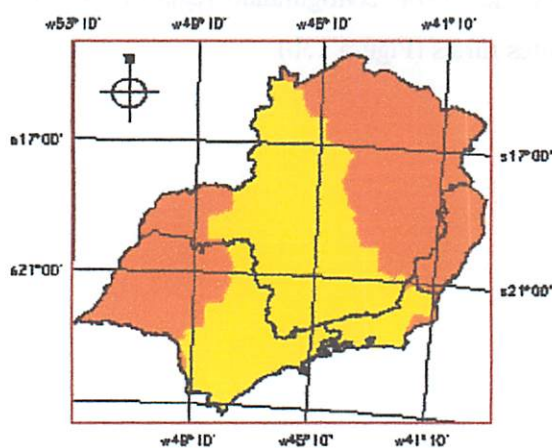
térmico (como no caso de Abril). Contudo, como será visto mais adiante, o $ITU_{máx}$ por si só ainda é insuficiente, devendo-se observar a importância do número de horas de ocorrência em torno deste valor.

Com relação a Março, conforme Figura 13a, verificou-se um aumento da área de ocorrência dos valores de $ITU_{máx}$ de 74 a 77, observados em quase toda a Região Sudeste, com exceção das mesoregiões dos Vales do Mucuri e Jequitinhonha e grande parte da mesoregião norte, em Minas Gerais, bem como no extremo do Triângulo Mineiro e em parte do extremo oeste de São Paulo. Esses valores de $ITU_{máx}$ foram encontrados, ainda, em parte das mesoregiões norte e litoral norte do estado do Espírito Santo.

Em Abril, no litoral Paulista e em pequena área de Minas Gerais, ocorreram valores de ITU de 71-74, configurando região de conforto térmico para animais e trabalhadores rurais (Figura 13b).

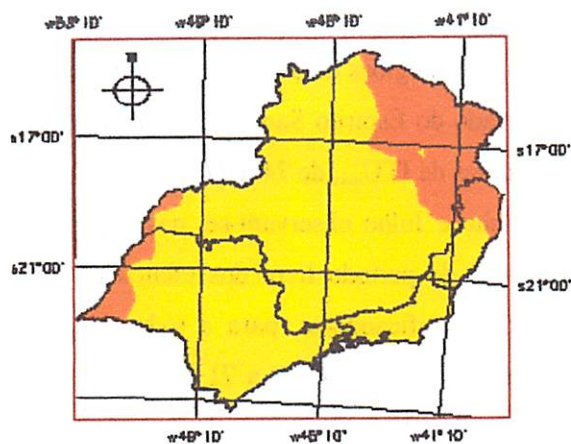


(a)

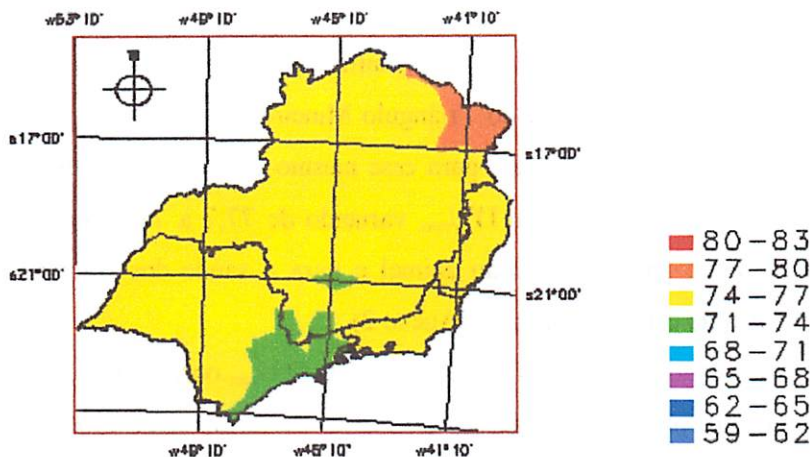


(b)

FIGURA 12 - Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade máximo mensal ($ITU_{máx}$) para os meses de (a) Janeiro (b) Fevereiro, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.



(a)



(b)

FIGURA 13 - Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade máximo mensal (ITU_{\max}) para os meses de (a) Março e (b) Abril, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

Para o mês de Maio, Figura 14a, foram observadas médias de ITU_{\max} menores que 74 no centro ao sul da Região Sudeste. Pequenos trechos, nas

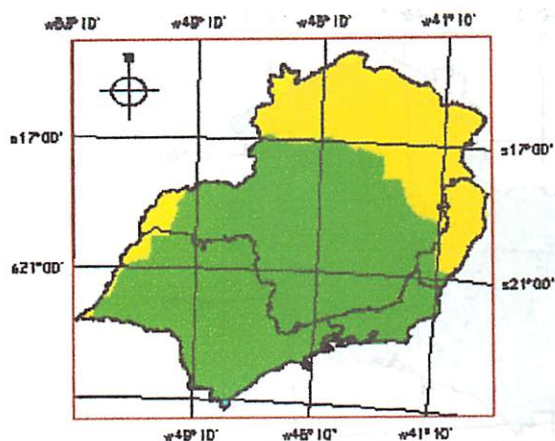
mesoregiões oeste do Estado de São Paulo e extremo do Triângulo Mineiro, bem como para o norte, noroeste e mesoregiões do Jequitinhonha, Vales do Mucuri e Rio Doce, Minas Gerais e Estado do Espírito Santo (excetuando a região sul do Estado), foram observados valores de $ITU_{máx}$ de 74 a 77.

Entre os meses de Junho e Julho observam-se, nas Figuras 14b e 15a, valores de $ITU_{máx}$ significativos de período livre dos efeitos de desconforto e estresse provocados pelo calor, verificando-se, para a toda a Região Sudeste, médias de $ITU_{máx}$ inferiores a 74, variando de 68 a 71 para a metade do Estado de São Paulo, desde o litoral até o Vale do Ribeira e área central do Estado, assim como para o Estado de Minas Gerais, em que foram observados para as mesoregiões oeste, sul e Campo das Vertentes, e para a região central e sul do Rio de Janeiro.

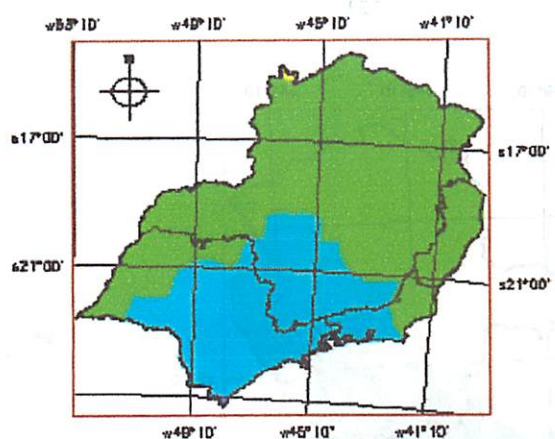
Para o mês de Julho são encontrados valores de $ITU_{máx}$ de 74 a 77 somente em pequeno trecho do Triângulo Mineiro e extremo noroeste de Minas Gerais (Figura 15a). Contudo, para esse mesmo período, Maio, Junho e Julho, foram observados valores de $ITU_{máx}$ variando de 77,7 a 78,7, significativos de faixa de risco para a produção animal e para a saúde dos trabalhadores, em decorrência do estresse por calor (Anexo 2).

Em Agosto, Figura 15b, os valores de $ITU_{máx}$ observados situam-se entre 71 e 74 para parte do Estado de São Paulo, compreendendo todo o litoral e os Vales do Ribeira e do Paraíba, assim como para todo o Estado do Rio de Janeiro e do Espírito Santo e para a faixa que compreende os Vales do Mucuri e Rio Doce e parte do Jequitinhonha, zona da mata, região sul e Campo das Vertentes, em Minas Gerais.

Foram observadas, também, áreas com valores de $ITU_{máx}$ de 77 a 80 para os mesoregiões noroeste de São Paulo e, em Minas Gerais, para parte do Triângulo Mineiro e extremo noroeste do Estado (Figura 15b).

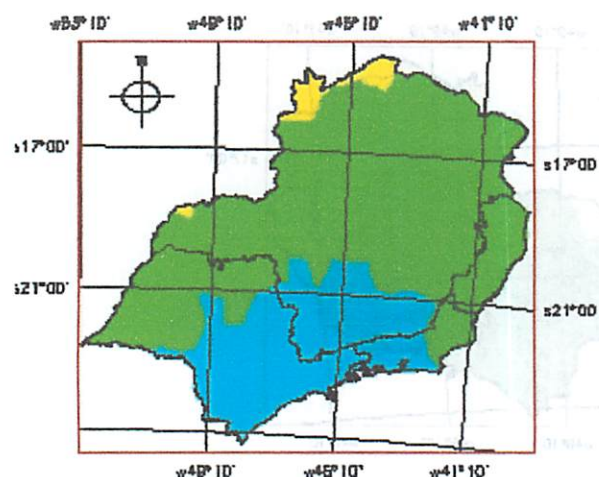


(a)

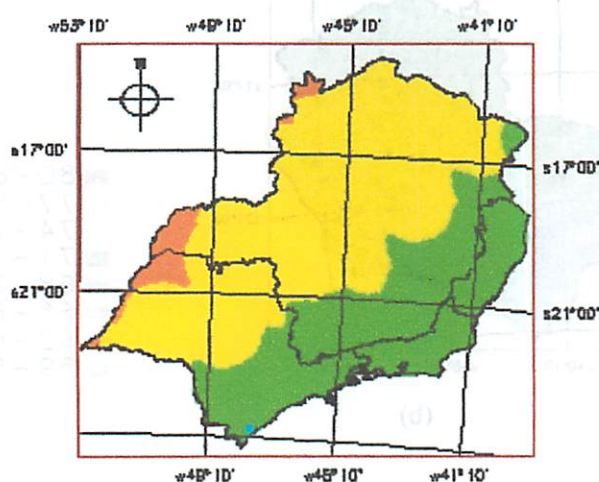


(b)

FIGURA 14 - Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade máximo mensal ($ITU_{máx}$) para os meses de (a) Maio e (b) Junho, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.



(a)

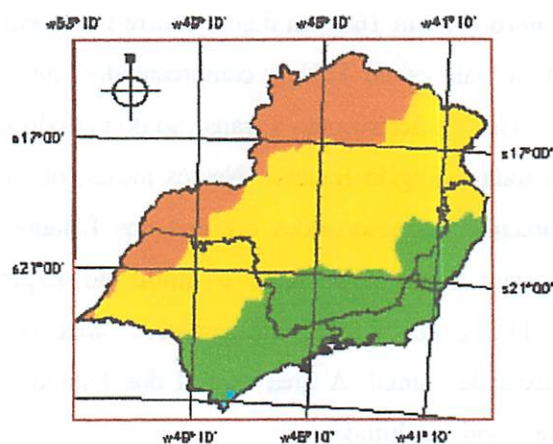


(b)

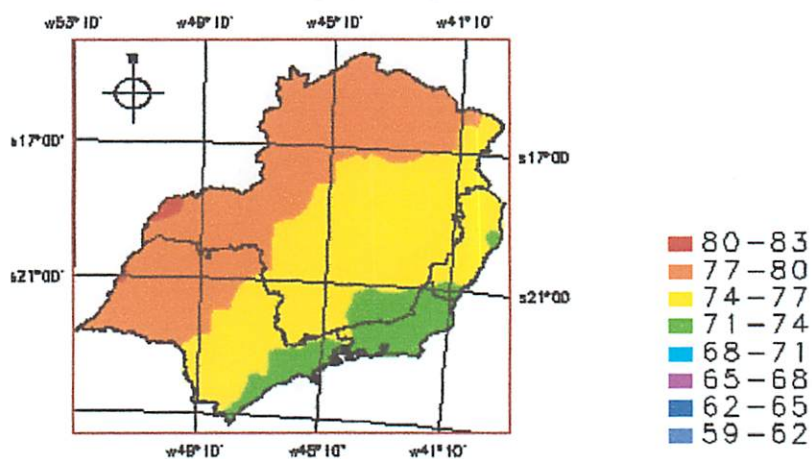
FIGURA 15 - Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade máximo mensal ($ITU_{máx}$) para os meses de (a) Julho e (b) Agosto na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

Do mês de Setembro (Figura 16a) em diante ocorre novamente aumento das áreas que apresentam valores de $ITU_{máx}$ compreendidos entre 74 e 77, devido à elevação da t_{bs} e UR, caracterizando a transição do período seco para a estação de chuvas, para toda a Região Sudeste. Nesses meses, observa-se uma grande faixa que compreende as mesoregiões centrais dos Estados de Minas Gerais e São Paulo, assim como o noroeste e litoral do Espírito Santo, apresentando valores de $ITU_{máx}$ de 74 a 77, caracterizando áreas de prevenção aos prejuízos na produtividade animal. A área central dos Estados se mantém livre do estresse por calor devido à altitude.

Para o mês de Outubro observou-se, ainda, um pequeno trecho situado no Triângulo Mineiro em que foram verificados valores de $ITU_{máx}$ de 80 a 83, característicos de situações de emergência (Figura 16b).



(a)

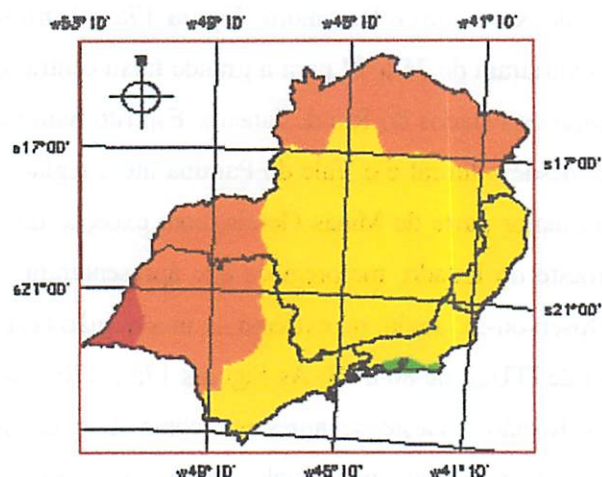


(b)

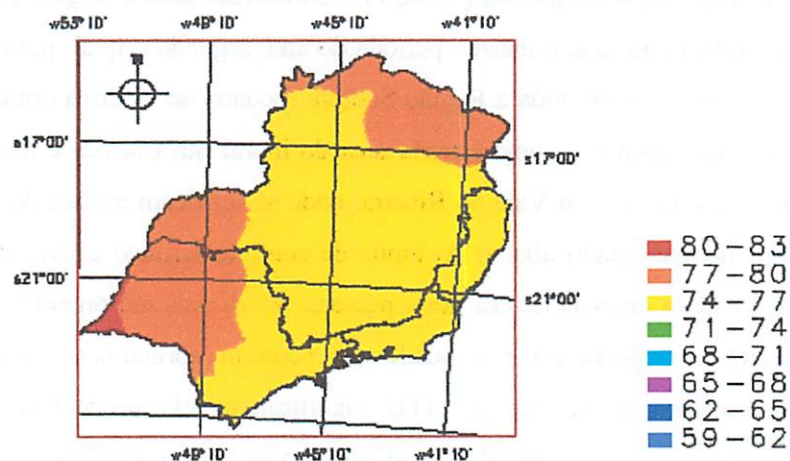
FIGURA 16 - Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade máximo mensal ($ITU_{máx}$) para os meses de (a) Setembro e (b) Outubro na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

Para os meses de Novembro e Dezembro (Figura 17a e 17b), os valores de $ITU_{máx}$ observados variaram de 74 a 77 para a grande faixa central da Região Sudeste, compreendendo os Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e parte do Estado de São Paulo, desde o litoral e o Vale do Paraíba até a região central do Estado, bem como na maior parte de Minas Gerais, com exceção do Triângulo Mineiro, norte e noroeste do Estado, mesoregiões que apresentaram valores de $ITU_{máx}$ de 77 a 80. Observou-se, ainda, no extremo da mesoregião oeste, em São Paulo, valores médios de $ITU_{máx}$ de 80 a 83. As Figuras 17a e 17b mostram que, para esse período, a Região Sudeste se apresenta como área de perigo aos produtores e trabalhadores, principalmente aquelas em que ocorreram valores de $ITU_{máx}$ entre 80 e 83.

As espacializações dos valores de $ITU_{máx}$ encontrados para essa época do ano se aproximam da distribuição do ITU encontrada para a Região Sudeste por Cabral (2001) durante o mesmo período do ano, segundo o qual, para o período de Novembro a Abril, toda a Região Sudeste encontra-se na faixa crítica de ITU, com exceção apenas de uma estreita área do litoral Sul Carioca e todo o litoral Paulista, assim como o Vale do Ribeira, onde se verificam médias de valores de $ITU_{máx}$, permanecendo abaixo do limite de conforto térmico e livre do estresse por calor para animais de criação e pessoas. As demais mesoregiões refletem a elevação da temperatura e umidade que ocorrem normalmente nessa época, correspondendo a valores de ITU significativos de desconforto para os trabalhadores rurais e situações de alerta para os produtores quanto à perda de produção e perigo para a sobrevivência de animais de criação.



(a)



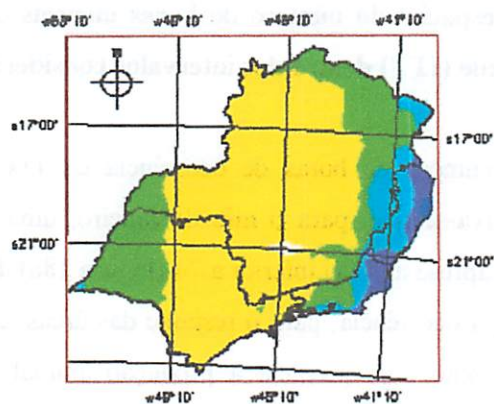
(b)

FIGURA 17 - Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade máximo mensal ($ITU_{máx}$) para os meses de (a) Novembro e (b) Dezembro na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

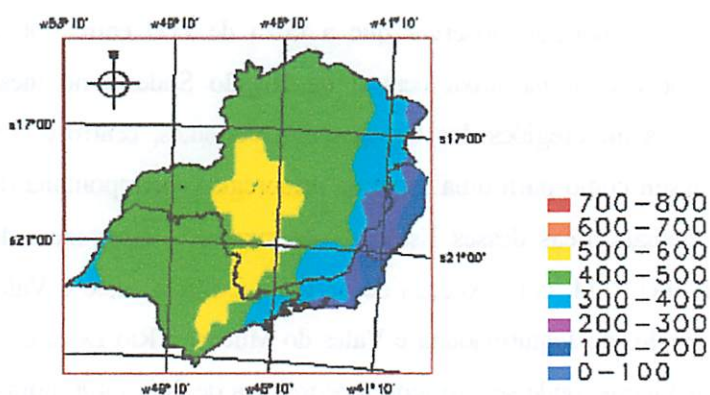
4.3. Variação sazonal e espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade (ITU) dentro dos intervalos considerados

Com relação ao número de horas de ocorrência do ITU dentro dos intervalos estudados observa-se que, para o mês de Janeiro, uma ampla faixa central da Região Sudeste apresenta ITU inferior a 74 (Figura 18a) durante 500 a 600 horas por mês, sendo a ocorrência, para o restante das áreas, entre 0 a 500 horas, caracterizando-se como área propícia à produção animal por atender, durante grande parte do tempo, às necessidades de conforto térmico dos trabalhadores rurais e animais.

Para o mês de Fevereiro (Figura 18b), com relação ao número de horas de ITU < 74, pode-se observar que a faixa de ITU entre 500 a 600 horas mensais, observada na faixa central da Região Sudeste no mês de Janeiro, reduziu-se às mesoregiões dos Campos das Vertentes, centro e oeste de Minas Gerais, assim como para uma faixa na mesoregião metropolitana de São Paulo. Para as demais áreas desses Estados, observou-se a ocorrência de 400 a 500 horas de ITU < 74, com exceção de parte do extremo oeste e Vale do Paraíba, em São Paulo; do Jequitinhonha e Vales do Mucuri e Rio Doce e zona da mata, em Minas Gerais, onde se verificou a ocorrência de 300 a 400 horas. Ainda para esse mês, verificou-se uma média de 100 a 300 horas de ITU < 74 para parte da mesoregião do Jequitinhonha, em Minas Gerais, para as mesoregiões noroeste, norte e central Fluminenses, no Rio de Janeiro, e também para quase todo o Estado do Espírito Santo, exceto uma área do noroeste do Estado.



(a)



(b)

FIGURA 18 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) inferior a 74, para o mês de (a) Janeiro e (b) Fevereiro, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

Para a faixa de ITU entre 74 e 79 (Figura 19a), especificamente para o mês de Janeiro, a maior parte da Região Sudeste apresentou entre 100 e 300 horas, exceto para os Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e o leste de Minas Gerais, onde a ocorrência variou de 300 a 500 horas.

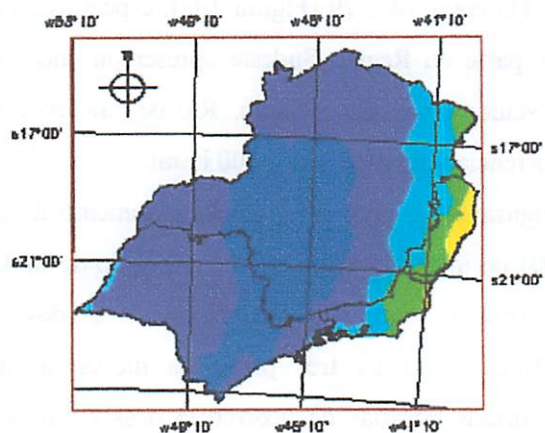
Em Fevereiro (Figura 19b), pôde-se observar o aumento do número de horas de ITU (100 a 300) no intervalo de 74 a 79, no Estado de Minas Gerais, principalmente nas mesoregiões do Noroeste, Central e dos Vales do Jequitinhonha ao Rio Doce. Para os três primeiros meses do ano foram encontradas as maiores médias horárias de ocorrência desses valores de ITU, cuja frequência variou entre 46 a 52% das horas mensais.

Nas mesoregiões do Sul, Sudeste e Campo das Vertentes, devido à altitude da região, a frequência desses valores de ITU (de 74 a 79) variou entre 100 e 200 horas de ocorrência. Para as demais mesoregiões dos estados de Minas Gerais e São Paulo foram observadas entre 200 e 300 horas desse índice, com exceção de estreita faixa no extremo oeste Paulista, onde foram notadas de 300 a 400 horas no mês de Janeiro (Figura 19a).

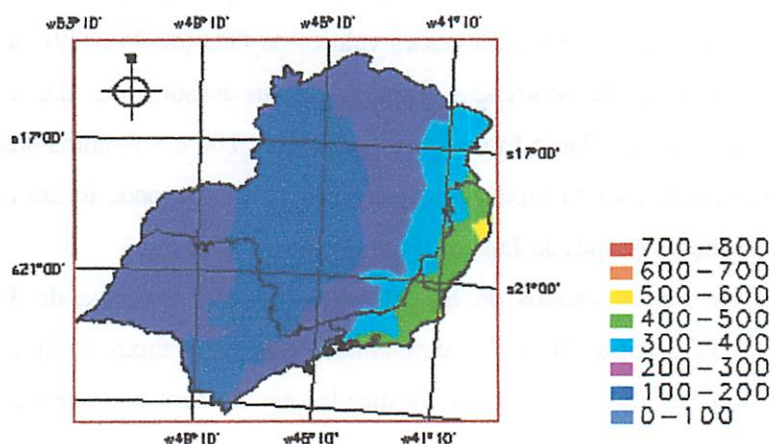
Nos outros estados do Sudeste manteve-se a tendência de 300 a 500 horas de ITU entre 74 a 79, diminuindo, porém, a faixa de intervalo que compreende de 500 a 600 horas, verificadas em Janeiro, no litoral do Espírito Santo (Figuras 19a e 19b).

Esse período do ano caracteriza condição de alerta aos produtores rurais da região com relação ao desconforto ocasionado pelo excesso de calor.

Esses valores de ITU se aproximam daqueles encontrados por Cabral (2001) no zoneamento da região para a pecuária leiteira.



(a)

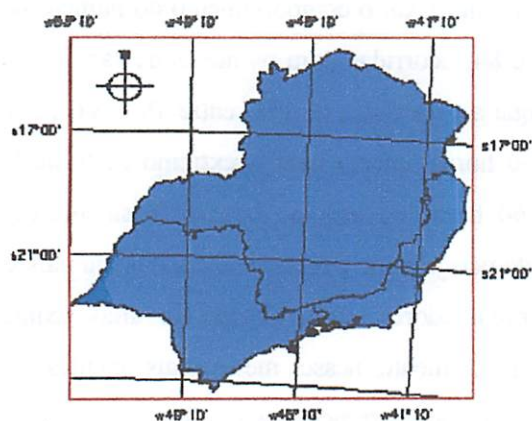


(b)

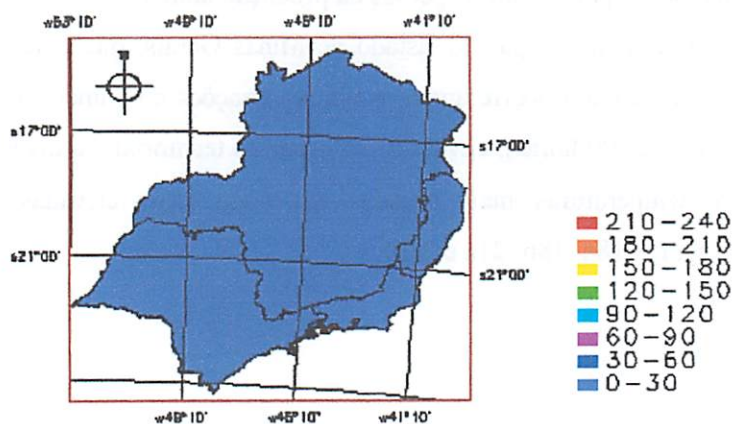
FIGURA 19 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice temperatura e umidade mensal (ITU) entre 74 e 79 para o mês de (a) Janeiro e (b) Fevereiro, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

As Figuras 20a e 20b mostram o comportamento do número de horas do intervalo de ITU entre 79 e 84, ocorridas para os meses de Janeiro e Fevereiro, em que se pode observar que a ocorrência de ITU entre 79 e 84, para a Região Sudeste, ficou entre 0 a 30 horas, exceto para o extremo oeste de São Paulo, onde ocorreram de 30 a 60 horas no mês de Janeiro. Esse intervalo de ITU indica condições térmicas de perigo para a sobrevivência dos animais e situações muito quentes para os trabalhadores rurais devido às altas temperaturas e umidades que ocorrem, principalmente, nesses meses mais quentes e úmidos do ano. Contudo, a média de horas de ocorrência desse índice não foi representativa de riscos à produtividade animal e ao desempenho humano (Quadro 11); porém, precauções devem ser tomadas para reduzir a ocorrência de acidentes por parte dos trabalhadores e para evitar as perdas na produção animal.

Observa-se ainda, para o Estado de Minas Gerais, que para os quatro primeiros meses do ano ocorreram as maiores variações no número de horas de ITU < 74 (de 0 a 800 horas), devido a sua extensão territorial e à diversidade de clima, com temperaturas mais brandas nas áreas mais elevadas e verões chuvosos (Figuras 18a, 18b, 21a e 21b).



(a)



(b)

FIGURA 20 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) entre 79 e 84 para o mês de (a) Janeiro e (b) Fevereiro, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

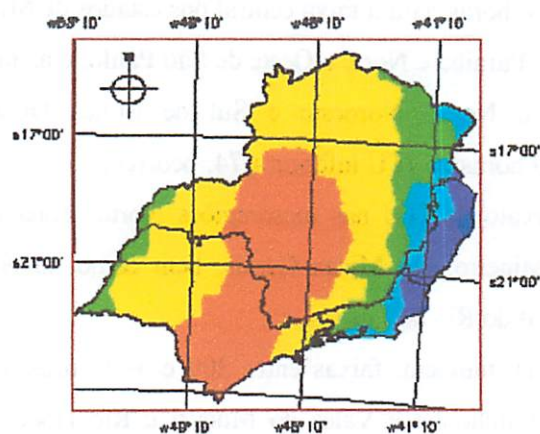
Com relação ao comportamento da média de horas de ITU inferior a 74 para o mês de Março (Figura 21a), verificou-se a intensificação desse índice,

ocorrendo entre 600 a 700 horas para a faixa central dos estados de Minas Gerais e São Paulo. No Vale do Paraíba e Norte e Oeste de São Paulo, e as mesoregiões do Triângulo Mineiro e Norte, Noroeste e Sul de Minas Gerais, foram observadas de 400 a 600 horas de ITU inferior a 74, ocorrendo, ainda, entre 400 a 500 horas desse intervalo de ITU nas mesoregiões Norte, Zona da Mata e extremo do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, bem como no Noroeste do Estado de São Paulo e Sul do Rio de Janeiro.

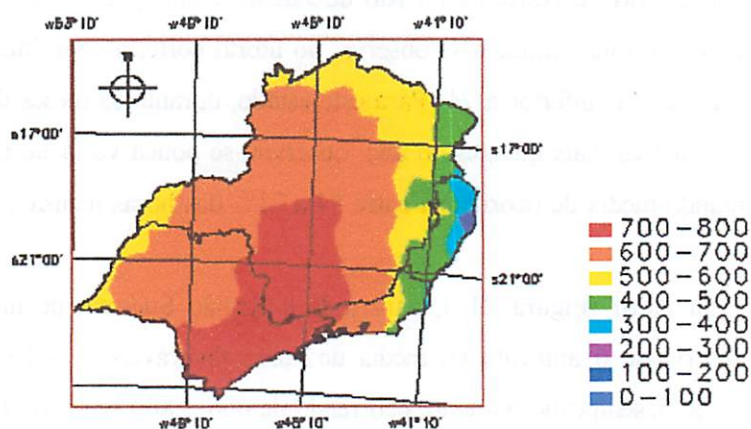
Foram observadas, também, faixas entre 300 e 400 horas desse índice nas mesoregiões do Jequitinhonha e Vales do Mucuri e Rio Doce, em Minas Gerais, e na área Central do Rio de Janeiro e Noroeste do Espírito Santo.

Faixas de 200 a 300 horas desse intervalo de ITU ocorreram apenas nas mesoregiões Norte e Noroeste do Rio de Janeiro e em quase todo o Estado do Espírito Santo, onde também se observa, no litoral norte, a ocorrência de 100 a 200 horas de ITU inferior a 74. Para este estado, durante os meses de Janeiro a Março, os meses mais quentes do ano, observou-se pouca variação para o ITU, apresentando média de ocorrência entre 54 a 71% das horas mensais para março e Abril.

Em Abril (Figura 21b), para toda a Região Sudeste, de uma maneira geral observa-se o aumento da média de horas favoráveis à melhor produção animal e ao desempenho humano, ocorrendo de 600 a 800 horas de ITU inferior a 74; a faixa que compreende o nordeste do Jequitinhonha e o extremo sul do Vale do Mucuri, em Minas Gerais, as mesoregiões Norte e Noroeste do Rio de Janeiro e quase todo o Estado do Espírito Santo manteve-se entre 400 a 500 horas desse intervalo de ITU.



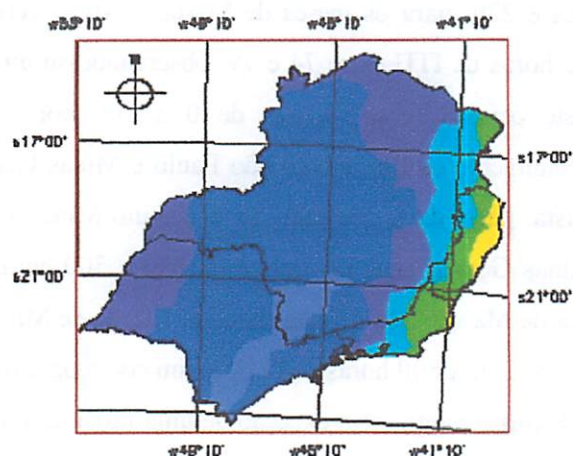
(a)



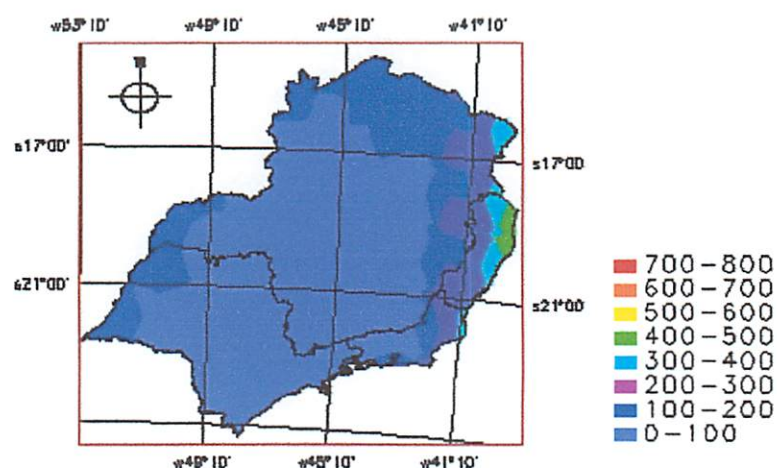
(b)

FIGURA 21 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade (ITU) inferior a 74, para os meses de (a) Março e (b) Abril, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

Nas Figuras 22a e 22b, para os meses de Março e Abril, verifica-se a diminuição da média de horas de ITU entre 74 e 79, observando-se uma grande área da Região Sudeste ocupada com valores de 0 a 200 horas de ITU, compreendendo quase totalmente os Estados de São Paulo e Minas Gerais, com exceção do Oeste Paulista, parte da mesoregião do Triângulo Mineiro, Zona da Mata e do Norte de Minas Gerais, onde ocorreram de 200 a 300 horas de ITU entre 74 e 79 para o mês de Março. Nas demais áreas do Estado de Minas Gerais foram observadas faixas de 300 a 500 horas de ITU, assim como para os Estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, com exceção de uma faixa do litoral norte do Espírito Santo, onde ocorreram de 500 a 600 horas de ITU, característica de perigo e possíveis perdas para a produção animal e de condição de início de desconforto térmico para o trabalhador rural.



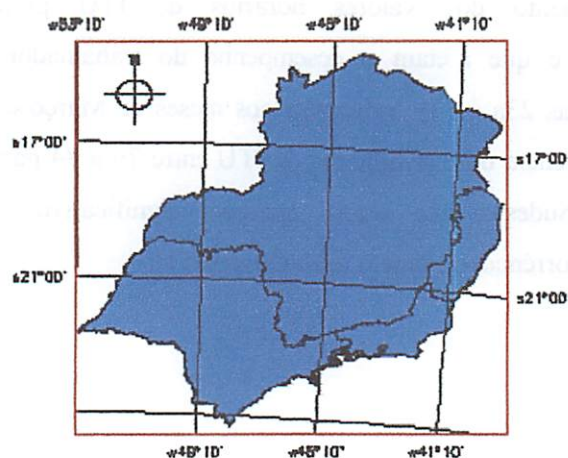
(a)



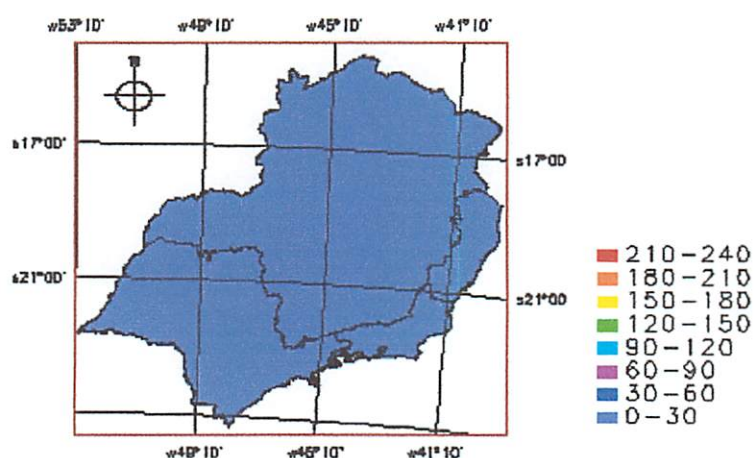
(b)

FIGURA 22 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) entre 74 e 79 para os meses de (a) Março e (b) Abril, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

O comportamento dos valores horários de ITU prejudicial à produtividade animal e que afetam o desempenho do trabalhador pode ser observado pelas Figuras 23a e 23b, referentes aos meses de Março e Abril, em que se observa a ocorrência de 0 a 30 horas de ITU entre 79 a 84 para todos os estados da Região Sudeste, não sendo, contudo, significativo, devido ao reduzido período de ocorrência durante o mês (Quadro 11).



(a)

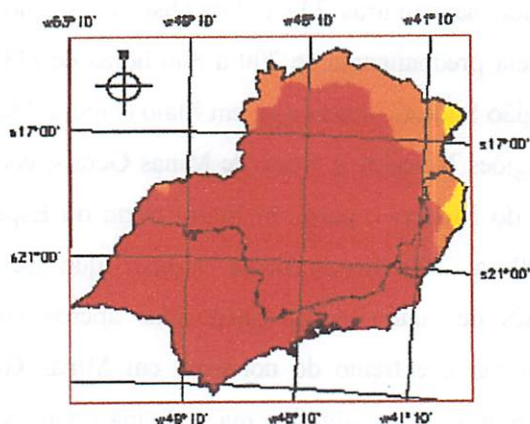


(b)

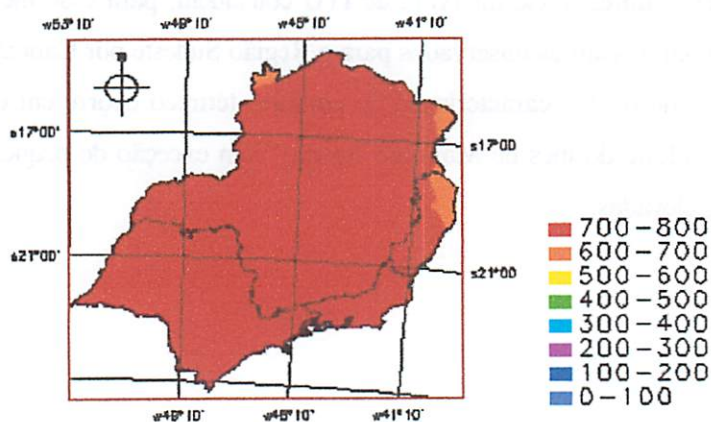
FIGURA 23 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) entre 79 e 84 para os meses de (a) Março e (b) Abril, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

Conforme mostrado nas Figuras 24a e 24b observou-se, nos meses de Maio a Junho, a ocorrência predominante de 700 a 800 horas de ITU inferior a 74 para quase toda a Região Sudeste, sendo que, em Maio (Figura 24a), apenas a área extrema das mesoregiões Noroeste e Norte de Minas Gerais, como também o Jequitinhonha, o Vale do Mucuri e parte do litoral norte do Espírito Santo, apresentaram entre 500 a 700 horas desse índice, que se reduziram significativamente no mês de Junho, sendo observadas apenas em parte da mesoregião do Jequitinhonha e extremo do noroeste, em Minas Gerais, e no litoral norte do Espírito Santo, o que significa que a Região manteve-se dentro da faixa de conforto térmico e de melhor desempenho e produtividade para humanos e animais.

Os valores desse intervalo de ITU coincidem, para esse mesmo período do ano, com os valores observados para a Região Sudeste por Cabral (2001), que verificou que o ITU característico de conforto térmico ocorre em quase toda a Região Sudeste do mês de Maio até Agosto, com exceção de pequenas áreas de UR mais elevadas.



(a)

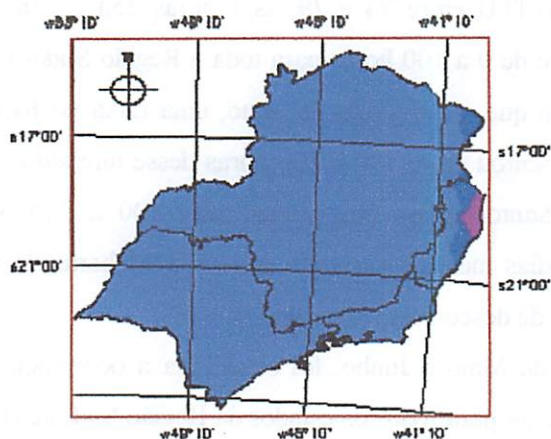


(b)

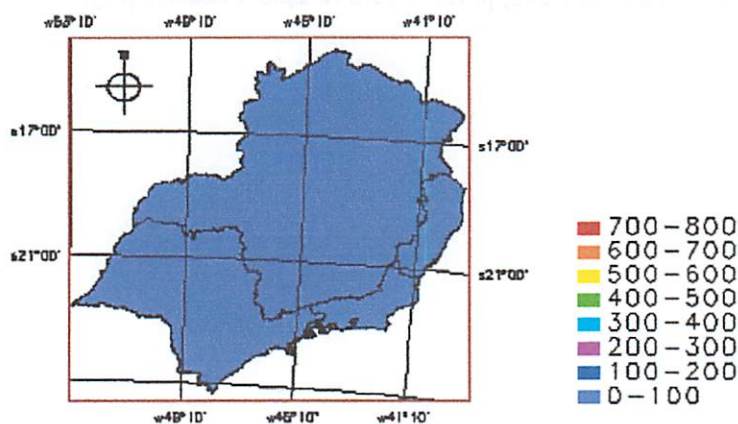
FIGURA 24 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) inferior a 74, para os meses de (a) Maio e (b) Junho, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

Com relação ao ITU entre 74 e 79, as Figuras 25a e 25b mostram a ocorrência predominante de 0 a 100 horas para toda a Região Sudeste nos meses de Maio e Junho, sendo que, para o mês de Maio, uma faixa no Jequitinhonha, em Minas Gerais, apresentou entre 100 a 200 horas desse intervalo e, na região litorânea do Espírito Santo, foram observadas entre 100 a 300 horas desse índice; contudo, as médias mensais variaram entre 5 a 14 horas de ocorrência, não significando perigo de desconforto por calor.

Para os meses de Maio e Junho, foi observada a ocorrência de 0 a 30 horas de ITU entre 79 e 84 para todos os estados da Região Sudeste (Figuras 26a e 26b), o que tem sido observado desde o mês de Janeiro até Agosto (Figura 29b), não sendo relevante, portanto, em relação a riscos e prejuízos.

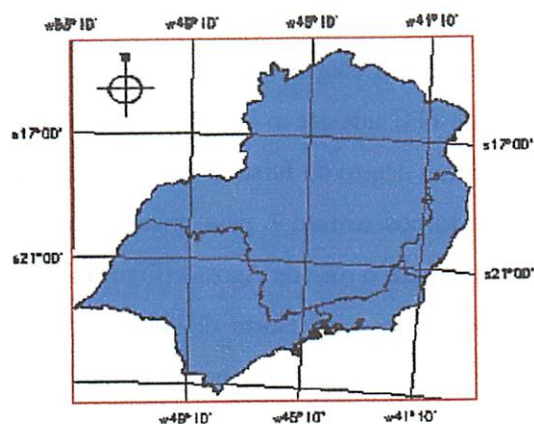


(a)

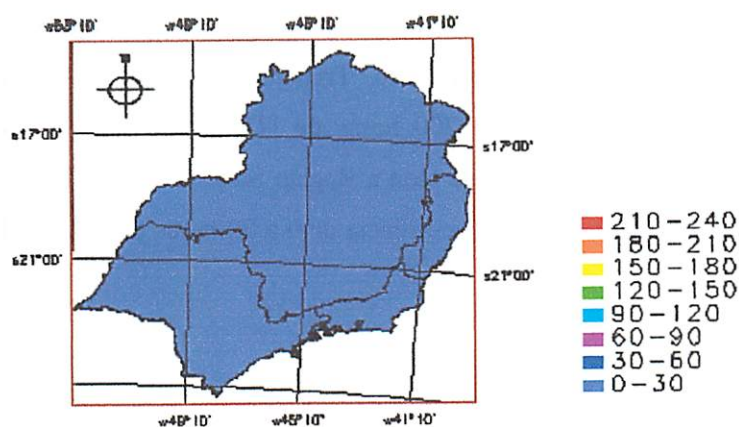


(b)

FIGURA 25 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) entre 74 e 79, para os meses de (a) Maio e (b) Junho, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.



(a)

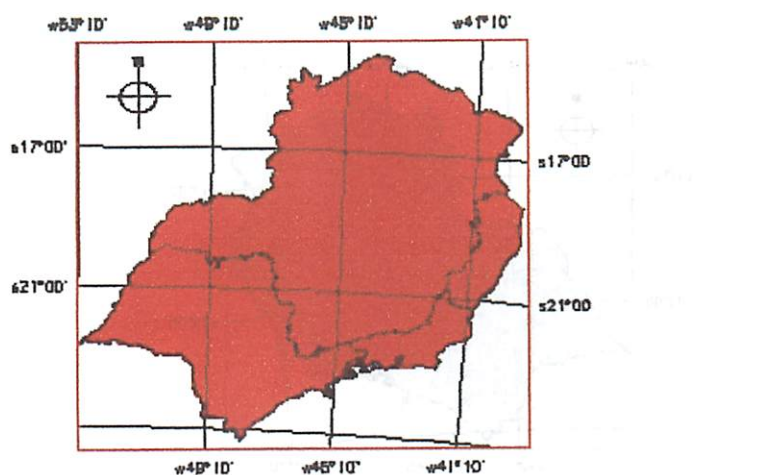


(b)

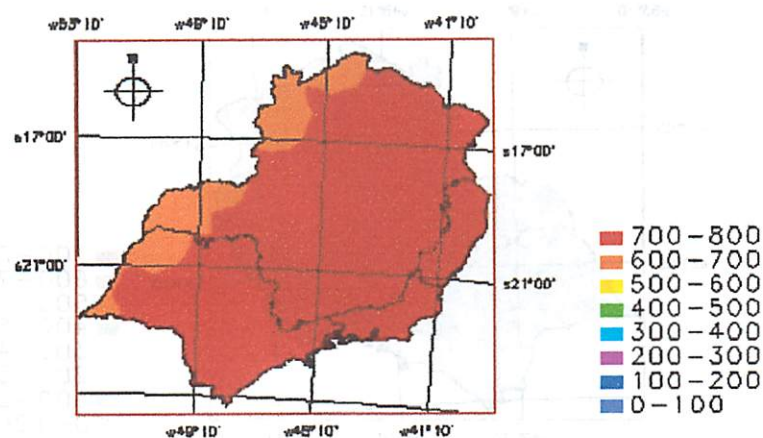
FIGURA 26 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) entre 79 e 84, para os meses de (a) Maio e (b) Junho, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

A Figura 27a mostra que para o mês de Julho, conforme citado anteriormente, observa-se, para a Região Sudeste, em sua totalidade, de 700 a 800 horas de ocorrência de ITU inferior a 74, demonstrando que, nesse período, todos os estados se encontram dentro da faixa de conforto térmico para pessoas e animais e livres dos transtornos causados pelo excesso de calor. Esse mesmo comportamento é verificado para o mês de Agosto (Figura 27b), com exceção de parte das mesoregiões do Oeste e do Norte de São Paulo, para o Triângulo Mineiro e o Noroeste de Minas Gerais, onde houve de 600 a 700 horas de ITU menor que 74.

Pela Figura 28a e 28b, pode-se observar a predominância da ocorrência de 0 a 100 horas de ITU entre 74 e 79 para todos os estados, com exceção de uma parte da mesoregião do Triângulo, em Minas Gerais, onde foram observadas entre 100 e 200 horas de ITU menor que 74, durante o mês de Agosto (Figura 28b), e de toda a Região Sudeste (Fig. 29a e b), para ambos os meses, em que houve a ocorrência de 0 a 30 horas de valores de ITU entre 79 e 84.

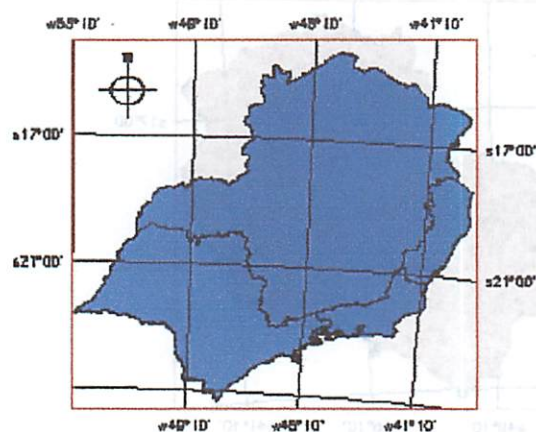


(a)

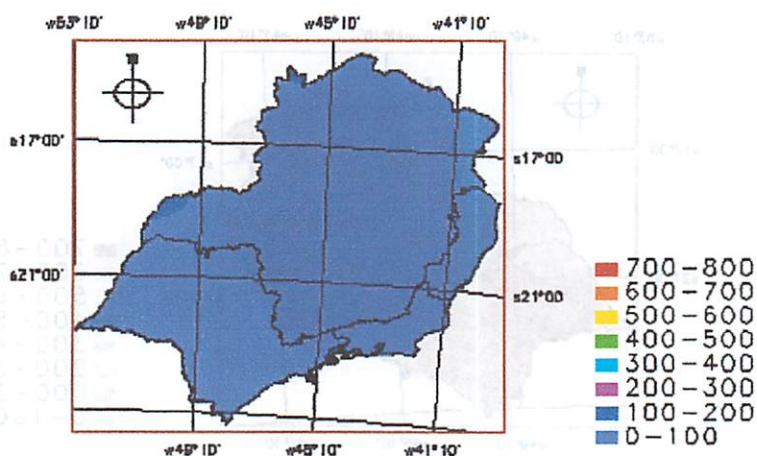


(b)

FIGURA 27 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) menor que 74, para os meses de (a) Julho e (b) Agosto, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

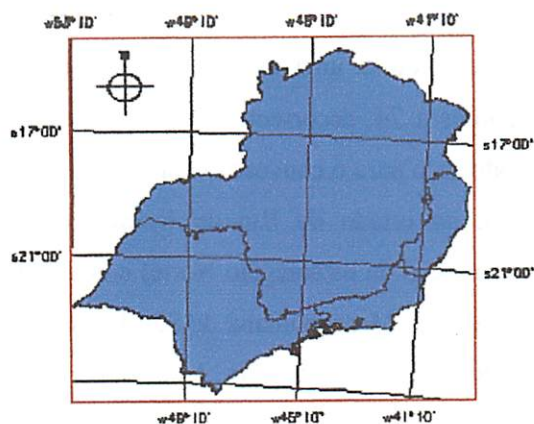


(a)

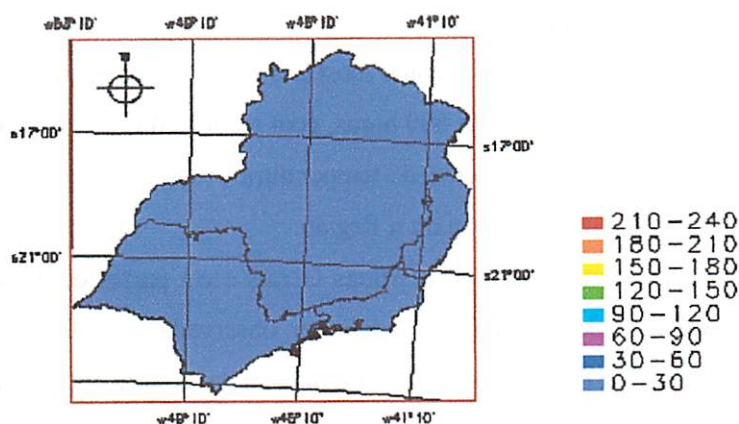


(b)

FIGURA 28 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) entre 74 e 79, para os meses de (a) Julho e (b) Agosto, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.



(a)



(b)

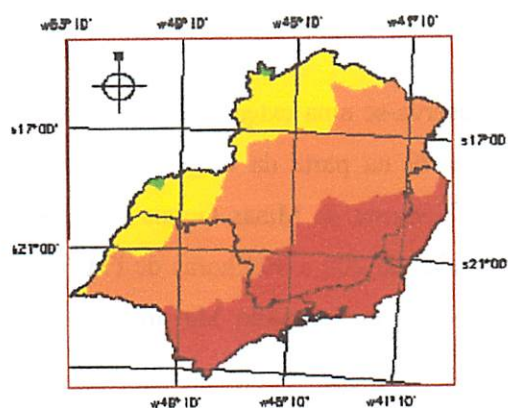
FIGURA 29 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) entre 79 e 84, para os meses de (a) Julho e (b) Agosto, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

Nos meses de Setembro e Outubro, conforme pode ser observado nas Figuras 30a e 30b, verificou-se uma modificação no perfil de ocorrência dos valores de ITU inferiores a 74, decorrente da elevação da temperatura e início da transição do período seco para o chuvoso nessa Região.

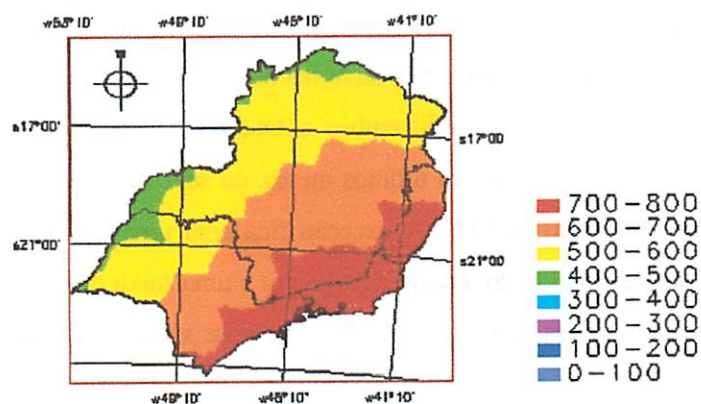
Em Setembro, no estado do Rio de Janeiro, em sua totalidade, no Espírito Santo (com exceção da mesoregião Norte) e nos Vales do Paraíba e do Ribeira e no litoral e na área Macropolitana de São Paulo são observadas faixas de 700 a 800 horas desse intervalo de ITU. As demais mesoregiões do Sudeste apresentam faixa de 600 a 700 horas de ITU, excetuando o norte e noroeste de Minas Gerais, assim como o Triângulo e parte do extremo Oeste Paulista, onde se verificou a redução para 500 a 600 horas desse índice.

Durante Outubro, como mostra a Figura 30b, ocorre a intensificação do ITU para faixas de 500 a 600 horas, com redução das faixas de 600 a 800 horas, em decorrência do aumento de temperatura e UR, característicos do período de calor e início das chuvas para a Região.

No extremo norte de Minas Gerais e em partes do Triângulo Mineiro e do noroeste de São Paulo, podem ser observadas de 400 a 500 horas desse intervalo de ITU, mas a região litorânea ainda se apresenta livre do estresse por calor; ocorrem faixas de 700 a 800 horas de ITU inferior a 74 (Figura 30b) em parte dos estados de São Paulo, Minas Gerais e do Espírito Santo e em todo o estado do Rio de Janeiro.



(a)



(b)

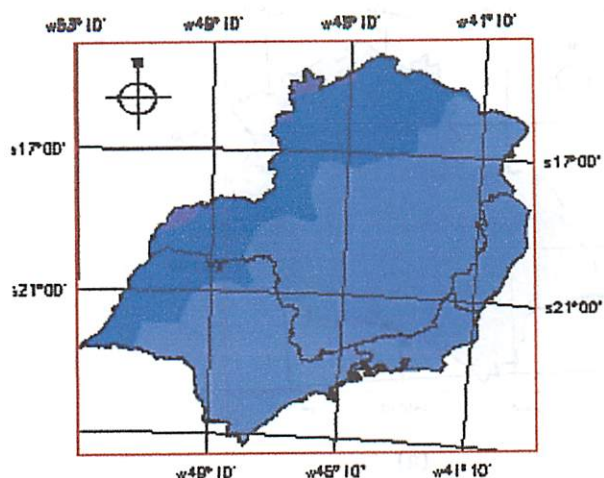
FIGURA 30 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) menor que 74, para os meses de (a) Setembro e (b) Outubro, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

A partir dos meses de Setembro e Outubro (Figuras 31a e 31b), com a continuidade das altas t_{es} , ocorre elevação das médias horárias de ITU entre 74 e 79, verificada também no Anexo 4.

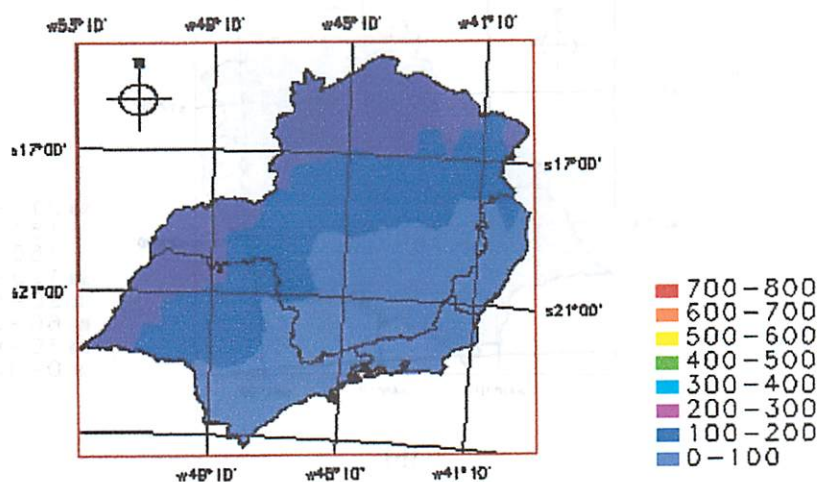
Em Setembro, observa-se uma extensa faixa de ocorrência de 100 a 200 horas de ITU entre 74 e 79 na parte da Região Sudeste que compreende as mesoregiões do Norte e Noroeste de Minas Gerais e Noroeste e Oeste de São Paulo. Ainda são verificadas de 200 a 300 horas de ITU em pequenas áreas do extremo Noroeste e no Norte do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais (Figura 31a).

Essas áreas se ampliam durante o mês de Outubro (Figura 31b) com a intensificação desse intervalo de ITU, o que significa condição de riscos para a produção animal e desconforto e problemas de desempenho para o trabalhador.

Com relação às médias de horas de ITU entre 79 e 84 observou-se, pelas Figuras 32a e 32b, para Setembro e Outubro, o mesmo comportamento das médias de horas dos quatro últimos meses, ou seja, apresentando de 0 a 30 horas de desse intervalo de ITU. A exceção fica com uma pequena área no extremo norte da mesoregião do Triângulo Mineiro e uma faixa estreita no extremo Oeste Paulista, na divisa com o Paraná, onde se pode verificar a ocorrência de 30 a 60 horas de ITU durante o mês de Outubro (Figura 32b), o que, no geral, não caracteriza a região com área de riscos para animais, nem para pessoas.



(a)



(b)

FIGURA 31 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) entre 74 e 79, para os meses de (a) Setembro e (b) Outubro, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

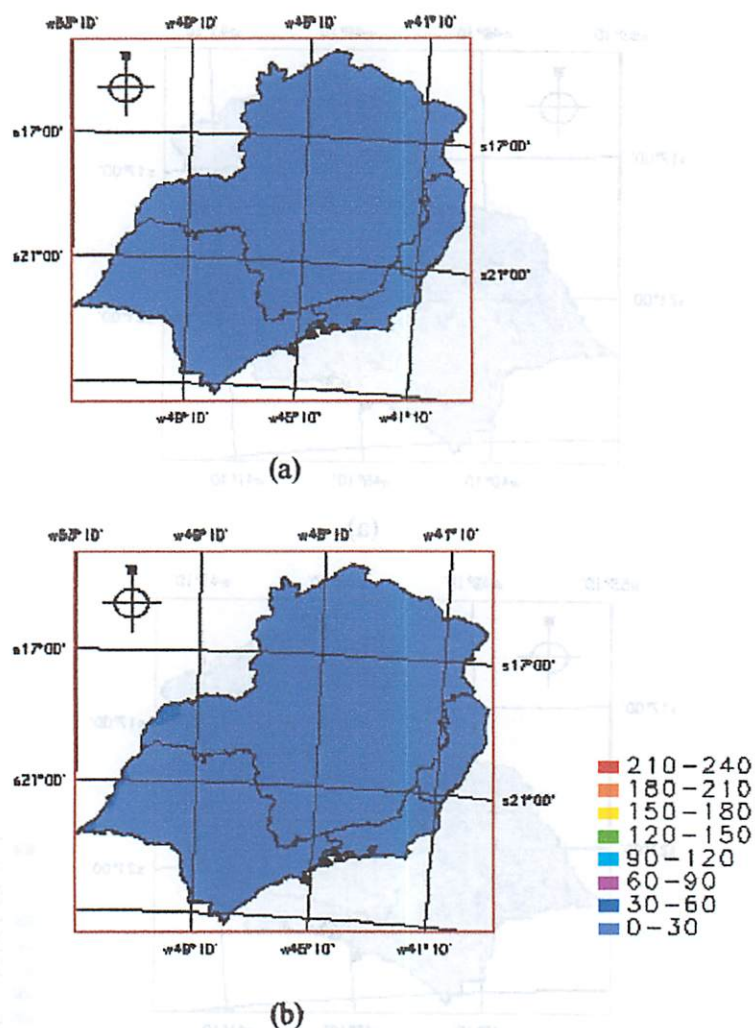


FIGURA 32 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) entre 79 e 84, para os meses de (a) Setembro e (b) Outubro, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

Para Novembro e Dezembro observa-se, pelas Figuras 33a e 33b, a diminuição da faixa de 600 a 700 horas de ITU inferior a 74 e o aumento da faixa de 400 a 500 horas. Para o litoral do Espírito Santo e Rio de Janeiro e

extremo norte do Jequitinhonha, em Minas Gerais, há a ocorrência de 200 a 400 horas de valores desse intervalo de ITU.

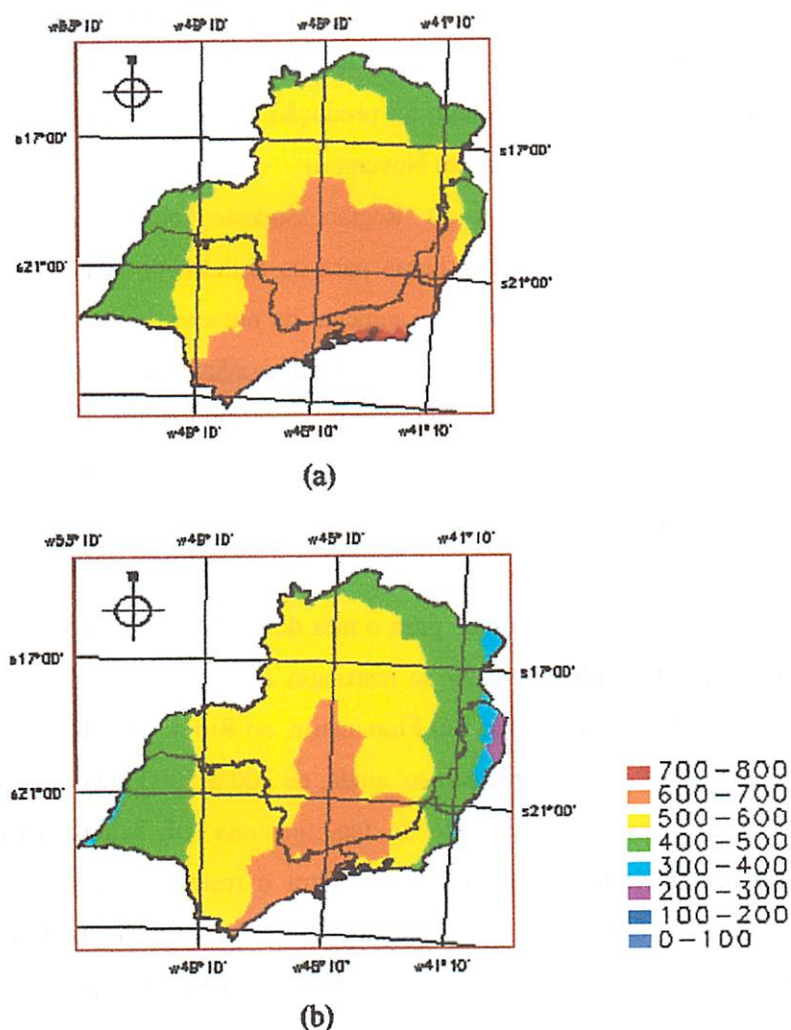


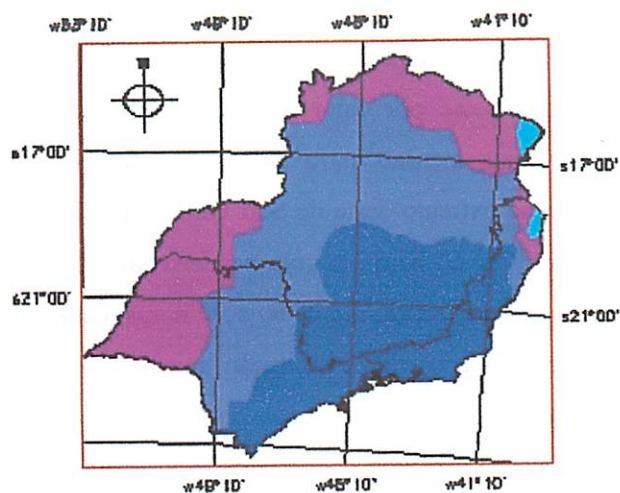
FIGURA 33 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) menor que 74, para os meses de (a) Novembro e (b) Dezembro, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

Com relação às médias de horas de ITU entre 74 e 79, conforme Figura 34a, observou-se que a faixa de 200 a 300 horas de ITU se ampliou durante os dois últimos meses do ano, ocorrendo também para as mesoregiões Norte e Oeste de São Paulo e o Norte, Noroeste, Jequitinhonha e Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, significando declínio na produção animal e início de desconforto térmico humano, para essa área, em Novembro.

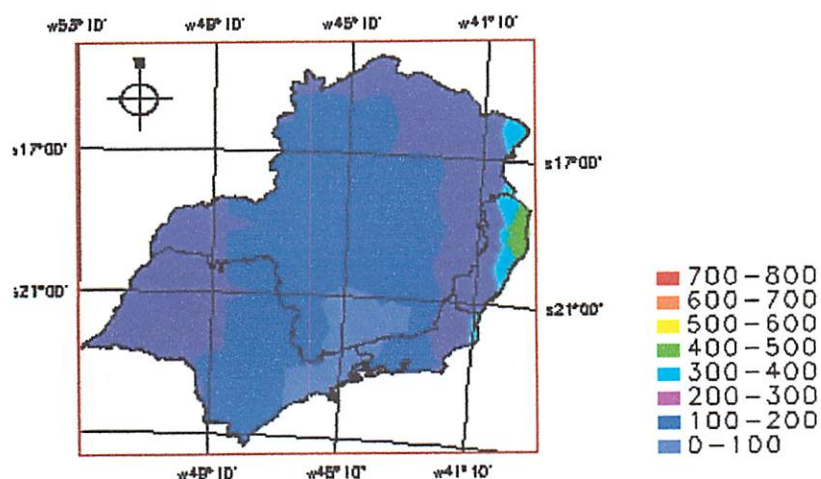
Para as demais áreas da Região Sudeste, observou-se a gradual diminuição da faixa de 0 a 100 horas para os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, e também o aumento do número de horas médias desse intervalo de ITU para as mesoregiões do Jequitinhonha e para o norte e o litoral do Estado do Espírito Santo, onde ocorreram entre 200 e 400 horas de ITU entre 74 e 79 (Figuras 34a). A parte central deste estado manteve-se dentro da faixa de conforto térmico para homens e animais devido à localização das maiores altitudes nessa parte do estado.

A Figura 34b mostra que, para o mês de Dezembro, a ocorrência de 0 a 100 horas de ITU entre 74 e 79 se restringiu às mesoregiões do Campo das Vertentes, em Minas Gerais, ao Sul Fluminense, no Rio de Janeiro, e ao Vale do Paraíba, em São Paulo, verificando-se, ainda, de 300 a 500 horas desse intervalo de ITU no extremo da mesoregião do Jequitinhonha, em Minas Gerais, e em parte do litoral Norte do Espírito Santo. Para o restante das mesoregiões da Região Sudeste verificou-se a predominância de 100 a 300 horas de ITU entre 74 e 79, não sendo verificados valores de ITU superiores a 500 horas.

A partir destes meses tem início a intensificação da média de horas de ocorrência desse intervalo de ITU, variando de 26 a 52% do mês para o período entre Novembro a Abril.



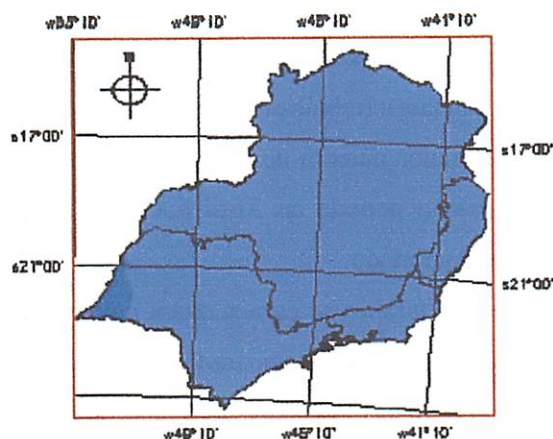
(a)



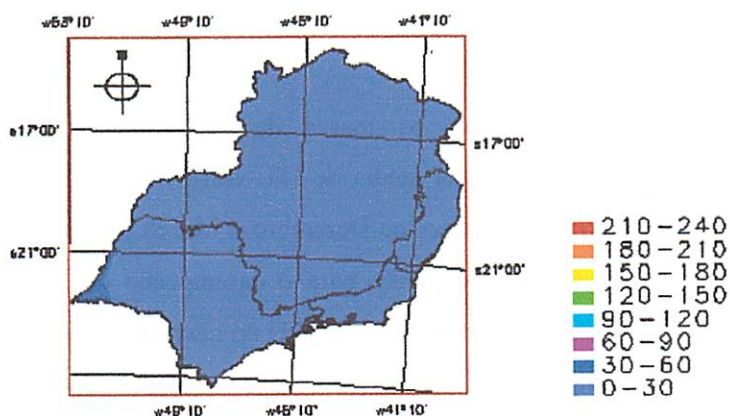
(b)

FIGURA 34 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) entre 74 e 79, para os meses de (a) Novembro e (b) Dezembro, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

O comportamento do número de horas de ITU entre 79 e 84 mostrou que, para os meses de Novembro e Dezembro (Figuras 35a e 35b), a Região Sudeste permanece livre do estresse por calor, mantendo-se a tendência dos últimos meses, de 0 a 30 horas mensais para toda a Região Sudeste, com exceção apenas de uma área no extremo oeste de São Paulo, onde se verifica a ocorrência do intervalo entre 30 a 60 horas, e uma pequena área dessa mesma região paulista (Figura 35a), em que ocorreram de 60 a 90 horas, configurando a necessidade de haver cuidados com relação à produção animal e à segurança e saúde dos trabalhadores durante as horas mais quentes do dia.



(a)



(b)

FIGURA 35 - Distribuição espacial do número de horas mensais do índice de temperatura e umidade mensal (ITU) entre 79 e 84, para os meses de (a) Novembro e (b) Dezembro, na Região Sudeste, para o período compreendido entre os anos de 1980 a 2000.

O Quadro 11 mostra a porcentagem média de ocorrência de ITU dentro dos intervalos previamente definidos, sendo importante a quantificação do período de exposição dos animais e trabalhadores ao estresse por calor.

Verificou-se que o maior número de horas mensais de ITU confortável, menor que 74, ocorreu para o período de Abril a Outubro, caracterizado por ocorrência em 71% a 97% do período.

Os meses de Maio a Outubro se caracterizam pela menor ocorrência de valores de ITU entre 74 e 79 quando comparados aos demais meses do ano, sendo que as porcentagens mínima e máxima do tempo de ocorrência foram de 2,70 e 18,77, respectivamente, caracterizando período de baixo nível de estresse por calor para animais e baixo risco de acidentes para humanos. Nos meses de Junho a Agosto, a porcentagem de ocorrência de ITU entre 74 e 79 foi inferior ou igual a 6,87%.

Observou-se que os meses de Novembro a Abril apresentaram porcentagem de ocorrência média de ITU entre 74 e 79 variando de 25,90% a 52,10%, sendo que os meses de Dezembro a Março foram os mais críticos tanto para a produção animal quanto para o desempenho dos trabalhadores. Nestes meses, foi verificada a ocorrência de ITU no intervalo de 74 a 79 em pelo menos 34,60% do tempo.

A ocorrência média do número de horas dos valores de ITU entre 79 e 84 foi inferior a 3,60% para toda a região Sudeste Brasileira, caracterizando-se como de baixo perigo para produção animal e de pequeno risco para a atividade humana. Deve-se observar que os valores analisados são médios; assim, em determinadas localidades, poder-se-á observar períodos de ocorrência maiores que os encontrados neste trabalho, necessitando, para tanto, que estudos microrregionais sejam realizados.

Neste trabalho, como citado anteriormente, não foram observados valores de ITU superiores a 84, que caracterizam condições emergenciais para o desempenho e produção animal e para a saúde humana.

Quadro 11. Porcentagem média do número de horas mensais com valores de ITU dentro dos intervalos (a) ≤ 74 ; (b) 74–79; (c) 79–84; e (d) ≥ 84 .

| meses | ITU < 74 | 74 ≤ ITU < 79 | 79 ≤ ITU < 84 | ITU ≥ 84 |
|-----------|----------|---------------|---------------|----------|
| Janeiro | 50,35 | 48,72 | 0,93 | 0,00 |
| Fevereiro | 47,50 | 52,10 | 0,40 | 0,00 |
| Março | 53,75 | 46,20 | 0,09 | 0,00 |
| Abril | 71,43 | 28,57 | 0,1 | 0,00 |
| Maio | 82,28 | 13,73 | 0,00 | 0,00 |
| Junho | 91,47 | 4,74 | 0,00 | 0,00 |
| Julho | 97,32 | 2,70 | 0,00 | 0,00 |
| Agosto | 92,78 | 6,87 | 3,60 | 0,00 |
| Setembro | 86,01 | 11,92 | 2,06 | 0,00 |
| Outubro | 71,03 | 18,77 | 2,95 | 0,00 |
| Novembro | 72,54 | 25,90 | 1,57 | 0,00 |
| Dezembro | 61,20 | 34,60 | 0,97 | 0,00 |

5. CONCLUSÕES

Por meio do zoneamento bioclimático da região Sudeste Brasileira com base no índice de temperatura e umidade (ITU), pode-se concluir que:

1. Os meses de Maio a Setembro se caracterizaram pelos menores riscos de desconforto térmico devido ao calor para toda a Região Sudeste Brasileira, indicando ser este o período adequado para a produtividade e desempenho animal e humano;
2. Os meses de Outubro a Abril apresentaram diferentes intensidades de estresse térmico, sendo o período mais crítico de Dezembro a Março, com ITU entre 74 e 79 em pelo menos 34,6% do período;
3. A ocorrência de ITU entre 79 e 84 não foi significativa para a região Sudeste, onde também não foram observados valores de ITU maiores que 84;
4. Observou-se que as mesoregiões com maiores problemas decorrentes do calor são o oeste de São Paulo, uma parte no Alto Paraíba e Triângulo Mineiro, o extremo das regiões do Jequitinhonha e Vales do Mucuri e Rio Doce, bem como o norte e parte do litoral do Espírito Santo e o noroeste e norte do Rio de Janeiro;
5. As mesoregiões Sul, Sudeste e Campo das Vertentes, em Minas Gerais, e a faixa do litoral Paulista ao Vale do Paraíba, em São Paulo, bem como o Centro e Sul Fluminenses, durante a maior parte do ano ficam livres dos efeitos do estresse por calor.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Standard 55-74**. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. New York, 1974.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Standard 55-1992R** Public Review Draft, 2001. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2001.
- ASSIS, E. S.; FROTA, A. B. Urban bioclimatic design strategies for a tropical city. **Atmospheric Environment**, v.33, p.4135- 4142, 1999.
- BACCARI, F. JR. Manejo para produção de leite em climas quentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1998. p.136-160.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto térmico animal**. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.
- BAIÃO, N. C. Efeitos da alta densidade populacional sobre o ambiente das instalações avícolas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÕES NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, São Paulo. **Anais...** Campinas: FACTA, 1995. p. 67-75.
- BELDING, H. S.; HATCH, T. F. **Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strains**. Heating, piping and air conditioning, 1955. p. 207-239. Paper.
- BENEDI, J. M. H. **El ambiente de los alojamientos ganaderos**. Madrid: Ministério da Agricultura, Pesca y Alimentación/Servico de Estacion Agraria, 1986. 28 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84 p.
- BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, July/Ago. 1981.

CABRAL, J. L. **Mapeamento da região Sudeste do Brasil usando o ITU, para o gado de leite.** 2001. 68 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

CAMARA, G. et al.. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, May/June 1996.

CAMPBELL, G. S.; NORMAN, J. M. **An introduction to environmental biophysics.** 2nd ed. New York: Springer, 1998. 286 p.

COUTO, H. A. **Temas de saúde ocupacional – coletânea dos cadernos da Ergo.** Belo Horizonte: Ergo, 1987. 250 p.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana.** Belo Horizonte: Ergo, 1996. v.2. 383 p.

CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture.** The Iowa State University: Ames, 1983. 410 p.

DESHAZER, J. A.; BECK, M. M. **University of Nebraska Report for Northeast regional poultry project NE-127.** Lincoln: Agricultural research Division/University of Nebraska, 1988.

DONALD, J. Environmental control options under different climate conditions. **World Poultry.** Elsevier, v.14, n. 11, p. 22-27, 1998.

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 Journal Veterinary Res.,** v.57, p.77-87, 1990.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomics for beginners: a quick reference guide.** London: Taylor and Francis, 1993. 146 p.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment.** 2.ed. Westport: AVI, 1982. 325 p.

ESMAY, M. L.; DIXON, J. E. **Environmental control for agricultural buildings.** West port: AVI, 1986. 287 p.

FABRÍCIO, J. R. Influência do estresse calórico no rendimento da criação de frango de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Apinco, 1994. p. 129-133.

FALCO, J. E. **Bioclimatologia animal**. Lavras: UFLA, 1997. 57 p.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Síntesis, 1985. 285 p.

GOMEZ, F.; TAMARIT, N.; JABALOYES, J. Green zones, bioclimatics studies and human comfort in the future development of urban planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 55, p. 151-161, fev. 2001.

HAHN, G. L. Compensatory performance in livestock: influences on environmental criteria. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 2, 1982, Ames. **Proceedings...** Ames, p. 285-294, 1982.

HAHN, G. L.; MADER, T. L. Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENTAL SYMPOSIUM, 5, 1997, St. Joseph. **Proceedings...** St. Joseph, Michigan: ASAE, 1997. v. 1. p. 563-571.

HICKS, F. W. Influência do ambiente no desempenho das aves. **Avicultura Brasileira**, São Paulo, v. 30, n. 7, p. 75-76, Jul. 1973.

HÖPPE, P. A universal index for the assessment of the thermal environment – the physiological equivalent temperature PET. In: CONFERENCE ICB-ICC'99, 1999, Sydney. **Proceedings...** Sydney, 1999. p. 8-12.

HUBBARD, K. G.; STOOKSBURY, D. E.; HAHN, G. L. e MADER, T. L. A climatological perspective on feedlot cattle performance and morality related to the temperature-humidity index. **Journal production Agric.** v. 12, n. 4, p. 650-653, 1999.

HUBER, J. T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de stress térmico. **Bovinocultura Leiteira**, Piracicaba, p.33-48, 1990.

HUHNKE, R. L.; McCOWAN, L. C.; MEREZ, G. M.; HARP, S. L.; PAYTON, M. E. Using Evaporative Cooling to reduce the Frequency and duration of elevates Temperature-Humidity Indices in Oklahoma. In: **ASAE**, Califórnia, v. 20, n. 1, p. 95-99, Aug, 2001.

HUHNKE, R. L.; McCOWAN, L. C.; MEREZ, G. M.; HARP, S. L.; PAYTON, M. E. Determining the Frequency and Duration of Elevated Temperature-Humidity Index. In: ASAE, Califórnia, v. 20, n. 1: p. 95-99. ago 2001.

IIDA, I. **Ergonomia; projeto e produção**. São Paulo, Edgard Blucher Editores, 1990. 465 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO-7730 (1984) Moderate Thermal Environments -Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions Comfort, International Standards Organization, Switzerland, 1984.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO-7726 (1985) Thermal Environments – instruments and methods for measuring physical quantities. ISO, Genebra, 1985.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO-9920 (1995), Ergonomics of the thermal environment – estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. ISO, Genebra, 1995.

KOENIGSBERG, O.H.; INGERSOLL, T.G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. **Viviendas y edificios en zonas calidas y tropicales**. Madri, ed. Paraninfo, 1977. 328 p.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo, PW Editores. 1997. 192 p.

LLOBET, J. A. C.; GONDOLBEU, U. S. **Manual prático de avicultura**. Lisboa: Livraria Popular Francisco Franco, 1980. 214 p.

LYRA, G. B.; CABRAL, S. JUNIOR, J. L.; SANTOS, S. N. M.; SILVA, W. C. M. **Modelos Empíricos para Estimativa da Variação Diária da Temperatura do Ar em Piracicaba/SP**. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2003, Santa Maria, RS. Anais... Santa Maria: SB Agro, 2003. p.727-728.

MEDEIROS, C. M. **Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte**. 2001. 115 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiente) – Universidade de Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MILLIGAN, J. L.; WINN, P. N. The influence of temperature and environmental chamber. West Lafayette: **Poultry Science**, Champaign, v. 43, n. 3, p. 817-824, Maio 1964.

MORILLÓN-GALVEZ, D.; SALDANA-FLORES, R.; TEJEDA-MARTÍNEZ, A. Human bioclimatic Atlas for México. **Solar Energy**, v.76, p.781-792, 2004.

MÜLLER, P. B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 3.ed. Porto Alegre: Livraria Editora Sulina, 1989. 158 p.

NÄÄS, I. A. Biometeorologia e construções rurais em ambiente tropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBBiomet, 1998. p.63-73.

NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989. 183 p.

NÄÄS, I. A.; MOURA, W.; LAGANA, C.A. Amplitude térmica e seu reflexo na produtividade de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVICOLA, 1995, Campinas. **Anais... Facta**, 1995. p.203-204

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Report CR-1205-VOL-1** ROTH, E. M. Loveslace Foundation for Méd, 1968.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Report CR-1205-VOL-1. Compendium of human responses to the aerospace environment**. Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products>. Acesso em 20 jul. 2004.

NATIONAL WEATHER SERVICE CENTRAL REGION. **Livestock hot weather stress**. Regional Operations Manual Letter, C-31-76. 1976.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **Occupational exposure to hot environments**. Washington, DC: Department of Health and Human Services, 1986. (Rep n° DHHS86 -113).

Norma Regulamentadora NR 15 – Anexo- **SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO** - Manuais de Legislação Atlas, 39ª ed., v. 16, São Paulo, Atlas, 1998. 584 p.

OLGYAY, V. **Clima y Arquitectura en Colombia**. Universidad del Valle. Facultad de Arquitectura. Carvajal y Cia. Cali, Colômbia. 1968. 240 p.

OLGYAY, V. Design With Climate-bioclimate approach to architectural regionalism, 4. Princeton University Press, Princeton, USA, 1963. 190 p.

PARSONS, K.C. International Standards for the Assessment of the Risk of Thermal Strain on Clothed Workers in Hot Environment. British Occupational Hygiene Society, v. 43, n. 5, p. 297-308, 1999.

REECE, F. N. et al. Meal feeding and broiler performance. Lafayette: Poultry Science, Champaign, v. 65, n. 12, p. 1497-1501, Dez. 1986.

RIVERO, R. Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural. Porto Alegre: Luzzatto Editores, 1986. 240 p.

ROSENBERG, L. J.; BIAD, B. L.; VERNIS, S. B. Human and animal biometeorology. In: Microclimate, the biological environment. New York: Wiley-Interscience Publication, 1983.

SILVA, I. J. O. Qualidade do ambiente e instalações na produção industrial de suíno. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 1999, São Paulo. Anais... São Paulo: Gessuli, 1999. p. 108-121.

SILVA, M. P. Avaliação de um modelo simplificado para estimativa do balanço de energia em galpões para produção de frangos de corte e zoneamento do potencial de uso de resfriamento evaporativo para a região Sudeste. 2003. 76 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) – Universidade de Federal Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, R. G. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel, 2000. 285 p.

SUK, Y. O.; WASHBURN, K. W. Effects of environment on growth, efficiency of feed utilization, carcass fatness, and their association. Poultry Science, v. 74, n. 2, p. 285-296, 1995.

SZOKOLAY, S. V. Thermal design of buildings. Austrália: RAI Education division, red Hill, 1987. 77 p.

TAO, X.; XIN, H. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 46, n. 2, p. 491-497, Mar./Apr. 2003.

TEETER, R. G. Estresse calórico em frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1990, Campinas. *Anais...* Campinas, 1990. p. 33-44 (Anexo).

TEIXEIRA, V. H. **Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para a região de Viçosa e Visconde do Rio Branco – MG.** 1983. 62 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

THOM, E. C. The discomfort index. *Weatherwise*, Boston, v. 12, n. 1, p. 57-60, 1959.

TIMMONS, M. B.; GATES, R. S. Predictive model of laying hen performance to air temperature and evaporative cooling. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 31, n. 5, p. 1503-1509, Sep./Oct. 1988. TINÔCO, I. F. F. **Resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte.** 1988. 92 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

TINÔCO, I. F. F. **Resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte.** 1988. 92 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

VAQUERO, E. G. **Projeto e construção de alojamentos para animais.** 7.ed. Lisboa: Biblioteca Técnica Litexa, 1981. 237 p.

YAGLOU, C; P.; MINARD, D. Control of heat casualties at military training centers. *Arch. Ind. Hlth.*, v. 16, p. 302-305, 1957.

YANAGI JUNIOR, T. **Partial surface wetting to relieve acute thermal stress of laying hens.** 2002. 93p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola, na Área de Construções Rurais e Ambiente)- Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

YANAGI JUNIOR, T.; XIN, H; GATES, R. S. **Modeling partial surface evaporative cooling of chickens.** St Joseph, MI: ASAE, 2001a. Paper.

YANAGI JUNIOR. T.; XIN H.; GATES R. S. **Optimization of intermittent partial surface cooling for heat stress relief of laying hens.** St Joseph, MI: ASAE, 2001b. Paper.

YOUSEF, M. K. Stress physiology in Livestock. **Poultry**, Boca Raton, v. 3, p. 159, 1985.

ZANOLLA, N. **Sistema de ventilação em túnel e sistema de ventilação lateral na criação de frangos de corte em alta densidade**. 1998. 81 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

ZOLNIER, S. Avaliação de modelos para estimativa dos valores médios horários do índice de temperatura e umidade. **Revista Engenharia na Agricultura**. Viçosa, MG, v.5, n.16, p.1-17, jun. 1996. (Série: Construções Rurais e Ambiência).

7 ANEXOS

| | |
|---|---------------|
| TABELA 1A | Página |
| Estatística descritiva para o índice de temperatura e umidade médio mensal | 108 |
| TABELA 2A | Página |
| Estatística descritiva para o índice de temperatura e umidade máximo mensal. | 108 |
| TABELA 3A | Página |
| Estatística descritiva para o número de horas mensais de índice de temperatura e umidade menor que 74. | 109 |
| TABELA 4A | Página |
| Estatística descritiva para o número de horas mensais de índice de temperatura e umidade entre 74 e 79. | 109 |
| TABELA 5A | Página |
| Estatística descritiva para o número de horas mensais de índice de temperatura e umidade entre 79 e 84. | 110 |

TABELA 1A. Estatística descritiva para o índice de temperatura e umidade médio mensal.

| Mês | \bar{x} | s^2 | s | CV | $V_{\text{mín}}$ | $V_{\text{máx}}$ |
|------|-----------|-------|-----|-------|------------------|------------------|
| Jan. | 73,4 | 2,36 | 1,5 | 0,020 | 70,7 | 74,4 |
| Fev. | 73,3 | 3,30 | 1,8 | 0,025 | 70,3 | 77,0 |
| Mar. | 72,8 | 4,10 | 2,0 | 0,028 | 68,9 | 77,0 |
| Abr. | 71,4 | 6,00 | 2,4 | 0,034 | 65,9 | 76,0 |
| Mai | 69,1 | 10,10 | 3,2 | 0,046 | 61,5 | 75,0 |
| Jun. | 67,3 | 11,80 | 3,4 | 0,050 | 59,0 | 74,0 |
| Jul. | 66,8 | 10,40 | 3,2 | 0,049 | 58,9 | 73,0 |
| Ago. | 68,2 | 7,71 | 2,8 | 0,040 | 61,3 | 73,0 |
| Set. | 69,3 | 9,12 | 3,0 | 0,043 | 62,0 | 75,0 |
| Out. | 70,8 | 6,53 | 2,6 | 0,036 | 65,1 | 75,0 |
| Nov. | 71,7 | 3,63 | 1,9 | 0,027 | 67,5 | 75,0 |
| Dez. | 72,8 | 2,20 | 1,5 | 0,020 | 69,7 | 76,0 |

Obs.: \bar{x} : média do ITU mensal, s^2 : variância, s: desvio padrão, CV: coeficiente de variação, $V_{\text{mín}}$: valor mínimo e $V_{\text{máx}}$: valor máximo.

TABELA 2A. Estatística descritiva para o índice de temperatura e umidade máximo mensal.

| Mês | \bar{x} | s^2 | s | CV | $V_{\text{mín}}$ | $V_{\text{máx}}$ |
|------|-----------|-------|------|-------|------------------|------------------|
| Jan. | 77,5 | 2,20 | 1,48 | 0,019 | 74,6 | 81,3 |
| Fev. | 77,5 | 1,50 | 1,22 | 0,016 | 74,8 | 81,3 |
| Mar. | 76,9 | 1,90 | 1,37 | 0,018 | 74,0 | 80,9 |
| Abr. | 76,0 | 2,73 | 1,65 | 0,022 | 72,6 | 79,3 |
| Mai | 74,1 | 5,20 | 2,28 | 0,030 | 68,6 | 78,7 |
| Jun. | 72,2 | 8,50 | 2,91 | 0,040 | 66,1 | 77,9 |
| Jul. | 72,3 | 8,11 | 2,84 | 0,040 | 65,9 | 77,7 |
| Ago. | 74,4 | 13,77 | 3,70 | 0,050 | 67,3 | 81,1 |
| Set. | 75,2 | 17,70 | 4,20 | 0,056 | 67,1 | 82,8 |
| Out. | 76,4 | 15,12 | 3,90 | 0,050 | 68,9 | 83,1 |
| Nov. | 76,8 | 8,34 | 2,90 | 0,038 | 70,8 | 82,3 |
| Dez. | 77,1 | 4,63 | 2,15 | 0,028 | 72,8 | 82,6 |

Obs.: \bar{x} : média do ITU mensal, s^2 : variância, s: desvio padrão, CV: coeficiente de variação, $V_{\text{mín}}$: valor mínimo e $V_{\text{máx}}$: valor máximo.

TABELA 3A. Estatística descritiva para o número de horas com índice de temperatura e umidade menor que 74.

| Mês | \bar{x} | s^2 | s | CV | V_{\min} | V_{\max} |
|------|-----------|---------|--------|--------|------------|------------|
| Jan. | 374,6 | 39090 | 197,71 | 0,5277 | 0,0 | 709,0 |
| Fev. | 319,1 | 37907 | 194,69 | 0,6100 | 3,0 | 577,0 |
| Mar. | 399,9 | 54454,1 | 233,35 | 0,5835 | 3,0 | 742,0 |
| Abr. | 514,3 | 47311,8 | 217,51 | 0,4229 | 3,0 | 720,0 |
| Mai | 641,9 | 31541,4 | 177,59 | 0,2766 | 3,0 | 744,0 |
| Jun. | 658,6 | 6247,59 | 79,041 | 0,1152 | 303,0 | 720,0 |
| Jul. | 724,0 | 2595,98 | 50,950 | 0,0703 | 525,0 | 744,0 |
| Ago. | 690,3 | 8010,43 | 89,501 | 0,1296 | 455,0 | 744,0 |
| Set. | 619,3 | 15617,4 | 124,96 | 0,2017 | 329,0 | 720,0 |
| Out. | 528,4 | 22040,7 | 148,46 | 0,2548 | 305,0 | 744,0 |
| Nov. | 522,3 | 29171,7 | 170,79 | 0,3270 | 14,0 | 720,0 |
| Dez. | 455,4 | 31534,7 | 177,58 | 0,3899 | 0,0 | 720,0 |

Obs.: \bar{x} : média do número de horas de ITU < 74, s^2 : variância, s: desvio padrão, CV: coeficiente de variação, V_{\min} : valor mínimo e V_{\max} : valor máximo.

TABELA 4A. Estatística descritiva para o número de horas com índice de temperatura e umidade entre 74 e 79.

| Mês | \bar{x} | s^2 | s | CV | V_{\min} | V_{\max} |
|------|-----------|---------|---------|--------|------------|------------|
| Jan. | 362,5 | 39217,6 | 198,03 | 0,5463 | 35,0 | 744,0 |
| Fev. | 350,1 | 38063,2 | 195,09 | 0,5572 | 95,0 | 669,0 |
| Mar. | 343,5 | 54468,5 | 233,38 | 0,6795 | 2,0 | 741,0 |
| Abr. | 205,6 | 47303,0 | 217,49 | 1,0576 | 0,0 | 717,0 |
| Mai | 102,1 | 31541,4 | 177,59 | 1,7388 | 0,0 | 741,0 |
| Jun. | 34,1 | 6247,59 | 79,041 | 2,3149 | 0,0 | 417,0 |
| Jul. | 20,0 | 2595,9 | 50,950 | 2,5517 | 0,0 | 219,0 |
| Ago. | 51,1 | 6952,5 | 83,381 | 1,6320 | 0,0 | 258,0 |
| Set. | 85,8 | 10120,7 | 100,60 | 1,1723 | 0,0 | 263,0 |
| Out. | 139,6 | 14874,0 | 121,959 | 0,8737 | 0,0 | 349,0 |
| Nov. | 186,4 | 26413,5 | 162,522 | 0,8718 | 0,0 | 706,0 |
| Dez. | 257,4 | 30487,2 | 174,606 | 0,6782 | 0,0 | 720,0 |

Obs.: \bar{x} : média do número de horas de $74 \leq \text{ITU} < 79$, s^2 : variância, s: desvio padrão, CV: coeficiente de variação, V_{\min} : valor mínimo e V_{\max} : valor máximo.

TABELA 5A. Estatística descritiva para o número de horas com índice de temperatura e umidade entre 79 e 84.

| Mês | \bar{x} | s^2 | s | CV | V_{\min} | V_{\max} |
|------|-----------|---------|---------|--------|------------|------------|
| Jan. | 6,9 | 688,778 | 26,2445 | 3,8035 | 0,0 | 146,0 |
| Fev. | 2,7 | 143,067 | 11,9610 | 4,3938 | 0,0 | 81,0 |
| Mar. | 0,7 | 13,1739 | 3,6295 | 5,3551 | 0,0 | 25,0 |
| Abr. | 0,04 | 0,10913 | 0,33035 | 7,4330 | 0,0 | 3,0 |
| Maio | 0,0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Jun. | 0,0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Jul. | 0,0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Ago. | 26,6 | 72,1146 | 8,4920 | 3,1978 | 0,0 | 45,0 |
| Set. | 14,9 | 1527,94 | 39,0889 | 2,6253 | 0,0 | 165,0 |
| Out. | 22,0 | 2488,4 | 49,8848 | 2,2709 | 0,0 | 189,0 |
| Nov. | 11,3 | 1083,37 | 32,9146 | 2,9070 | 0,0 | 182,0 |
| Dez. | 7,2 | 713,144 | 26,7047 | 3,7032 | 0,0 | 155,0 |

Obs.: \bar{x} : média do número de horas de $79 \leq \text{ITU} < 84$, s^2 : variância, s: desvio padrão, CV: coeficiente de variação, V_{\min} : valor mínimo e V_{\max} : valor máximo.