

MARIANO PEREIRA SILVA

**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
DO RESFRIAMENTO EVAPORATIVO PARA A
REGIÃO SUDESTE**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola para obtenção
do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586a
2003

Silva, Mariano Pereira, 1965-

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 do resfriamento evaporativo para a região Sudeste / Mariano Pereira Silva. – Viçosa : UFV, 2003
76p. : il.

Orientador: Fernando da Costa Baêta
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Frango de corte - Instalações - Conforto térmico. 2. Sistema de Resfriamento Evaporativo. 3. Frango de corte - Desempenho produtivo. 4. Frango de corte - Estresse por calor. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 636.50831

CDD 20.ed. 636.50831

MARIANO PEREIRA SILVA

**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 DO
RESFRIAMENTO EVAPORATIVO PARA A REGIÃO
SUDESTE**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola para obtenção
do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 27 de fevereiro de 2003.

Prof. Sérgio Zolnier
(Conselheiro)

Prof. Aristides Ribeiro
(Conselheiro)

Profa. Cecília de Fátima Souza

Prof. Tadayuki Yanagi Junior

Prof. Fernando da Costa Baêta
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Sem sombra de dúvida meus maiores agradecimentos devem ir para meus professores de ciências do primeiro grau. É claro que tenho que agradecer também aos professores da UFV e de outras instituições nas quais estudei, em especial aos que compuseram a comissão orientadora: Baêta, Ilda, Aristides e Zolnier; aos funcionários da UFV, especialmente a Edna e as secretárias da reitoria; à SOMAR Meteorologia na pessoa de seus diretores Márcio, Marcos e Paulo; aos colegas de curso; aos companheiros de república; aos Tadayuke e Cecília por aceitarem participar da minha banca; aos meus irmãos Maria Hedwiges e Fernando; aos meus tios, avós, primos; aos meus padrinhos e certamente a uma quantidade inumerável de pessoas com as quais cruzamos pela vida e que ajudam de uma forma ou de outra a progredirmos, mesmo que seja com pequenas coisas como o sujeito que passava na rua e me informou onde era Universidade. Mas os meus professores de ciências do primeiro grau tem um lugar de destaque. Eles mais do que me ensinar os caminhos do conhecimento científico, também me ensinaram o caminho da dignidade e do caráter. Mais que me ajudar na realização dos meus primeiros experimentos, seguraram minha mão nos meus primeiros passos. Aos meus pais Valcy e Hedwiges, que me deram a felicidade de serem meus professores de ciências, a maior gratidão do seu filho, de todo o coração.

CONTEÚDO

RESUMO	V
ABSTRACT	VII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. ESTRESSE DOS FRANGOS DE CORTE POR FATORES TÉRMICOS AMBIENTAIS .6	
2.1.1. <i>Influência da Temperatura Ambiente</i>	7
2.1.2. <i>Influência da Umidade Ambiente</i>	8
2.1.3. <i>Produção de calor e umidade por frangos de corte</i>	10
2.2. ÍNDICES TÉRMICOS AMBIENTAIS PARA ANIMAIS BASEADOS EM TEMPERATURA E UMIDADE DO AR.....	13
2.3. SISTEMAS DE RESFRIAMENTO ADIABÁTICO EVAPORATIVO (SRAE)	16
2.3.1. <i>Sistema de ventilação positiva em modo túnel</i>	16
2.3.2 – <i>Sistema de ventilação negativa</i>	17
2.3.3 - <i>Sistema de ventilação positiva lateral</i>	18
2.3.4 – <i>Medidas de eficiência</i>	18
2.4 – BALANÇO DE CALOR E UMIDADE NUM GALPÃO AVÍCOLA	19
3 - MATERIAL E MÉTODOS	21

3.1 - VALIDAÇÃO DO MODELO TÉRMICO	21
3.2 – GERAÇÃO DE MAPAS DE ITU	28
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1- VALIDAÇÃO DO MODELO DE ESTIMATIVA DO BALANÇO DE ENERGIA DENTRO DA INSTALAÇÃO	30
4.2- RESULTADOS DO MODELO PARA A REGIÃO SUDESTE	43
5 - CONCLUSÕES.....	70
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

RESUMO

SILVA, Mariano Pereira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro 2002. **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 DO RESFRIAMENTO EVAPORATIVO PARA A REGIÃO SUDESTE.** Orientador: Fernando da Costa Baêta. Conselheiros: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Sérgio Zolnier, Aristides Ribeiro.

A avicultura brasileira é hoje a segunda do mundo, sendo superada apenas pelos Estados Unidos da América. A produção de aves de corte e de postura em alta densidade de alojamento passou a ser imperativa e, desta forma, a exigência de conforto térmico ambiental, que já havia crescido muito com o aumento da precocidade das aves, passou a ser ainda maior. Como consequência, a atenção ao adequado planejamento e projeto das instalações avícolas passou a ser priorizado. Os avanços nos sistemas de informações geográficas (SIG) e a maior disponibilidade de dados meteorológicos permitem que se estude sistemas de acondicionamento artificial de ambiente em função das condições climáticas de cada região. A simulação do comportamento térmico de galpões avícolas com e sem Sistemas de Resfriamento Adiabáticos Evaporativos (SRAE) permite aos tomadores de decisão avaliarem a viabilidade econômica e os custos da instalação de um empreendimento na avicultura de corte. Esta pesquisa teve como objetivo geral, avaliar a

condição térmica ambiental de criação das aves, a partir de dados climáticos diários, como forma de prever perdas na produção de frango, causadas pela inadequação técnica das instalações. Foi usado o modelo desenvolvido por GATES et al. (1995), que faz um balanço térmico simplificado de um galpão avícola permitindo estimar as temperaturas e os valores de umidade relativa dentro de galpões, com e sem sistema de resfriamento adiabático evaporativo. O modelo foi validado a partir de dados coletados num galpão instalado em uma granja comercial, no município de Palotina, estado do Paraná. A referida granja adota o modelo de galpão climatizado. Foram utilizados dados da Re-análise 2 do NCEP/NCAR do período de 01.01.1980 à 31.12.2000 para a região Sudeste. Como os dados são de seis em seis horas, foram estimados os valores intermediários de hora em hora, utilizando a metodologia proposta por ZOLNIER et al. (1996). A partir dos dados do modelo foram determinados os valores de ITU (Índice de Temperatura e Umidade), com base na equação desenvolvida por DESHAZER & BECK (1988) e gerados mapas para a região Sudeste. O modelo se mostra adequado para o objetivo proposto, na forma proposta por GATES et al. (1995) para galpões com vazão mássica do ar elevada, 120,8 kg de ar por segundo ou maior. É necessário um fator de correção referente a uma série de fontes de calor desprezada pelo modelo para galpões sem uma grande vazão mássica, ou a inclusão dessas fontes. A umidade relativa elevada na região Sudeste é um limitante ao uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo. O mês de maior benefício empregando o sistema de resfriamento adiabático evaporativo é janeiro. Na região Sudeste a área de menor benefício é a parte central. A área que compreende a parte costeira no Rio de Janeiro e no Espírito Santo e a parte da região Sudeste fronteira com a Bahia é a de maior benefício dentro da região Sudeste.

ABSTRACT

SILVA, Mariano Pereira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2002. **EVALUATION OF A SIMPLIFIED MODEL FOR THE ESTIMATION OF THE ENERGY BALANCE IN SHEDS FOR SLAUGHTER CHICKEN PRODUCTION AND DEMARCATION OF THE EVAPORATIVE COOLING USAGE POTENTIAL FOR THE SOUTHEAST REGION.** Advisor: Fernando da Costa Baêta. Committee members: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Sérgio Zolnier, Aristides Ribeiro.

The Brazilian poultry raising is, at present, the second in the world, only being surpassed by The United States of America. The slaughter and posture poultry production in high density of lodging became imperative, and, in this way, the environmental thermal comfort request, which had already grown very much with the precocity growth of the birds, started to be even greater. As a consequence, attention to the suitable planning and projecting of the poultry farming installations started to be a priority. The advances in the geographic information systems (GIS), and the greater availability of the meteorological data permit that systems of artificial conditioning of the environment according to the climatic conditions of each region could be studied. The simulation of the poultry sheds thermal behavior with and without Adiabatic Evaporative Cooling (SRAE) allow the decision makers to evaluate the economical viability and the installation costs of a poultry slaughter enterprise. The general objective of this research was to evaluate the thermal environmental conditions of bird

raising, based on daily climatic data, as a way of previewing chicken production loss caused by inadequate technical installations. The model developed by GATES et. al. (1995) was used, which makes a simplified thermal balance of a poultry shed permitting the temperatures at the relative humidity values inside the sheds with and without the adiabatic evaporative cooling to be estimated. The model was validated from data collected in a shed located in a commercial poultry farm, in Palotina district, Parana state. This mentioned poultry farm adopts the climatized shed model. Data from the Re-analyses 2 of the NCEP/NCAR from the period of 01.01.1980 to 12.31.2000 for the southeast region were used. As the data are from six to six hours, the intermediary values from hour to hour were estimated using the methodology proposed by ZOLNIER et. al. (1996). With the data from the model the THI (Temperature and Humidity index) values were determined, based on the equation developed by DESHAZER & BECK (1988) and generated maps for the southeast region. The model presents to be suitable for the proposed objective in the form proposed by GATES et.al. (1995) for sheds with elevated mass flow rate of air, 120,8 kg of air per second or greater. A correlative factor referring to a series of heat resources rejected by the model for sheds without a great mass flow rate of air, or the inclusion of these resources, is necessary. The elevated relative humidity in the southeast region is a limiting to the use of the adiabatic evaporative cooling system. The month with the best benefits for using the adiabatic evaporative cooling system is January. In the southeast region the area with the lowest benefits is the central part. The area which comprises the coastal part in Rio de Janeiro and Espírito Santo states, and the southeast region bordering with Bahia state, is the one with the greater benefits in the southeast region.

1. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira é atualmente a segunda do mundo, sendo superada apenas pelos Estados Unidos da América. O frango de corte se transformou, nos últimos anos, num dos principais produtos brasileiros. Atingiu, no ano de 2001, um total de 6.563.570 toneladas de carne produzida, sendo 1.260.683 toneladas destinadas à exportação, gerando um total de 1.329.703 milhões de dólares em divisas (AVES e OVOS, 2002), sendo este o valor mais alto de todos os tempos. Tendo passado de US\$ 430.110.000,00 em 1992 para US\$ 805.700.000,00 em 2000 (ANUÁRIO 2002 - AVICULTURA INDUSTRIAL, 2002). A carne de frango é, de acordo com a SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA (2002), a mais consumida no Brasil atualmente em virtude de sua qualidade e preço. Em 1999 foram 29,1 kg por habitante (AVES e OVOS, 2002).

Contudo, ao enorme crescimento das fronteiras mercadológicas e ao progresso científico, contrapõe-se a pouca atenção que se deu, até recentemente, às técnicas de alojamento e, efetivamente, ao ambiente de criação das aves. Somente há questão de alguns anos, com a perspectiva do processo de globalização que movimenta a economia mundial, a indústria avícola brasileira passou a buscar nas instalações e no ambiente, as possibilidades de melhoria do desempenho avícola, redução

da mortalidade e dos custos de produção como forma de manter a competitividade. Assim, a produção de aves de corte e de postura em alta densidade de alojamento passou a ser amplamente usada e, desta forma, a exigência de conforto térmico ambiental, que já havia crescido muito com o aumento da precocidade das aves, passou a ser ainda maior, como resultado da elevação do número de aves por área habitada. Como consequência, a atenção ao adequado planejamento e projeto das instalações avícolas passou a ser priorizada (TINÔCO, 2001a).

Dos sistemas de resfriamento, o adiabático evaporativo , que reduz a temperatura através da evaporação d'água , é o que apresenta maior viabilidade econômica, atualmente, para o emprego em galpões avícolas. Mas é altamente dependente das condições meteorológicas. HAHN & OSBURN (1970)

HAHN & OSBURN (1969), realizaram uma análise econômica do uso de controle ambiental para gado de leite utilizando dados climatológicos de sessenta localidades nos Estados Unidos da América. Afirmaram que, com a produção crescente, fatores ambientais como temperatura e umidade ganhariam importância. Hoje, efetivamente, os fatores ambientais se tornaram primordiais na eficácia e eficiência de empreendimentos comerciais objetivando criar animais destinados à produção de carne, ovos e leite.

Os avanços nos sistemas de informações geográficas (SIG) e a maior disponibilidade de dados meteorológicos, embora no caso destes últimos ainda com sérias deficiências para o Brasil, podem permitir que se estude sistemas de acondicionamento artificial de ambiente em função das condições climáticas de cada região. A simulação do comportamento térmico de galpões avícolas com e sem sistemas de resfriamento adiabáticos evaporativos (SRAE) permitiria aos tomadores de decisão

avaliarem a viabilidade econômica e os custos da instalação de um empreendimento na avicultura de corte.

Tendo em vista o exposto, esta pesquisa teve como objetivo geral, avaliar a condição térmica ambiental de criação das aves, a partir de dados climáticos diários, como forma de prever perdas na produção de frango, causadas pela inadequação técnica das instalações. Como objetivos específicos buscou-se:

1. Validar um modelo térmico de comportamento de galpões para criação de frangos de corte.
2. Realizar um zoneamento bioclimático: gerando mapas de ITU para a região Sudeste, com base em dados climáticos, como forma auxiliar de tomada de decisão;
3. Avaliar o potencial do sistema adiabático evaporativo no resfriamento de galpões avícolas na região Sudeste.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A criação racional de frangos está alicerçada nos seguintes pontos-chave: genética, nutrição, sanidade e manejo, destacando-se, neste último, as instalações e os equipamentos. A razão principal para se melhorar as condições de ambiente nas instalações é assegurar que as aves alcancem seu potencial produtivo (PIASENTIN, 1984).

Até alguns anos atrás era comum criações com densidades médias de 10 aves m^{-2} de galpão, sendo que a meta de hoje é atingir patamares de 16 à 18 aves m^{-2} de alojamento, no caso de instalações equipadas com comedouros e bebedouros convencionais, e até 20 à 22 aves m^{-2} para instalações equipadas com sistemas de comedouros e bebedouros automatizados. O cuidado a se tomar quando se aumenta a densidade de alojamento, contudo, é que devido ao maior número de aves alojadas por área de galpão ocorre uma maior liberação de calor (latente e sensível), o qual precisa ser dissipado para o exterior. Assim, entende-se que, para que a criação de frangos de corte em alta densidade seja viável para as condições climáticas brasileiras, torna-se indispensável aprimorar os sistemas de acondicionamento natural e artificial dos ambientes em função de um minucioso estudo das condições ambientais de cada região, objetivando diminuir o estresse por calor a que são submetidas as aves (FONSECA, 1998).

IMAEDA (2000), investigou a influência do clima e da densidade de alojamento na ocorrência de morte súbita em frangos de corte utilizando densidades de 12, 15 e 18 aves por metro quadrado. Deste estudo o autor concluiu que com 18 aves por metro quadrado houve um significativo aumento da mortalidade no verão e no inverno.

CURTIS (1983), define o ambiente como a soma do impacto de fatores físicos, químicos, biológicos e sociais, que atuam e interagem influenciando o desempenho animal. Dentre estes, destacam-se temperatura, radiação, poeira, composição química do ar, doenças, fatores que promovem reações comportamentais, etc. Esses fatores variam com a estação do ano e com a localização da região, bem como, por razões intrínsecas ao próprio animal como idade, sexo e alimentação fornecidas. Neste sentido, verifica-se que as variáveis ambientais não são estáticas.

Todos os ajustes e ações sobre o organismo animal podem se refletir na produtividade final de um lote e no seu custo final. As condições ambientais que oferecem os menores desgastes para as aves, por produzirem os melhores resultados, situam-se em faixas ou limites denominados zonas de conforto térmico (CURTIS, 1983).

Com relação aos animais, BAÊTA e SOUZA (1997), afirmam que esses podem ser considerados sistemas termodinâmicos abertos, por estarem em troca constante de energia com o ambiente. Entretanto, algumas vezes, fatores ambientais tendem a provocar mudanças na homeocinese animal, como tensão e o estresse.

2.1. Estresse dos frangos de corte por fatores térmicos ambientais

De acordo com CURTIS (1983) e ESMAY e DIXON (1986), quando as condições ambientais no interior da instalação não estão dentro da zona de termoneutralidade, ou seja, o ambiente térmico torna-se desconfortável, o organismo animal se ajusta fisiologicamente para manter sua homeotermia, seja para conservar ou dissipar calor. Esse dispêndio de energia resulta em redução na sua eficiência produtiva.

À temperatura de 24 °C o frango de corte adulto tem sua melhor performance em termos de crescimento e conversão alimentar. Os valores de conforto e desconforto térmico variam com a idade do animal. Um frango de corte com poucos dias tem um limite inferior, da zona de temoneutralidade, a 32°C enquanto um frango adulto 18°C (CURTIS,1983).

Para SCHMID (1998), os principais sintomas que descrevem um quadro de estresse por calor são aqueles em que as aves consomem menos ração, bebem mais água, aumentam a frequência respiratória, ficam prostradas, reduzem o ganho de peso, têm o comportamento alterado e ficam mais susceptíveis às doenças. Nessa situação, as aves recorrem a diversos mecanismos para aliviar o estresse por calor, tais como: diferentes posicionamentos de pernas, abertura de asas de forma a expor a região ventral altamente vascularizada, e aumento da taxa de respiração e transpiração.

Assim, entre todos os fatores ambientais, os térmicos, representados por temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação, são os que afetam mais diretamente a ave, comprometendo uma das suas mais importantes funções vitais, que é a manutenção da própria

homeotermia, conforme observado por CURTIS (1983), MEDEIROS (1997) e TINÔCO (1988).

2.1.1. Influência da Temperatura Ambiente

Existem limites para o intervalo de temperaturas para os quais os animais vertebrados podem manter sua homeotermia. A zona de termoneutralidade no intervalo de homeotermia é muito difícil de se definir. Nesse intervalo os vasos sanguíneos na pele não estão totalmente dilatados ou totalmente contraídos, a evaporação de água da superfície da pele ou do sistema respiratório é mínima, os cabelos ou pelos ou penas não estão eretos e as respostas comportamentais ao calor ou frio não ocorrem. O intervalo de temperaturas superior e inferior que os animais podem tolerar fora da faixa da zona de termoneutralidade é muito reduzido (BROWN-BRANDL et al., 1997).

A quantidade de calor contida no corpo provém do metabolismo basal, da atividade muscular, da digestão do alimento e do ambiente térmico. Esse calor tem que ser dissipado via mecanismos de trocas térmicas entre o corpo e o ambiente. Esses mecanismos envolvem trocas de calor sensível através da radiação, convecção e condução e também trocas de calor latente que se produz através da evaporação nos pulmões e na pele (TEIXEIRA, 1991).

Quando as temperaturas são baixas, aumenta a proporção de carcaças com calos e crostas no peito devido a má conservação da cama. Em contrapartida, há maior incidência de ferimentos decorrentes do manejo das aves nos meses de verão, atribuída a ruptura de vasos sanguíneos e capilares periféricos, devido a vasodilatação. Em épocas quentes, as aves reduzem a ingestão de ração e, por conseqüência, a quantidade de energia ingerida. Os formuladores de ração, para conseguir

aumentar as calorias da mesma e diminuir esse déficit, podem incrementar a proporção de energia. Porém, estas modificações na dieta alimentar podem contribuir com a incidência de problemas de gordura na carcaça (ABREU & ABREU, 2002).

COOPER & WASHBURN (1998), comparando a mortalidade em frangos criados às temperaturas de 21°C e 31°C não verificaram diferença significativa, mas um aumento significativo na mortalidade foi verificado por VO et al. (1977) quando a temperatura ambiente subiu para 37,8°C.

Quando frangos são expostos a estresse calórico por mais de uma semana existe uma forte correlação negativa entre a temperatura do corpo e os aspectos econômicos como ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar (COOPER & WASHBURN, 1998).

2.1.2. Influência da Umidade Ambiente

A Umidade Relativa do galpão é função da temperatura ambiente, do fluxo de vapor d'água que entra no galpão pelo sistema de ventilação e da quantidade de vapor d'água proveniente dos frangos e da cama. Segundo BAIÃO (1995), o valor de umidade relativa do ar não pode ultrapassar 80%, de forma a não prejudicar a perda de calor das aves por via evaporativa.

O conforto térmico da ave se encontra relacionado com a umidade. Por exemplo, quando a temperatura do ar de 26,7 °C estiver combinada com a umidade relativa de 60%, a ave ainda se encontra dentro da zona de termoneutralidade. Entretanto, o animal entra em estado de desconforto térmico se a umidade relativa do ar atingir 80%. A produção das aves é melhor quando a umidade relativa é moderada, entre 50% e 60% (DONALD, 1998).

A perda de calor dos animais homeotérmicos por evaporação se torna progressivamente mais importante a medida que a temperatura aumenta. Se o ambiente é quente e seco, muito calor pode ser dissipado por evaporação, mas se é quente e úmido a quantidade de calor dissipado dessa forma é reduzida. Por exemplo, se o ar for inspirado a 30° C e 30% de umidade relativa e expirado a 40° C e 100% de umidade relativa, gera uma dissipação de calor de 24,1 kcal contra 13,8 kcal se a umidade relativa do ar inspirado fosse de 90% (FREEMAN, 1968).

A umidade relativa do ar é um fator importante na determinação das condições e umidade da cama. Geralmente, a umidade relativa dentro do galpão deve estar entre 50% e 70% para manter o teor de umidade da cama entre 25% à 30% em base úmida (REECE & LOTT, 1982).

Segundo BAIÃO (1995), a umidade média da cama deve estar em torno de 20 a 30%. Abaixo de 20%, pode haver problema com poeira. Acima de 30%, pode ocorrer quedas de produção em condições de temperatura elevada.

A alta umidade relativa favorece o aparecimento de camas úmidas, emplastadas e o aumento de amônia no ambiente. A cama excessivamente úmida propicia a aparição de uma série de prejuízos às aves. Dentre esses, deve-se assinalar as dermatites ulcerativas, como produtoras de lesões nas aves, que poderão, posteriormente, depreciar suas carcaças. Os frangos passam bastante tempo de suas vidas descansando sobre a cama e se esta não está em boas condições, produzirá dermatites de contato, ocasionadas pela abrasividade, amônia e calor (ABREU & ABREU, 2002).

2.1.3. Produção de calor e umidade por frangos de corte

A disponibilidade de dados sobre produção de calor e umidade de animais alojados em aviários é de fundamental importância para uso em sistemas de ventilação. A quantidade de calor e umidade produzidos por aves alojadas varia de acordo com a idade, massa corporal, grau de atividade física, nutrição, e temperatura ambiente, dentre outros, sendo que esses índices podem ser medidos por calorimetria direta ou indireta. A calorimetria direta relaciona a medida física do total de calor dissipado em uma instalação fechada com animais, por exemplo frangos de corte dentro de uma câmara climática termicamente isolada em que podemos medir a produção de calor. Já a calorimetria indireta examina a troca de gases por respiração e excreção urinária de nitrogênio e calcula usando equações previamente ajustadas(CHEPETE & XIN, 2001).

Estudos relacionados à avaliação da dissipação de calor em ambientes habitados por animais têm sido feitos há vários anos, sendo dividida entre as formas sensível e latente. Entretanto, vários autores como REECE e LOTT (1982), GATES et al. (1996) e XIN et al. (1998), têm colocado a necessidade de se atualizar continuamente os dados para as características da moderna produção avícola devido as significativas mudanças, com o correr dos anos, da genética, nutrição, instalações e manejo (CHEPETE & XIN, 2001).

Nas Figuras 1, 2 e 3 encontram-se relacionados os resultados da pesquisa de XIN et al.(2001) sobre a dissipação de calor total e latente em frangos de corte em função da média de temperatura ambiente. Na Figura 4 estão apresentadas as curvas comparativas dos estudos de REECE & LOTT (1982) e XIN et al.(2001).

Observa-se (Figura 1) que a produção do calor total cai com o aumento da temperatura, mas a produção de calor latente, em porcentagem, aumenta (Figura 2). Para um aumento de umidade a porcentagem de calor latente diminui (Figura 3). Na Figura 4 nota-se uma menor produção de calor no estudo de XIN et al.(2001) em relação REECE & LOTT (1982)

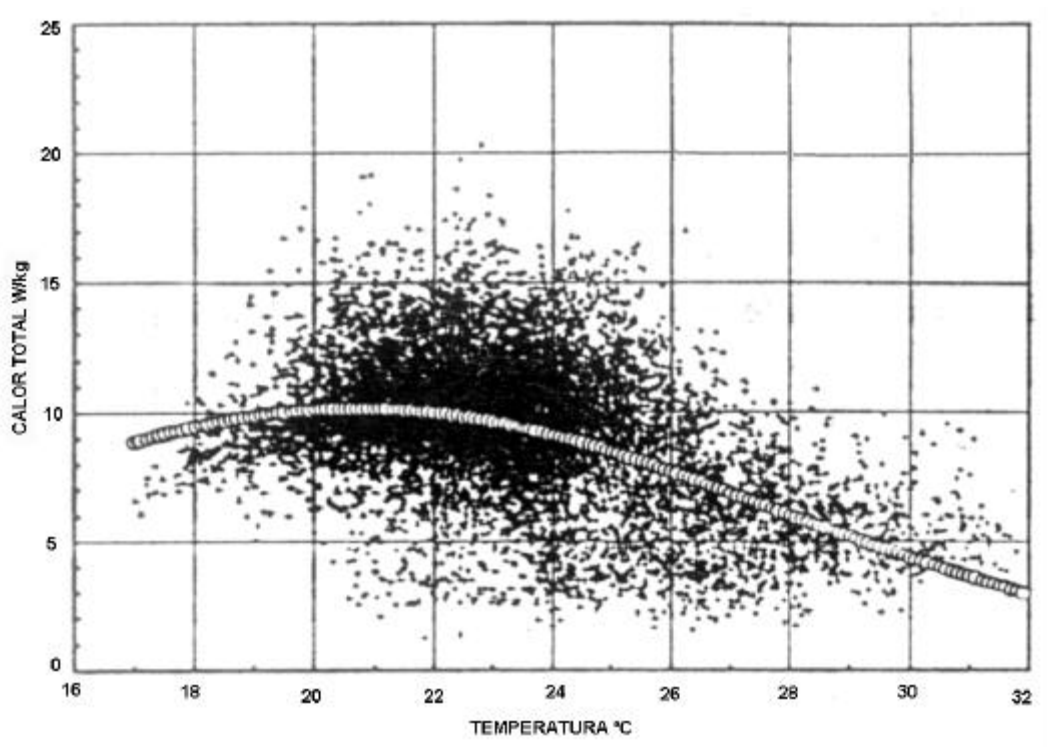


FIGURA 1 Produção total de calor para frangos de corte em função temperatura do ar, corrigida para a massa corporal e a iluminação. Adaptado de XIN et al. (2001).

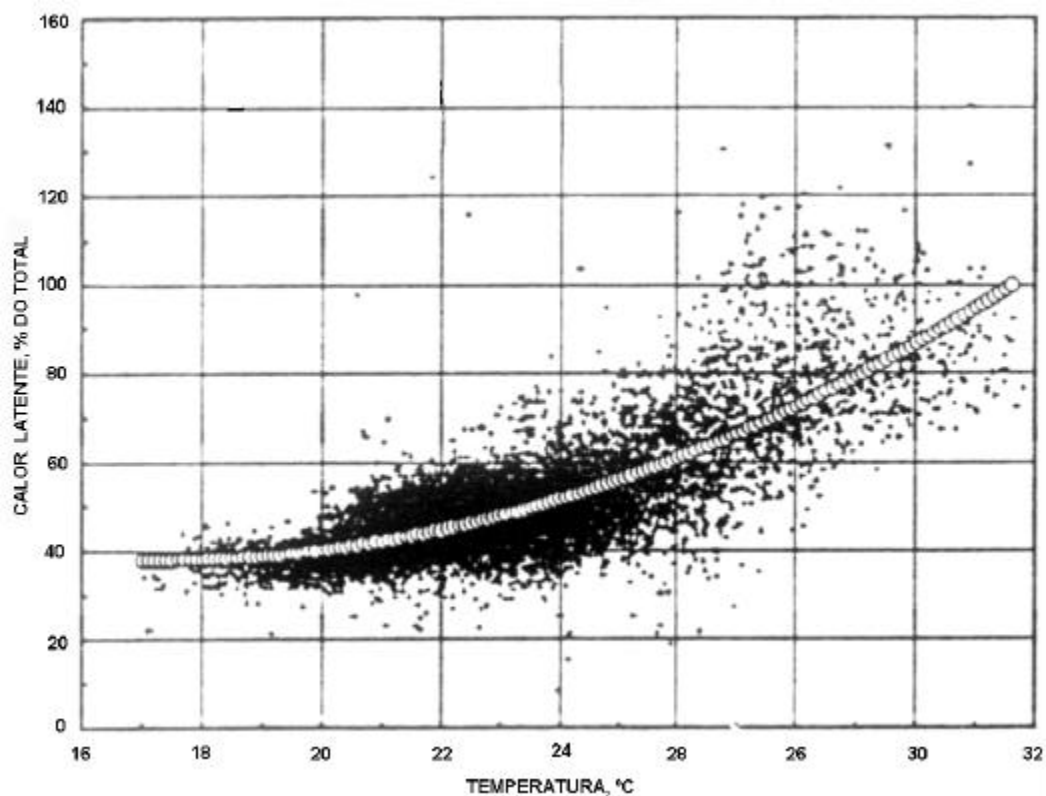


FIGURA 2 Produção de calor latente para frangos de corte em porcentagem da produção de calor total em função da temperatura do ar, corrigida para a umidade. Adaptado de XIN et al. (2001).

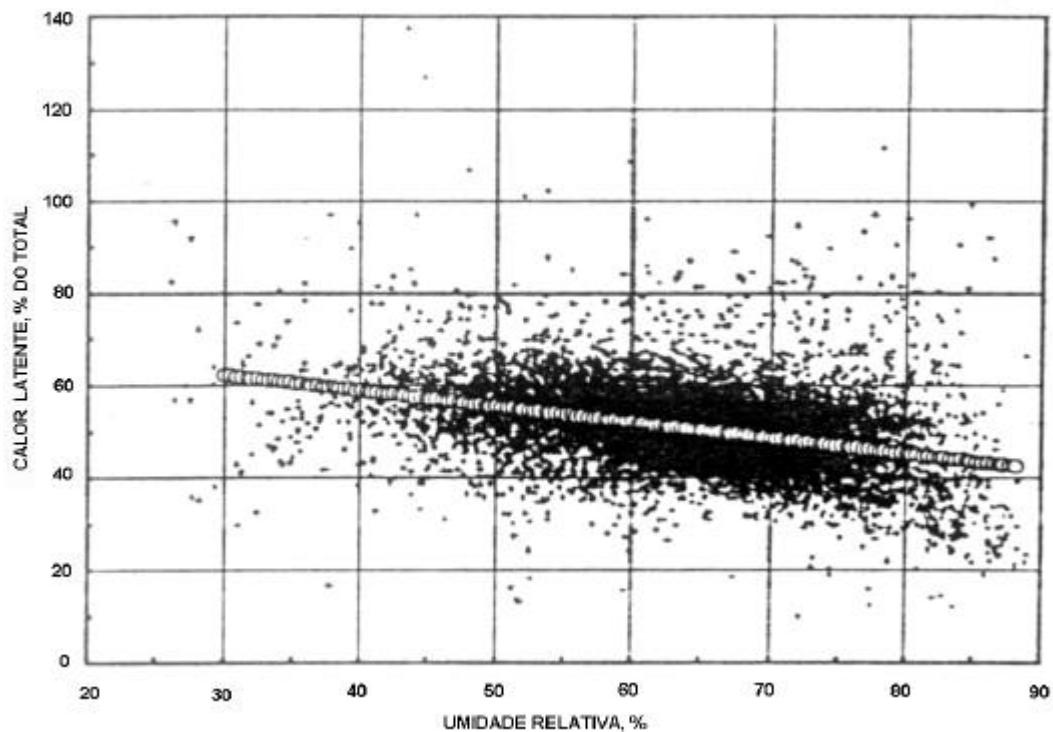


FIGURA 3 Produção de calor latente para frangos de corte em porcentagem da produção de calor total em função da umidade, corrigida para a temperatura do ar. Adaptado de XIN et al. (2001).

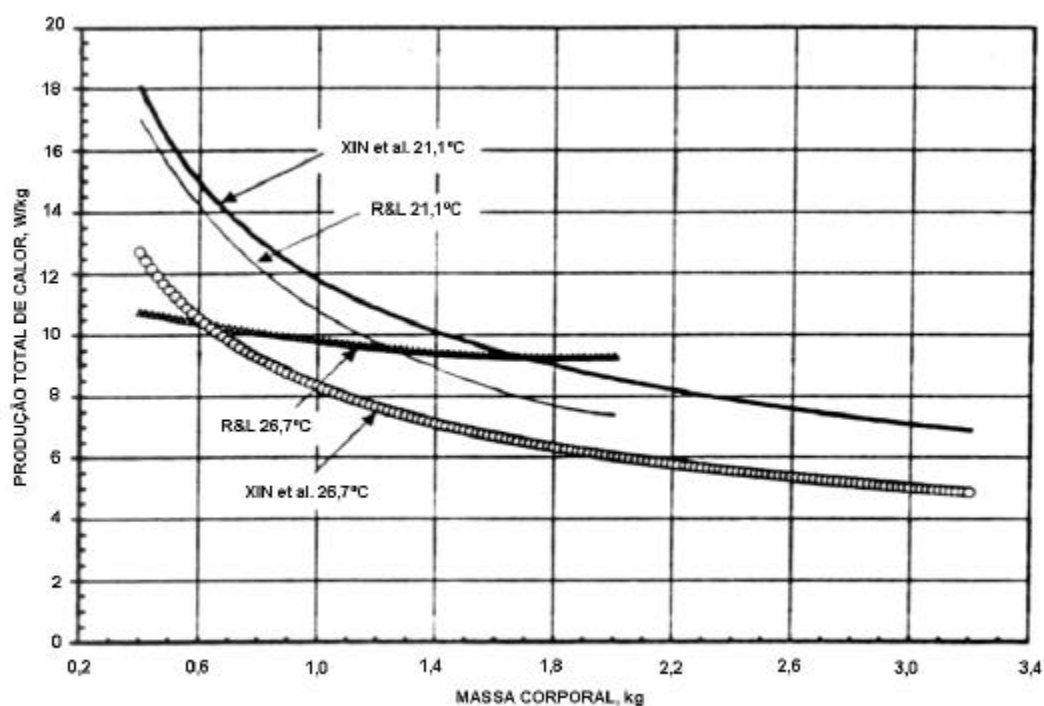


FIGURA 4 Comparação entre o estudo de REECE e LOTT (1982) e XIN et al.(2001). Adaptado de XIN et al. (2001).

2.2. Índices térmicos ambientais para animais baseados em temperatura e umidade do ar

O conhecimento das necessidades ambientais dos animais e o estudo das condições climáticas da região e do microclima do local em que será implantado o sistema de produção permitem definir técnicas e dispositivos de construções que melhorem o conforto dos animais. Conforme McDOWELL (1974), a temperatura do ar é provavelmente o fator bioclimático mais importante que influencia o ambiente físico do animal. No entanto, apenas a temperatura do ar não é suficiente para avaliar as condições ambientais; para isso, deve-se acrescentar também a essa outras variáveis, como umidade relativa, velocidade do ar e energia radiante (PERDOMO, 1998).

Diversos índices térmicos ambientais foram criados com o objetivo de prever o conforto ou desconforto do animal em uma dada condição. A temperatura de bulbo seco e a umidade do ar têm sido fatores ambientais muito usados para a elaboração desses índices. O Índice de Temperatura e Umidade - ITU, originalmente desenvolvido por THOM (1959), é o mais conhecido e usado,

Sendo dado por:

$$ITU = tbs + 0,36 tpo + 41,5 \quad (1)$$

em que

tbs = temperatura de bulbo seco, °C;

tpo = temperatura do ponto de orvalho, °C.

O ITU é um valor considerado adimensional, em que valores de até 74 representam ambientes confortáveis; de 74 a 78 exigem cuidado, alerta; de 79 a 84 são perigosos; e de 85 em diante - condição de emergência - podem causar a morte dos animais (THOM, 1959),.

Outros índices, baseados em temperatura de bulbo seco e umidade do ar, têm sido desenvolvidos desde então normalmente também com o nome de ITU.

BROWN-BRANDL & BECK (1998), desenvolveram uma série de índices para perus. Os efeitos fisiológicos da temperatura e umidade em grupos de perus com 6, 10, 15 e 20 semanas de idade foram determinados. Foram avaliadas para cada grupo de oito combinações de temperatura e umidade relativa entre 23 a 40 °C e 40 a 90%, respectivamente. Foram usadas informações sobre a temperatura corporal, produção de dióxido de carbono e umidade para determinar o nível de estresse por calor. A temperatura e umidade relativa do ar foram

similares em seus efeitos nas respostas fisiológicas das aves com seis semanas. Após 10 semanas de idade, a temperatura decresceu sua importância relativa como elemento de estresse e a umidade se tornou o fator mais importante para as aves manterem a homeotermia. Os índices de ITU desenvolvidos para cada idade foram:

$$ITU_{6\text{semanas}} = 0,53 \text{ tbs} + 0,47 \text{ tbu} \quad (2)$$

$$ITU_{10\text{semanas}} = 0,59 \text{ tbs} + 0,41 \text{ tbu} \quad (3)$$

$$ITU_{15\text{semanas}} = 0,53 \text{ tbs} + 0,47 \text{ tbu} \quad (4)$$

$$ITU_{20\text{semanas}} = 0,42 \text{ tbs} + 0,58 \text{ tbu} \quad (5)$$

em que

tbs = temperatura de bulbo seco, °C;

tbu = temperatura do bulbo úmido, °C.

BAÊTA (1985) desenvolveu o Índice de Temperatura Equivalente (ITE), que engloba os efeitos da temperatura, umidade e velocidade do ar. O experimento foi realizado em câmaras climáticas utilizando-se animais com potencial produtivo de 23,7 kg de leite/animal.dia. Em geral, foi encontrado que, para valores de umidade relativa do ar da ordem de 40%, a maior temperatura capaz de manter as condições de conforto para estes animais foi em torno de 28°C. Entretanto para umidades relativas mais altas, como 80%, a máxima temperatura foi em torno de 23°C, sendo que, em média, observou-se que este valor máximo de temperatura elevava-se de 1°C para cada 0,9 m/s de acréscimo na velocidade do ar. O Índice de Temperatura Equivalente (ITE), é dado pela seguinte equação:

$$\begin{aligned} \text{ITE} = & 27,88 - 0,456 \text{ tbs} + 0,010754 \text{ tbs}^2 - 0,4905 \text{ UR} + \\ & 0,00088 \text{ UR}^2 + 1,1507 \text{ v} - 0,126447 \text{ v}^2 + 0,019876 \text{ tbs UR} - \\ & 0,046313 \text{ tbs v} \end{aligned} \quad (6)$$

em que:

tbs = a temperatura do ar em °C;

UR = a umidade relativa do ar em percentagem; e

v = a velocidade do ar em m/s.

Podendo ser usado para temperaturas de 16°C a 41°C, umidade relativa de 40% a 90% e velocidades do ar de 0,5 a 6,5m/s.

DESHAZER & BECK (1988), desenvolveram o seguinte índice para galinhas poedeiras:

$$ITU = 0.6 \text{ tbs} + 0.4 \text{ tbu}$$

2.3. Sistemas de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE)

Resfriamento evaporativo é um processo adiabático que abaixa a temperatura de bulbo seco enquanto aumenta a temperatura do ponto de orvalho do ar e a razão de mistura. A redução da temperatura de bulbo seco é limitada à depressão psicrométrica do ar que entra no sistema de resfriamento. Em contraste, a refrigeração mecânica é um processo não adiabático, resultando em uma mudança no total de calor da mistura ar-vapor d'água pela redução da temperatura de bulbo seco e, possivelmente acompanhada de uma redução na temperatura do ponto de orvalho (HAHN & OSBURN, 1970).

A incorporação de água ao ar pode ocorrer por aspersão, nebulização ou mesmo fazendo o ar atravessar uma parede porosa umedecida (placas evaporativas). Assim, o sistema de nebulização e o uso de placas evaporativas são duas técnicas de resfriamento evaporativo, que podem ser associadas à ventilação forçada de pressão positiva e/ou à ventilação de pressão negativa (TINÔCO & RESENDE, 1997).

2.3.1. Sistema de ventilação positiva em modo túnel

Nesse sistema, o galpão é fechado lateralmente por meio de cortinas bem vedadas, com aberturas similares nas duas extremidades. No caso de galpões que possuem lanternins, estes devem ser fechados. É possível utilizar forro para melhorar o conforto térmico e reduzir a taxa de ventilação. Os ventiladores devem estar posicionados ao longo do comprimento do galpão, de forma a succionar o ar de uma extremidade e levá-lo para fora através da extremidade oposta. Segundo TINÔCO & RESENDE (1997), os ventiladores devem entrar em funcionamento quando a temperatura do ar interno ultrapassar 25° C, e a nebulização, deve ser acionada quando a temperatura ultrapassar 29° C, com as cortinas laterais previamente fechadas. No momento em que a umidade do ar atinge cerca de 80%, o sistema de nebulização deve ser desligado e as cortinas abertas, permanecendo em funcionamento apenas os ventiladores.

A principal vantagem do sistema de ventilação em modo túnel é possibilitar altas velocidades do ar por toda a instalação, não importando as condições do vento, resultando em melhor desempenho das aves pela redução dos efeitos do estresse calórico (BOTTCHEER et al., 1995).

2.3.2 – Sistema de ventilação negativa

No sistema de ventilação negativa, o ar é succionado de dentro da instalação para fora através de exaustores. Sendo necessário uma boa vedação da instalação. Tipicamente, os exaustores são colocados numa extremidade do galpão e placas com material poroso, umedecido para propiciar a evaporação, na outra extremidade. Não necessariamente se usará o resfriamento adiabático evaporativo, podendo o sistema ser usado sem o umedecimento do material poroso, ou seja apenas o sistema de ventilação. (TINÔCO, 2001b)

2.3.3 - Sistema de ventilação positiva lateral

No sistema de ventilação positiva lateral, associado à nebulização interna, os ventiladores são posicionados transversalmente ao comprimento do galpão, no sentido do vento dominante, aproveitando, assim, a ventilação natural, no aumento da eficiência do sistema. A entrada do ar é feita por uma das laterais do galpão e a saída pela lateral oposta, no sentido da largura da construção. As cortinas permanecem abertas durante todo o tempo em que o sistema está em funcionamento.

2.3.4 – Medidas de eficiência

Para medir a eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo, a ASHRAE (ASHRAE SYSTEMS ... , 1996) indica a seguinte equação:

$$e_e = 100 \frac{(t_1 - t_2)}{(t_1 - t')} \quad (7)$$

Em que:

e_e = resfriamento evaporativo direto ou eficiência da saturação , %;

t_1 = temperatura de bulbo seco do ar de entrada, °C;

t_2 = temperatura de bulbo seco do ar de saída, °C; e

t' = temperatura de bulbo úmido do ar de entrada, °C.

Nota-se na Equação 7 que a eficiência de resfriamento é estreitamente relacionada com a depressão psicrométrica.

Para sistemas de nebulização a forma acima é questionada, pois, taxas de nebulização são tipicamente não relacionadas diretamente com a taxa de ventilação já que os sistemas de ventilação e nebulização operam independentemente. Também, a temperatura do ar resfriado que sai de um sistema de painéis evaporativos pode ser adequadamente medida e usada para determinar a eficiência, mas a temperatura interior de um aviário com um sistema de nebulização operando é afetada pelo calor latente e sensível proveniente das aves e de outras superfícies. A eficiência um sistema de nebulização é mais bem caracterizada pela fração da névoa que evapora, designada por (BOTTCHER et al., 1991).

2.4 – Balanço de calor e umidade num galpão avícola

Segundo ALBRIGHT (1990), o calor sensível que entra em um galpão avícola pode ser determinado pela seguinte equação:

$$q = q_s + q_m + q_{so} + q_h + q_{vi} + q_w + q_f + q_{vo} \quad (8)$$

em que:

q_s : calor sensível liberado pelos animais.

q_m : calor sensível ganho de fontes mecânicas, elétricas e outras, tais como os motores e luzes.

q_{so} : calor sensível resultante da absorção da radiação solar no interior da instalação.

q_h : calor sensível ganho pelo sistema de aquecimento.

q_{vi} : calor sensível contido no ar de ventilação que entra na instalação.

Pode-se considerar somente a diferença entre o calor sensível do ar que entra e do que sai.

q_w : calor sensível transferido através da estrutura da construção, tal como do telhado, das paredes, das portas, etc.

q_f : calor sensível transferido para o piso através da região próxima ao perímetro da construção. Normalmente se considera este tipo de transferência de calor desprezível.

q_{vo} : calor sensível contido no ar de ventilação que sai da instalação.

GATES et al. (1995), propôs um modelo simplificado para estimar a temperatura e umidade no interior de um galpão que considera apenas a umidade e temperatura do ar externo, a vazão mássica do ar no galpão e a produção de calor sensível e latente das aves alojadas. Maiores detalhes do referido modelo estão apresentados na seção Material e Métodos.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Nesta pesquisa buscou-se avaliar a condição térmica ambiental de criação de frangos de corte, com base em dados climáticos diários, como forma de prever perdas na produção de frango, causadas pela inadequação técnica das instalações. Para isso se validou um modelo de comportamento térmico de galpões para criação de frangos de corte. Foram gerados mapas de ITU para a região Sudeste, a partir de dados climáticos, como forma auxiliar na tomada de decisão. Avaliou-se, ainda, o potencial do sistema adiabático evaporativo no resfriamento de galpões avícolas na região Sudeste.

3.1 - Validação do modelo térmico

Para operacionalização desta investigação, de maneira a se atingir os objetivos propostos, o primeiro passo foi a execução do teste do modelo de comportamento térmico desenvolvido por GATES et al. (1995) para galpões avícolas nos Estados Unidos, com base na hipótese de que este modelo, utilizando galpões climatizados, como proposto pelos autores, possa ser usado em condições brasileiras.

O modelo proposto utiliza dados climáticos de temperatura e umidade relativa, a estimativa da produção de calor latente e sensível das aves alojadas, a vazão mássica do ar e a eficiência do sistema de resfriamento adiabático para cálculo da temperatura de bulbo seco e umidade no interior da instalação.

As equações segundo GATES et al. (1995) para instalações sem resfriamento adiabático evaporativo são apresentadas a seguir.

$$t_{d,bs} = t_{f,bs} + \frac{q_s n_a m_a}{\dot{m} c_p} \quad (9)$$

$$UE_d = UE_f + \frac{q_L n_a m_a}{\dot{m} h_{fg}} \quad (10)$$

Para instalações com sistema de resfriamento adiabático evaporativo é considerado também o calor retirado do ar pelo sistema e o vapor d'água acrescentado, como se vê nas equações abaixo.

$$t_{d,bs} = t_{f,bs} + \frac{q_s n_a m_a - b \dot{m}_w h_{fg}}{\dot{m} c_p} \quad (11)$$

$$UE_d = UE_f + \frac{q_L n_a m_a + b \dot{m}_w h_{fg}}{\dot{m} h_{fg}} \quad (12)$$

em que:

$t_{d,bs}$ Temperatura de bulbo seco, dentro do galpão, °C;

$t_{f,bs}$ Temperatura de bulbo seco, fora do galpão, °C;

q_s	Calor sensível produzido, $W\ kg^{-1}$ de massa do animal vivo;
q_l	Calor latente produzido, $W\ kg^{-1}$ de massa do animal vivo;
n_a	Número de aves alojadas;
m_a	Massa por ave, kg do animal vivo;
m $\dot{m}_w$	Vazão mássica da água, $kg\ de\ água\cdot\ s^{-1}$;
m $\dot{m}_a$	Vazão mássica do ar, $kg\ de\ ar\cdot\ s^{-1}$;
b	Fração da névoa evaporada;
c_p	Calor específico do ar, $J\ kg^{-1}\cdot\ ^\circ C^{-1}$;
UE_d	Umidade específica do ar dentro do galpão, $kg\ de\ vapor\ d'água\ kg^{-1}\ de\ ar$;
UE_f	Umidade específica do ar fora do galpão, $kg\ de\ vapor\ d'água\ kg^{-1}\ de\ ar$; e
h_{fg}	Calor latente de vaporização do ar, $J\ kg^{-1}$, usado $2,43 \times 10^6\ J\ kg^{-1}$ (GATES et al., 1995)

Foram feitas as seguintes considerações iniciais:

- A produção de calor sensível pelas aves é constante e uniforme;
- A produção de calor latente pelas aves é constante e uniforme;
- calor sensível ganho de fontes mecânicas, elétricas e outras, tais como os motores e luzes é desprezível;
- O calor sensível resultante da absorção da radiação solar no interior da instalação é desprezível;

- O calor sensível transferido através da estrutura da construção, tal como do telhado, das paredes, das portas, etc. é desprezível;
- O calor sensível transferido para o piso através da região próxima ao perímetro da construção é desprezível;
- A vazão mássica do ar é constante; e
- O sistema de resfriamento funciona de forma constante e uniforme.

Os galpões que foram utilizados para validação do modelo se encontram instalados em uma granja comercial, no município de Palotina, Estado do Paraná. A referida granja adota o modelo de galpão climatizado mostrado nas Figuras 2.1, 2.2, composto por sistema de ventilação negativa em modo túnel. Este sistema vem sendo adotado pela indústria avícola brasileira, especialmente nas produções em alta densidade de alojamento. No Quadro 2.1 são definidas as características construtivas dos galpões avícolas e variáveis zootécnicas utilizadas na validação do modelo.



Figura 2.1 - Vista interna do galpão com a disposição do material poroso nas extremidades laterais opostas aos exaustores.



Figura 2.2 – Vista externa do galpão. No detalhe a disposição dos exaustores.

Quadro 2.1 – Características construtivas dos galpões avícolas e variáveis zootécnicas utilizadas na validação do modelo (DA SILVA, 2002).

Número de aves	21.600 frangos de corte
Massa das aves	2,45 kg, em média
Idade das Aves	7semanas
Vazão mássica	82,4 kg de ar por segundo (painéis evaporativos em argila expandida) 120,8 kg de ar por segundo (painéis evaporativos em celulose)
Comprimento do galpão	120 m
Largura do galpão	12 m
Pé-direito	2,5 m
Densidade de Alojamento	15 aves m ⁻²
Número de Exaustores	10 unidades, sendo 4 no fundo e 3 em cada parede lateral no fundo
Material Poroso	Painéis evaporativos em argila expandida Painéis evaporativos em celulose
Eficiência	53% - Painéis evaporativos em argila expandida 68 % - Painéis evaporativos em celulose

Os dados ambientais foram obtidos em janeiro e fevereiro de 2002 durante o período de três semanas (DA SILVA, 2002), com aves de 21 dias de idade até o abate. Foram coletados a cada duas horas, dados de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, temperatura de globo negro e velocidade do ar dentro e fora da instalação. No interior do galpões os sensores foram instalados a 0,30 m (correspondendo ao centro de massa das aves) e a 1,10 m do piso, sendo colocados, em cada altura, três sensores uniformemente distribuídos.

Os sensores utilizados dentro dos galpões foram o termohigrógrafo constituído de termômetros de vidro e coluna de mercúrio com resolução de 1°C e um anemômetro de hélice com resolução de 0,1 m.s⁻¹. Do lado de fora da instalação, foi instalado um abrigo meteorológico composto de termômetro de máxima e mínima, termohigrógrafo e anemômetro. As leituras foram realizadas nos mesmos horários e períodos da parte interna dos galpões.

Para cálculo da produção de calor latente e sensível pelas aves foi utilizada a equação desenvolvida por PEDERSEN & THOMSEN (2000), dada abaixo:

$$q_t = 9,84m_a^{0,75}(4 \cdot 10^{-5}(20 - t_{bs})^3 + 1) \quad (13)$$

$$q_s = 0,83q_t(0,8 - 1,85 \cdot 10^{-7}(t_{bs} + 10)^4) \quad (14)$$

em que:

q_t = Produção total de calor, W;

q_s = Calor sensível produzido, W;

m_a = Massa por ave, kg do animal vivo; e

t_{bs} = Temperatura de bulbo seco, °C;

A partir dos dados de temperatura e umidade relativa do ar dentro dos galpões, foram feitas comparações com os dados de saída do modelo, em cujas entradas foram utilizados os dados coletados no abrigo. O erro padrão foi calculado conforme descrito por SPIEGEL (1977).

3.2 – Geração de mapas de ITU

Foram utilizados dados da Re-análise 2 do NCEP/NCAR do período de 01.01.1980 à 31.12.2000 para a região Sudeste, sendo que a partir desses foram estimados os valores médios diários do ITU (Índice de Temperatura e Umidade), com base na equação (5) desenvolvida por DESHAZER & BECK (1988), de acordo com GATES et al. (1995). Essa equação é adequada, neste caso, para estimar o índice de conforto térmico para frangos de corte, dada por:

$$ITU = 0,6t_{d,bs} + 0,4t_{d,bu} \quad (15)$$

em que,

$t_{d,bs}$ Temperatura de bulbo seco, dentro do galpão, °C; e

$t_{d,bu}$ Temperatura de bulbo úmido, dentro do galpão, °C.

Foi considerado, além das considerações para o modelo listadas no item 3.1, que a eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo diminui para impedir a umidade relativa de ultrapassar 80%.

A partir dos dados climáticos simulados foram gerados mapas com valores de ITU, temperatura e umidade para a região Sudeste dentro e

fora de instalações com ou sem sistemas de resfriamento adiabático evaporativo. Sendo os mapas gerados com a utilização de um Sistema de Informação Geográfica, o Grid Analysis and Display System (GrADS).

Para a obtenção de valores horários de umidade e temperatura, o que permite o estudo do efeito e benefício da climatização da instalação pelo resfriamento evaporativo, foi adotada a metodologia alternativa proposta por ZOLNIER et al. (1996), que utiliza dados de umidade, temperatura e temperatura mínima do ar obtidos nos horários de 12:00, 18:00 e 24:00 horas (Tempo Médio de Greenwich).

As variáveis psicrométricas foram calculadas por meio de rotinas desenvolvidas em linguagem de programação C por ZHANG & GATES (1995), sendo, no entanto convertidas para a linguagem FORTRAN 95. O cálculo da temperatura de bulbo úmido é feito, nessas rotinas, utilizando interações sucessivas (ZHANG et. al.,1997).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Validação do Modelo de Estimativa do Balanço de Energia Dentro da Instalação

Na validação do Modelo, devido a necessidade de saber os valores de calor latente e sensível gerados pelas aves alojadas, foi necessário ajustar uma equação para a determinação diária da massa corporal das aves. Esta determinação foi feita a partir de dados experimentais do ganho de peso de 60 aves selecionadas, compreendendo todo o período de crescimento dos animais. Para aprimorar o processo de amostragem, as aves selecionadas foram divididas em grupos de 20 animais compreendendo três seções distintas do galpão. A determinação da massa corporal foi realizada semanalmente.

Para o período compreendendo o início do crescimento até 42 dias, a equação ajustada para o galpão com painéis evaporativos constituídos de celulose foi a seguinte:

$$m = (1,1083d^2 + 12,096d + 42) \cdot 10^{-3} \quad R^2=0,9995 \quad (16)$$

Para o mesmo período de crescimento, a equação ajustada para o galpão com painéis evaporativos de argila expandida é dado por:

$$m = (0,9869d^2 + 15,867d + 42) \cdot 10^{-3} \quad R^2=0,9977 \quad (17)$$

em que:

m = massa corporal da ave, kg; e

d = número de dias de vida da ave.

Como pode ser constatado, a evolução da massa corporal dos animais é bem representados por uma equação polinomial de segunda ordem para os dois galpões avaliados, sendo que o R^2 obtido foi de 0,9995 para o galpão com painéis evaporativos em celulose e 0,9977 para o galpão com painéis evaporativos em argila expandida, o que demonstra um ótimo ajustamento como pode ser observado nas Figuras 4.1 e 4.2

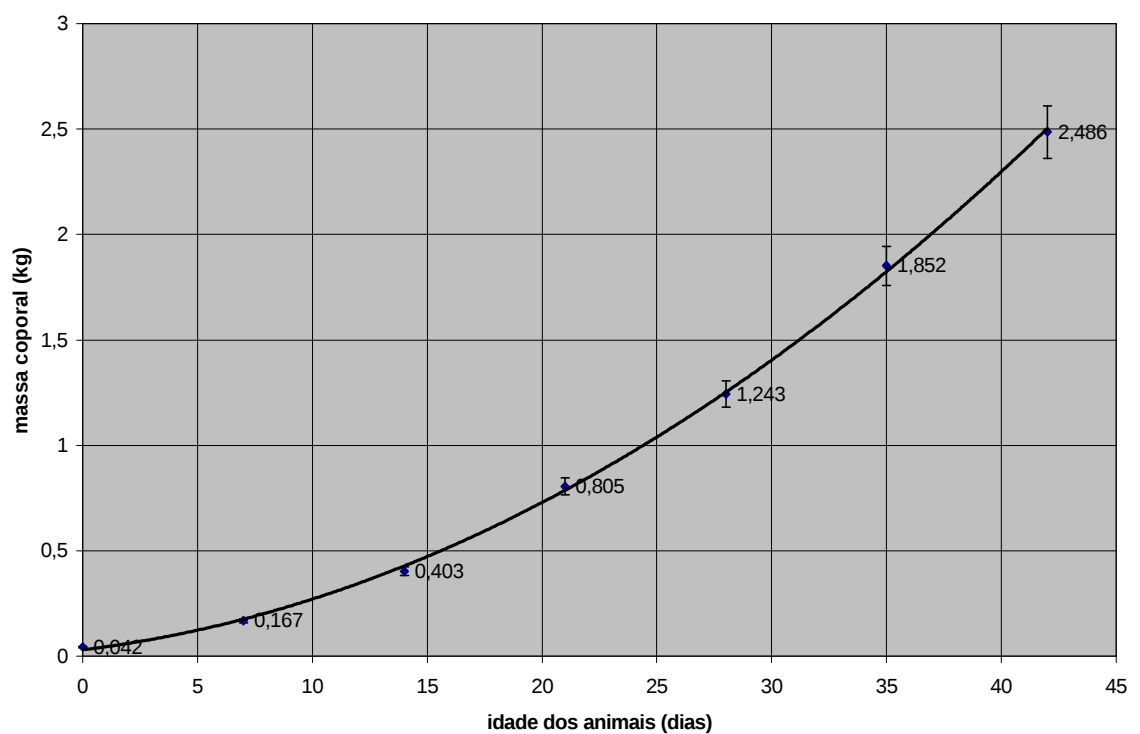


Figura 4.1 – Equação ajustada para determinação da massa corporal de frangos de corte em gramas pela idade em dias, galpão com painéis evaporativos em celulose.

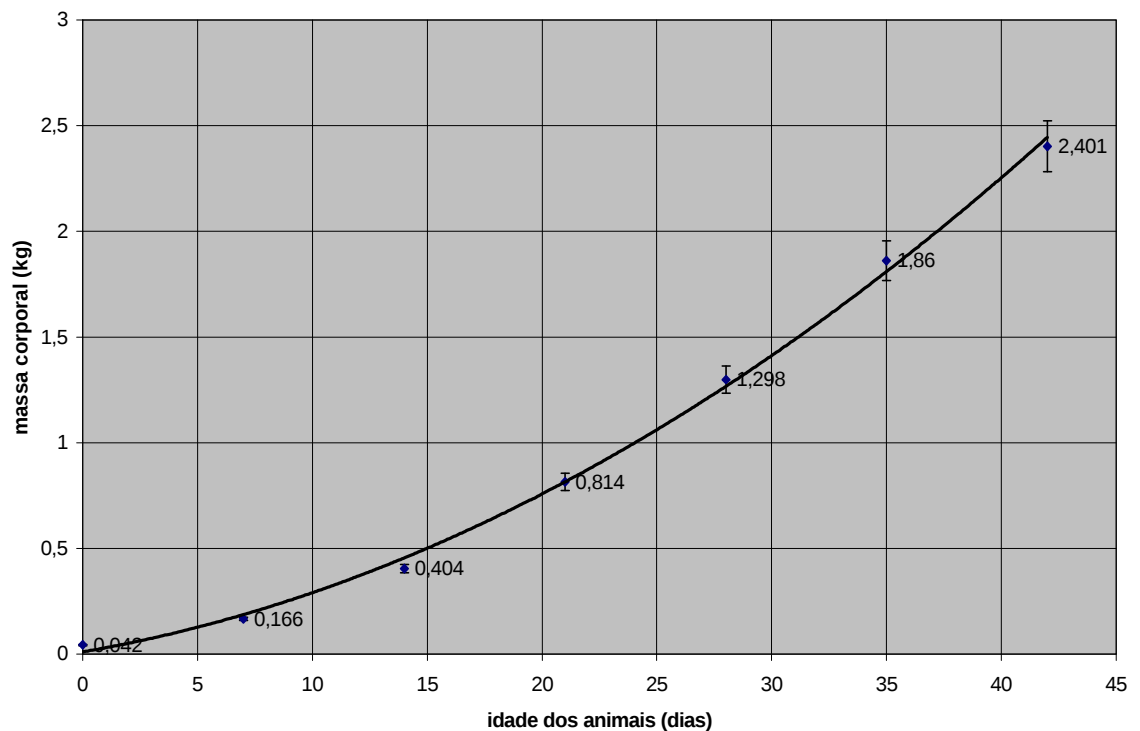


Figura 4.2 - Equação ajustada para determinação da massa corporal de frangos de corte em gramas pela idade em dias, galpão com painéis evaporativos em argila expandida.

Para o período subsequente até o abate, devido a mudança do regime alimentar das aves, os valores diários foram obtidos por interpolação linear entre a massa com 42 e 47 dias (abate).

Em cada galpão haviam dois sensores de temperatura e umidade posicionados a um metro do material poroso em lados opostos do galpão a fim de determinar a eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo. A variação entre os valores obtidos pelos sensores é devida a própria exatidão do instrumento e a fatores aleatórios. Em outras palavras, numa situação ideal eles indicariam os mesmos valores. A diferença entre eles foi usada como indicativo de erro aceitável para o modelo. A diferença entre os dois sensores calculada da mesma forma que o erro padrão para os valores de temperatura foi de 0,95 °C.

A plotagem dos valores de temperatura obtidos no galpão com painéis evaporativos em celulose e os estimados pelo modelo demonstra visualmente o bom resultado do modelo (Figura 4.3 e 4.4).

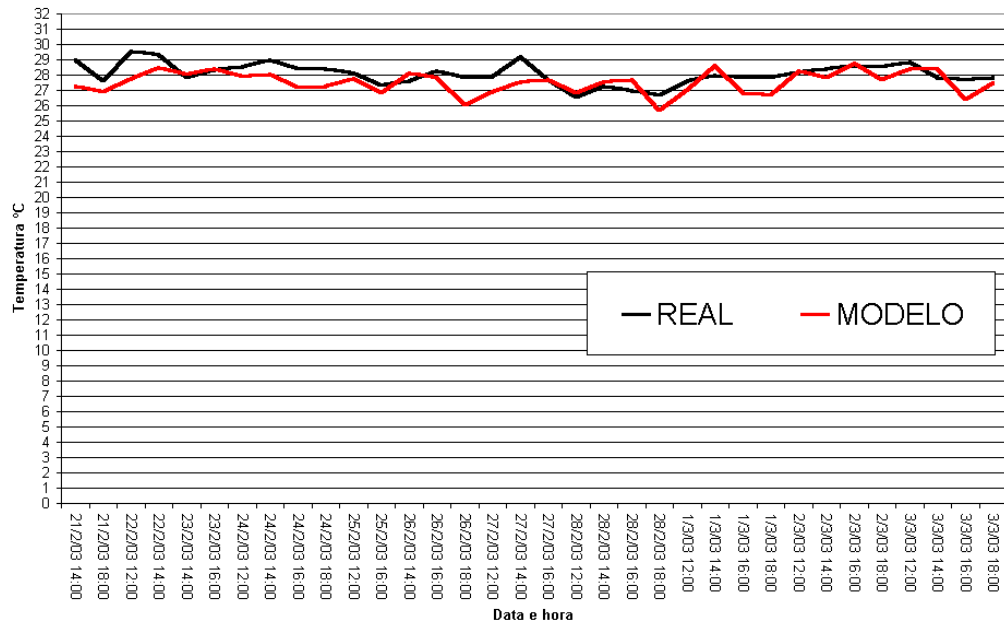


Figura 4.3 – Valores de temperatura no interior do galpão equipado com painéis evaporativos em celulose comparados com os estimados pelo modelo.

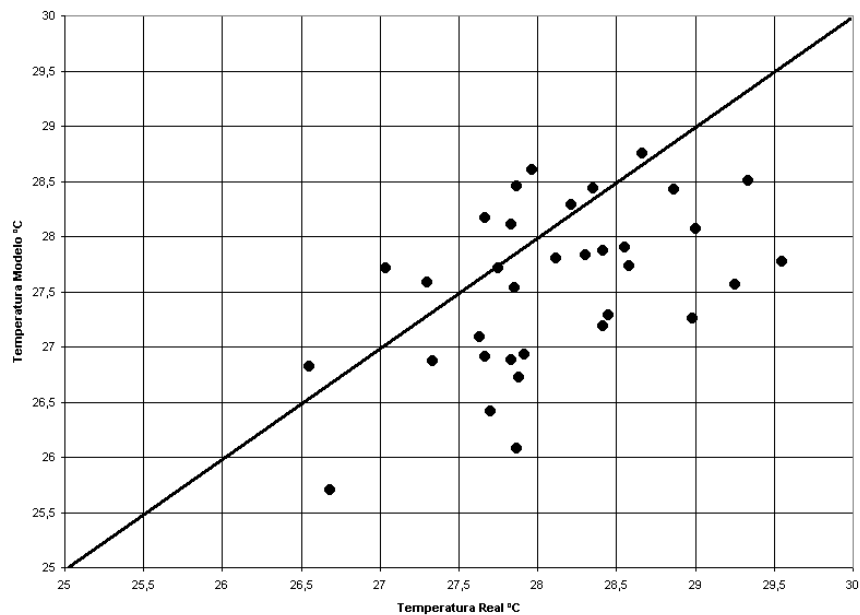


Figura 4.4 – Valores de temperatura no interior do galpão equipado com painéis evaporativos em celulose comparados com os estimados pelo modelo.

O que é confirmado pelo cálculo do erro padrão para os valores de temperatura, que foi de 0,89 °C. Erro plenamente aceitável para os objetivos propostos e inclusive inferior ao calculado entre os dois sensores dentro do galpão, acima descrito.

Similarmente para a umidade, foi calculada a diferença entre os dois sensores internos do galpão, acima citados, da mesma forma que o erro padrão para os valores de umidade específica. Sendo obtido o valor de 0,001 kg d'água kg de ar⁻¹.

A plotagem dos valores de umidade específica obtidos no galpão com painéis evaporativos em celulose e os estimados pelo modelo também demonstra visualmente o bom resultado do modelo (Figura 4.5 4.6).

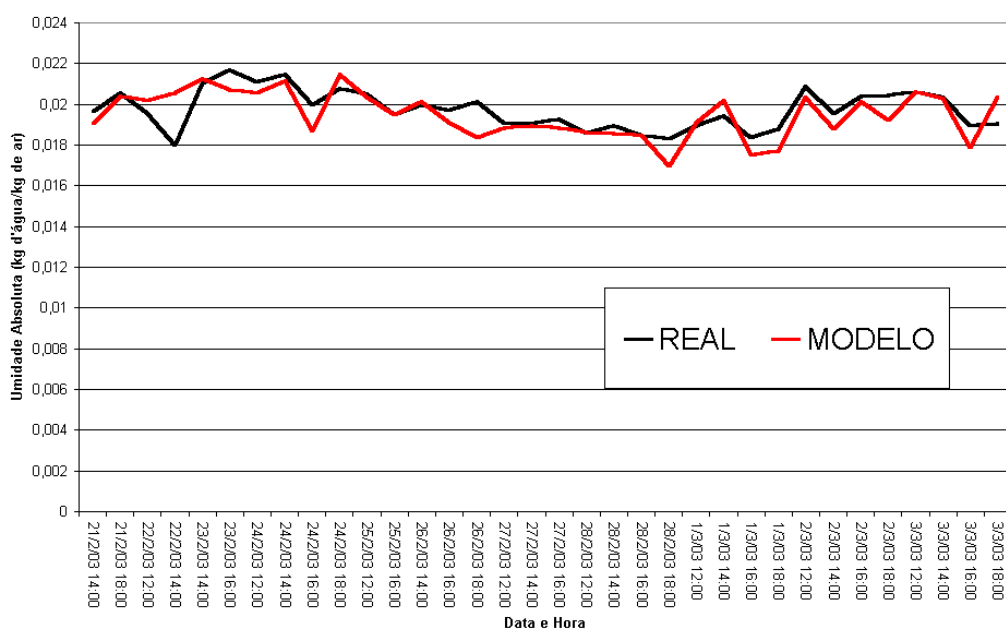


Figura 4.5 – Valores de umidade específica no interior do galpão equipado com painéis evaporativos em celulose comparados com os estimados pelo modelo.

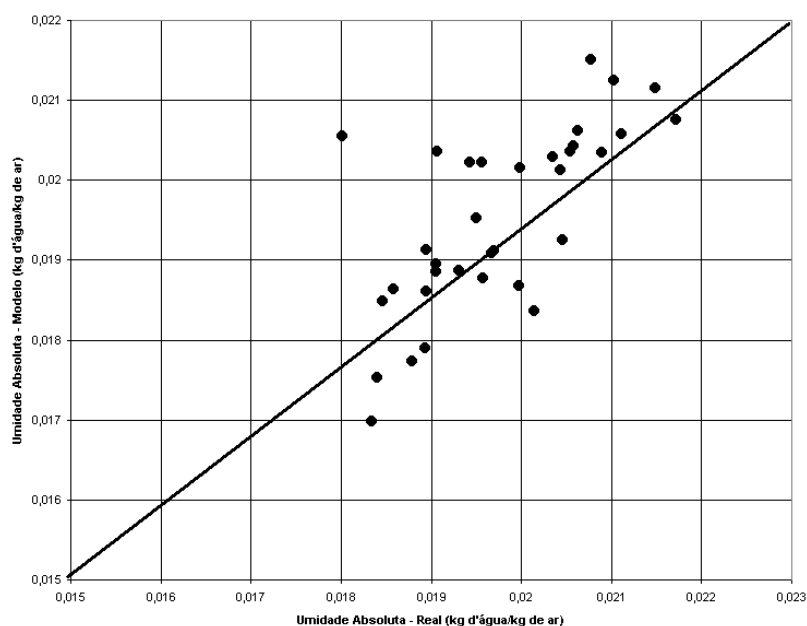


Figura 4.6 – Valores de umidade específica no interior do galpão equipado com painéis evaporativos em argila expandida comparados com os estimados pelo modelo.

O que é também confirmado pelo cálculo do erro padrão para os valores de umidade, que foi de $0,000846 \text{ kg d'água kg de ar}^{-1}$. Erro também inferior ao calculado entre os dois sensores dentro do galpão acima descritos.

Deve-se ressaltar que os valores de temperatura e umidade internos do galpão são médias de seis sensores, o que em teoria influi positivamente para a obtenção de um valor mais representativo. Sendo o modelo bom, o erro padrão será menor, o que pode explicar os valores menores que o erro entre os sensores internos do galpão.

Também é interessante observar o fato de que a vazão mássica do ar é alta ($120,8 \text{ kg de ar s}^{-1}$) o que pode reduzir a influência na temperatura do ar de fatores com uma baixa velocidade de transmissão de calor para o ar, tal como radiação. Elementos não considerados no modelo podem ter um efeito maior na temperatura de globo negro do que na temperatura de bulbo seco.

Para o galpão utilizando argila expandida como material poroso o resultado no caso da umidade é bom como se pode ver na Figura 4.7 e 4.8. Sendo o erro padrão de $0,0014 \text{ kg d'água kg de ar}^{-1}$.

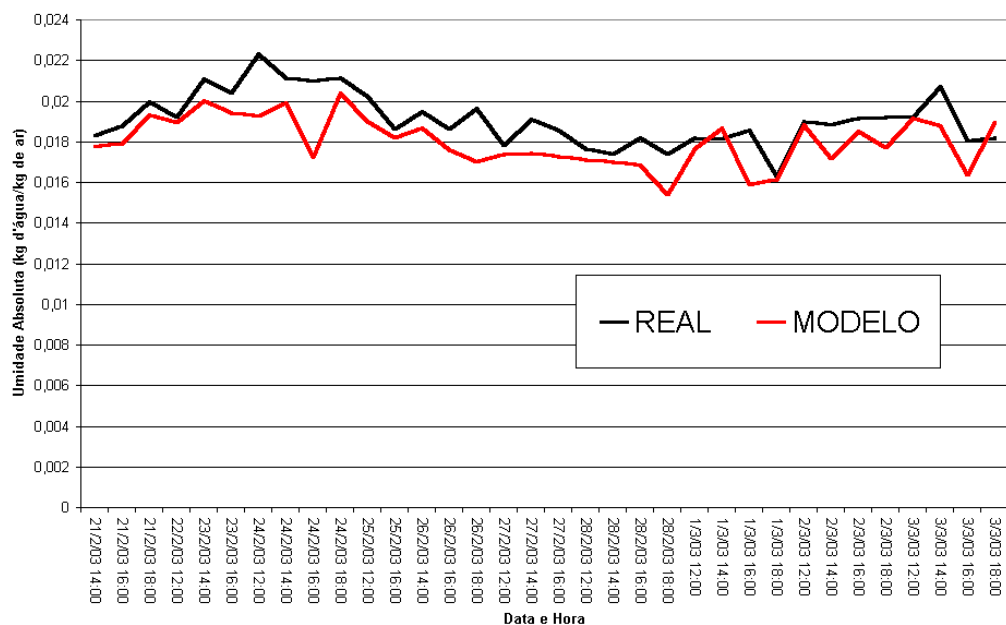


Figura 4.7 – Valores de umidade específica no interior do galpão equipado com painéis evaporativos em argila expandida comparados com os estimados pelo modelo.

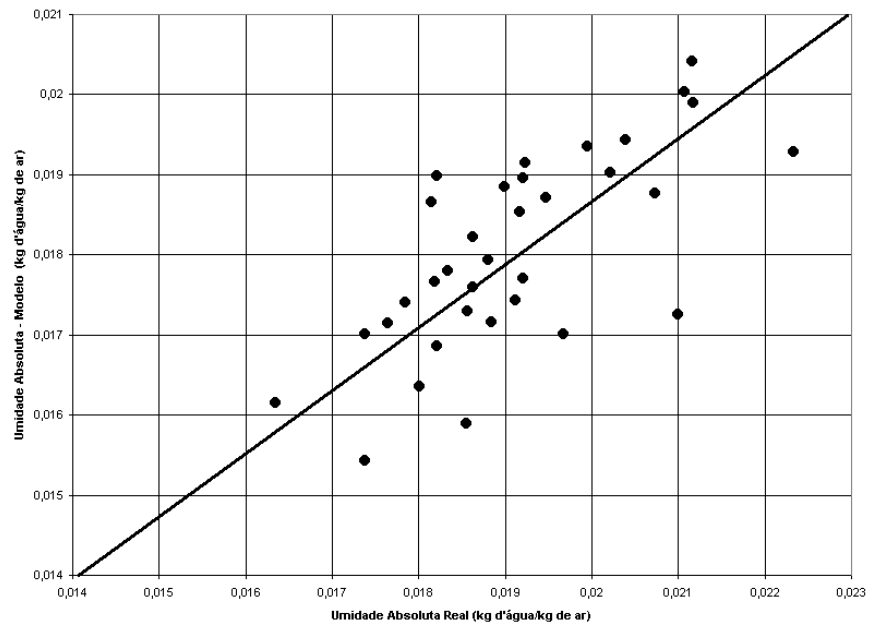


Figura 4.8 – Valores de umidade específica no interior do galpão equipado com painéis evaporativos em argila expandida comparados com os estimados pelo modelo.

Já para a temperatura o resultado não apresentou um bom ajuste com um erro padrão de 2,25 °C .Mas os valores dados pelo modelo mostram um bom acompanhamento das variações dos valores reais como pode ser visto na Figura 4.9 e 4.10.

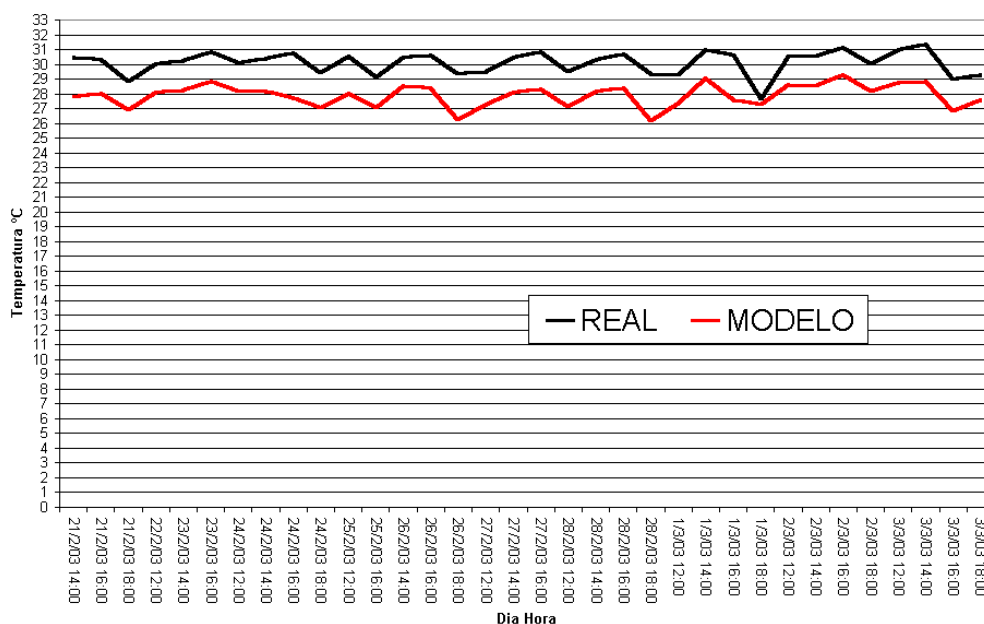


Figura 4.9 - Valores de temperatura no interior do galpão equipado com painéis evaporativos em argila expandida comparados com os estimados pelo modelo .

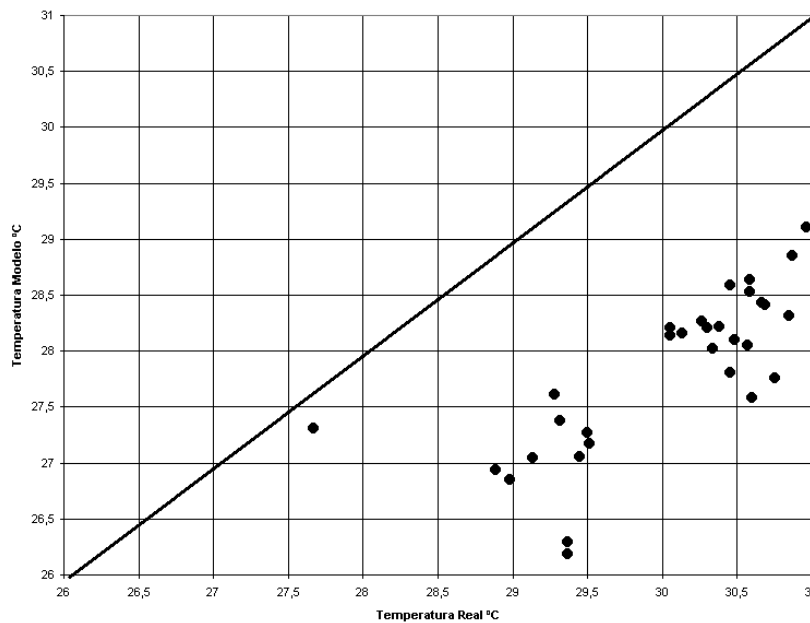


Figura 4.10 - Valores de temperatura no interior do galpão equipado com painéis evaporativos em argila expandida comparados com os estimados pelo modelo .

O modelo despreza uma série de fontes de calor. O telhado é a mais importante para a instalação em questão, o que pode ser estendido para o normal nas instalações avícolas do Brasil, mas não para os EUA que usam galpões bem isolados termicamente, principalmente o telhado. Adicionando-se um fator Δ referente ao calor não contabilizado pelo modelo na forma original a equação que calcula a temperatura de bulbo seco fica:

$$t_{d,bs} = t_{f,bs} + \frac{q_s n_a m_a + \Delta - b m_w h_{fg}}{m_a c_p} \quad (8)$$

Ajustando um valor para Δ por aproximações sucessivas obtemos um Δ de 167000 J. Aplicando a nova equação temos o resultado mostrado na Figura 4.11 e 4.12 . O erro padrão cai para 0,52 ° C .

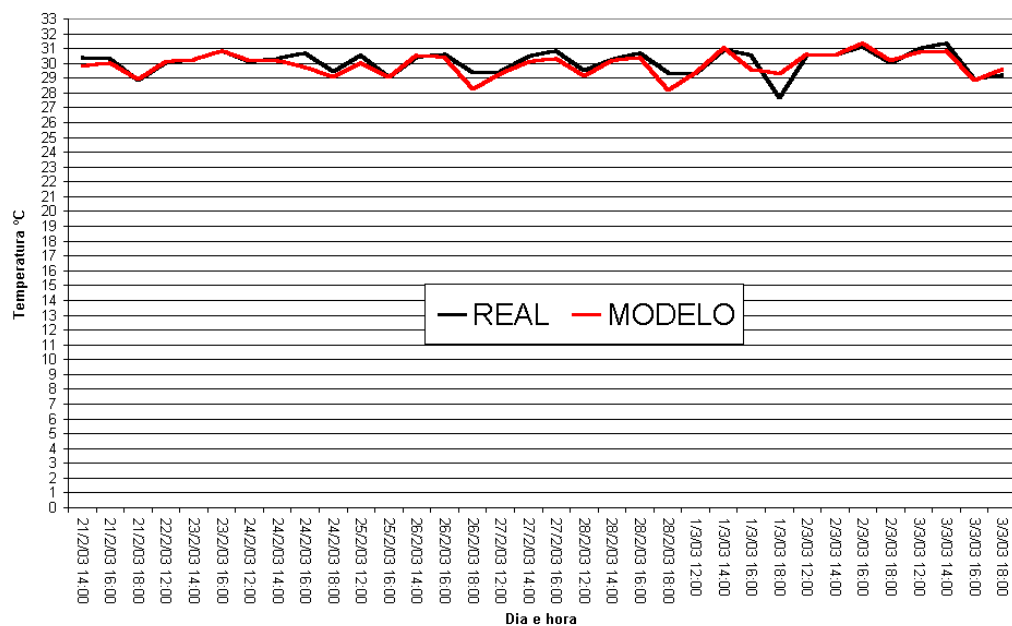


Figura 4.11 - Valores de temperatura no interior do galpão equipado com painéis evaporativos em argila expandida comparados com os estimados pelo modelo usando um fator de correção.

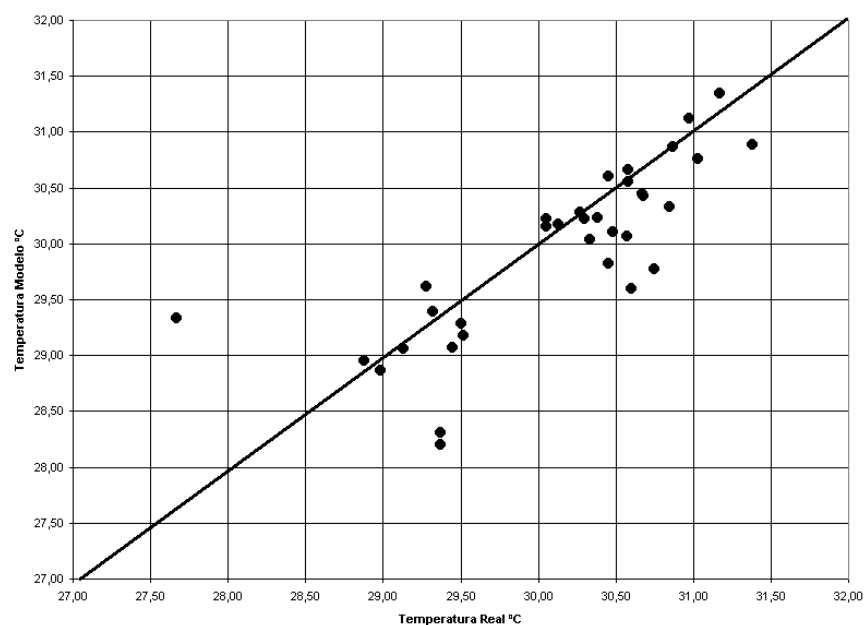


Figura 4.12 - Valores de temperatura no interior do galpão equipado com painéis evaporativos em argila expandida comparados com os estimados pelo modelo usando um fator de correção .

Existe a questão se o modelo assim modificado continuará a ser adequado para o galpão com painéis evaporativos em celulose. Na Figura 4.13 e 4.14 está representado o resultado da aplicação do modelo com o fator de correção para o galpão com painéis evaporativos em celulose. O resultado permaneceu bom com erro padrão de 1,096 ° C

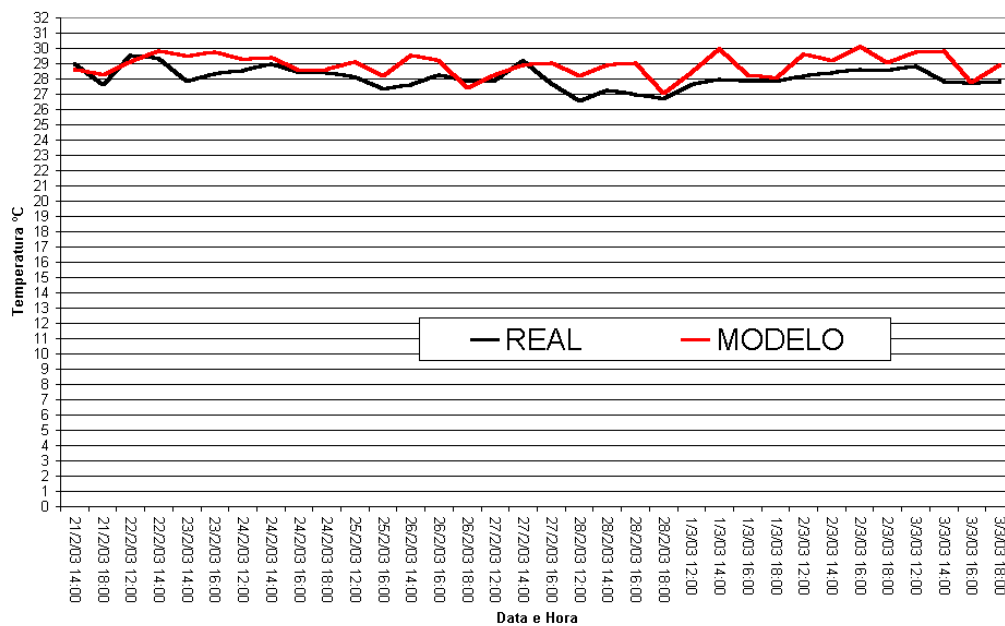


Figura 4.13 - Valores de temperatura no interior do galpão equipado com painéis evaporativos em celulose comparados com os estimados pelo modelo usado um fator de correção.

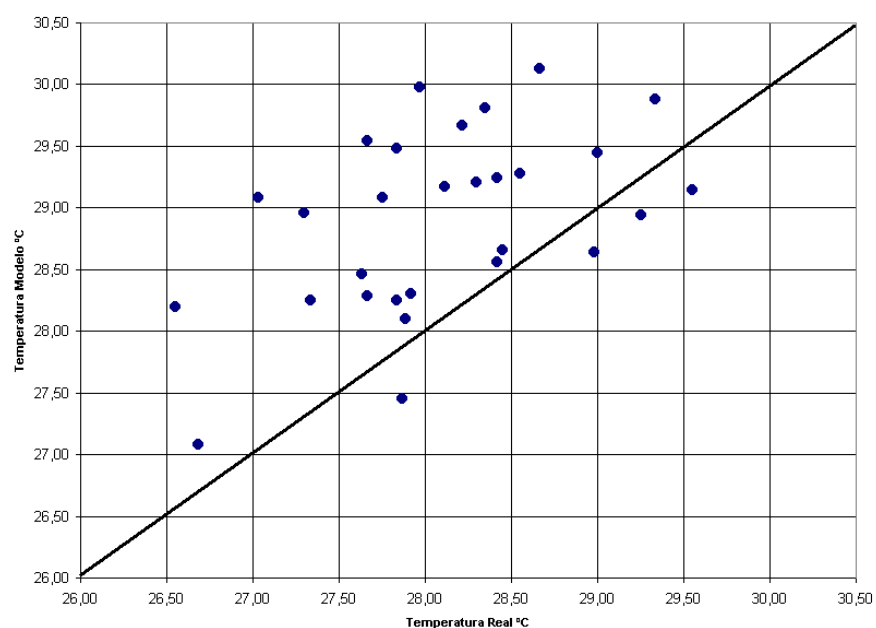


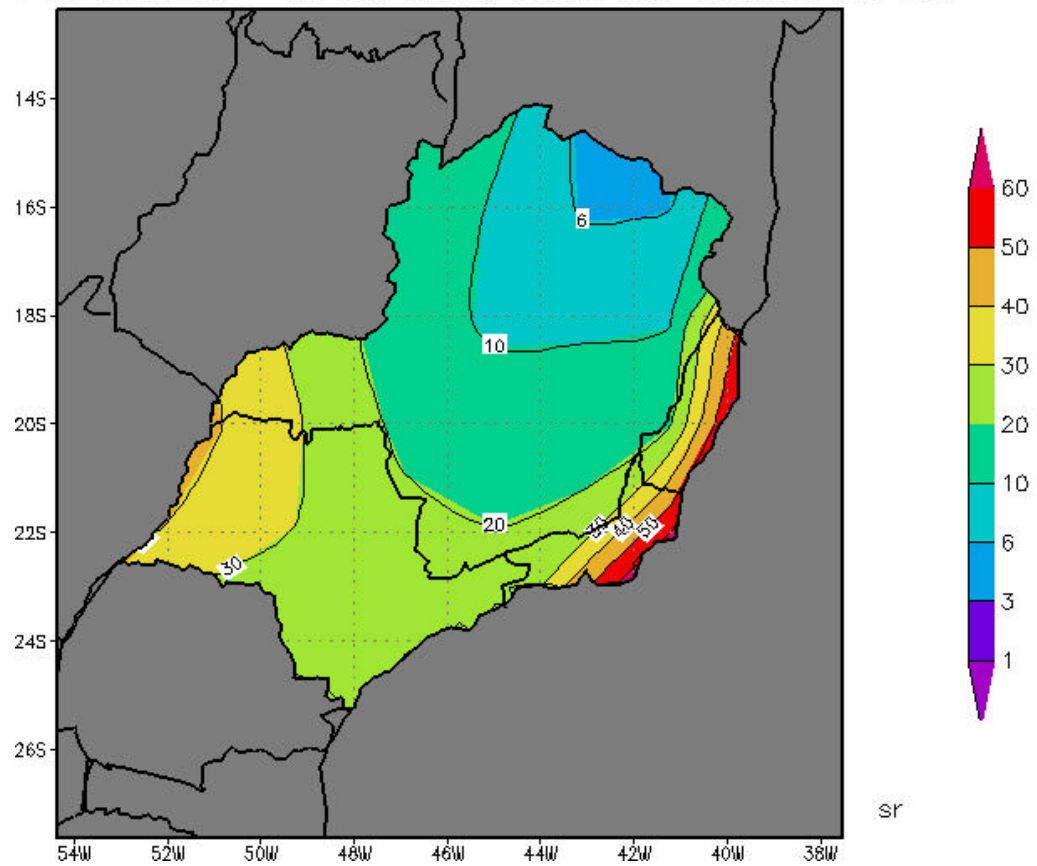
Figura 4.14 - Valores de temperatura no interior do galpão equipado com painéis evaporativos em celulose comparados com os estimados pelo modelo usado um fator de correção.

4.2- Resultados do Modelo para a Região Sudeste

Para galpões sem sistema de climatização, o mês de fevereiro se mostrou com maior ocorrência de ITU acima de 25 como pode ser visto no mapa 4.1. No qual tem-se a média da porcentagem mensal de horas com ITU acima de 25 (dos anos de 1979 até 2000) no interior de uma instalação sem sistema de resfriamento adiabático evaporativo e 21.000 (vinte um mil) frangos de corte alojados, com massa de 1,89 kg cada, alojados e vazão mássica de 82,4 kg de ar por segundo.

Verifica-se que é predominantemente na região costeira no Rio de Janeiro e Espírito Santo as ocorrências de ITU acima de 25, situação em que começam a ocorrer perdas econômicas (GATES et al., 1995).

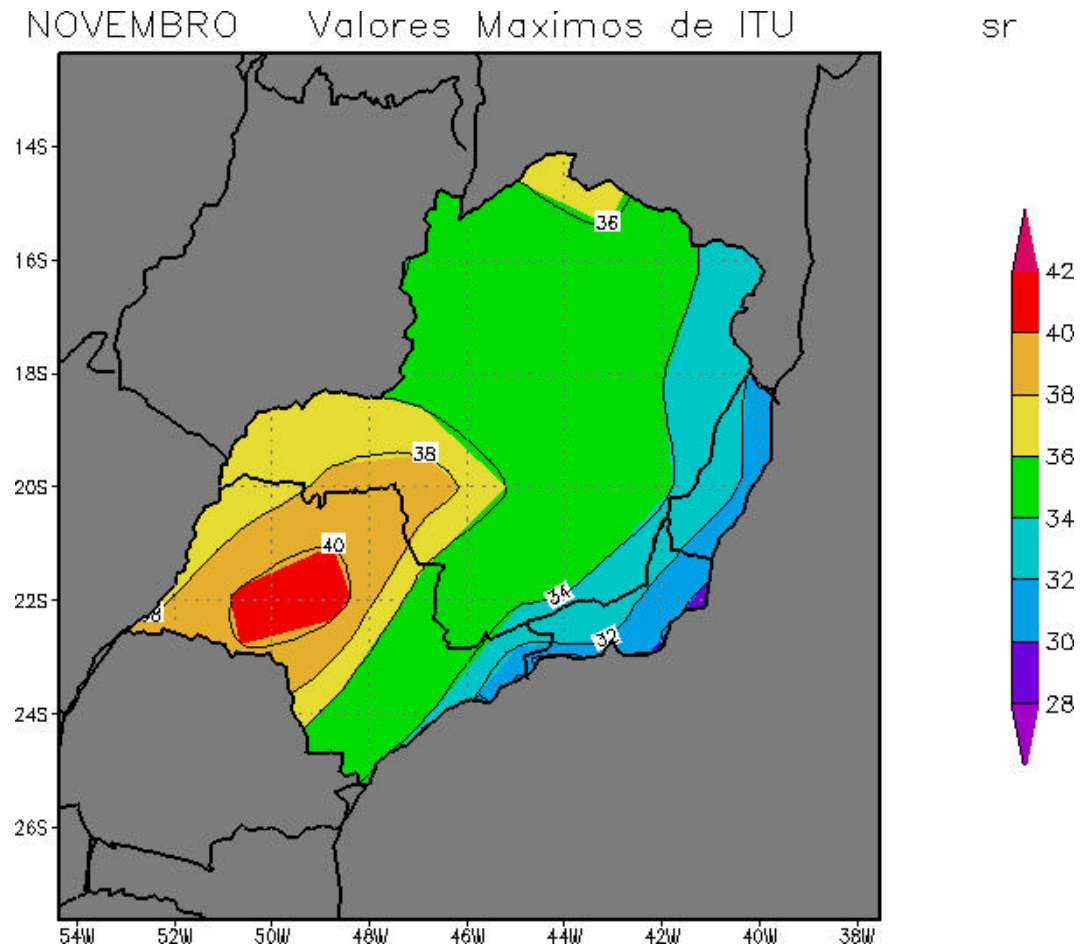
FEVEREIRO % de hora com ITU acima de 25



Mapa 4.1

As maiores ocorrências de ITU, para galpões sem climatização, se deram no mês de novembro. O Mapa de 4.2 mostra os maiores valores de ITU (entre os anos de 1979 e 2000) no interior de uma instalação sem sistema de resfriamento adiabático evaporativo 21.000 (vinte um mil) frangos de corte alojados, com massa de 1,89 kg cada e vazão mássica de 82,4 kg de ar por segundo.

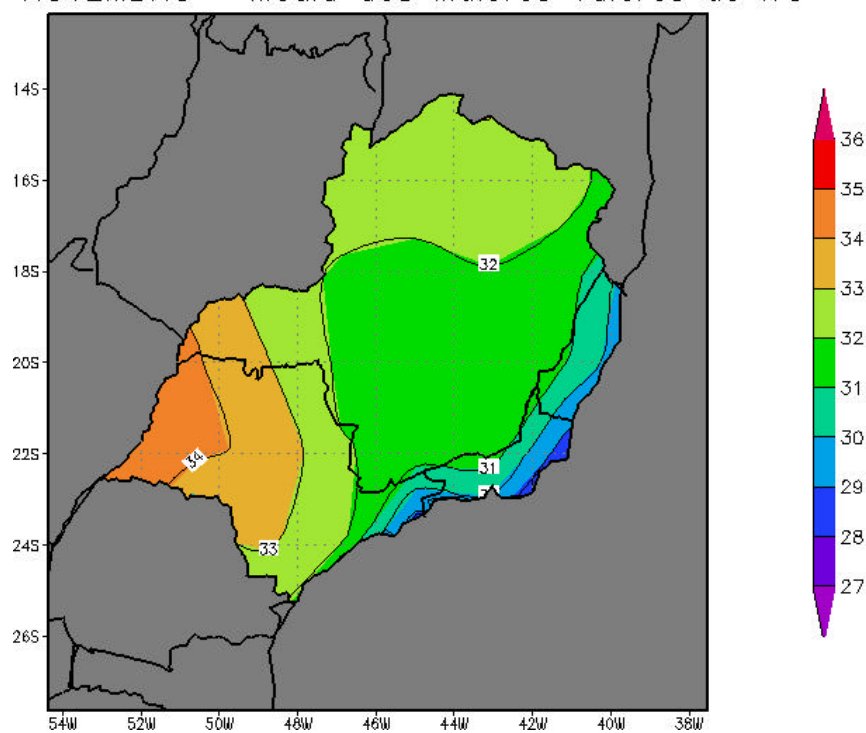
Verifica-se que o centro-oeste de São Paulo e o Triângulo Mineiro avançando pelo centro de Minas Gerais tem os maiores valores da região Sudeste.



Mapa 4.2

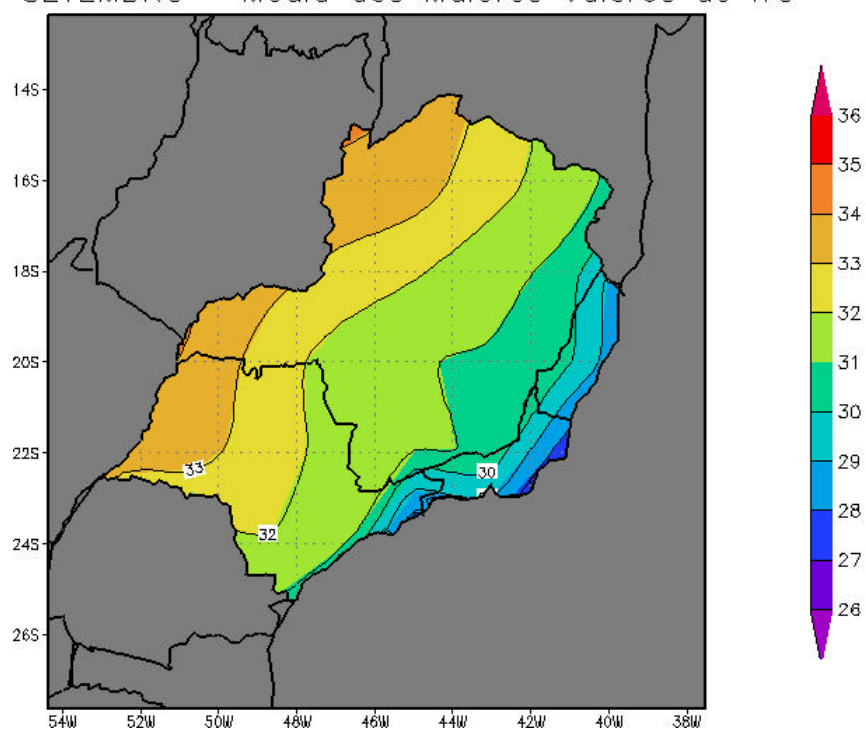
Mas não é uma ocorrência típica, como pode ser observado ao compararmos os Mapas 4.3 e 4.4 referentes respectivamente a novembro e setembro. Onde está mostrada a média mensal dos valores de ITU máximo (entre os anos de 1979 até 2000) no interior de uma instalação sem sistema de resfriamento adiabático evaporativo e 21.000 (vinte um mil) frangos de corte alojados, com massa de 1,89 kg cada. Ficando para a média dos valores máximos o mês de setembro como o de maiores valores de vazão mássica de 82,4 kg de ar por segundo.

NOVEMBRO Media dos Maiores Valores de ITU sr



Mapa 4.3

SETEMBRO Media dos Maiores Valores de ITU sr



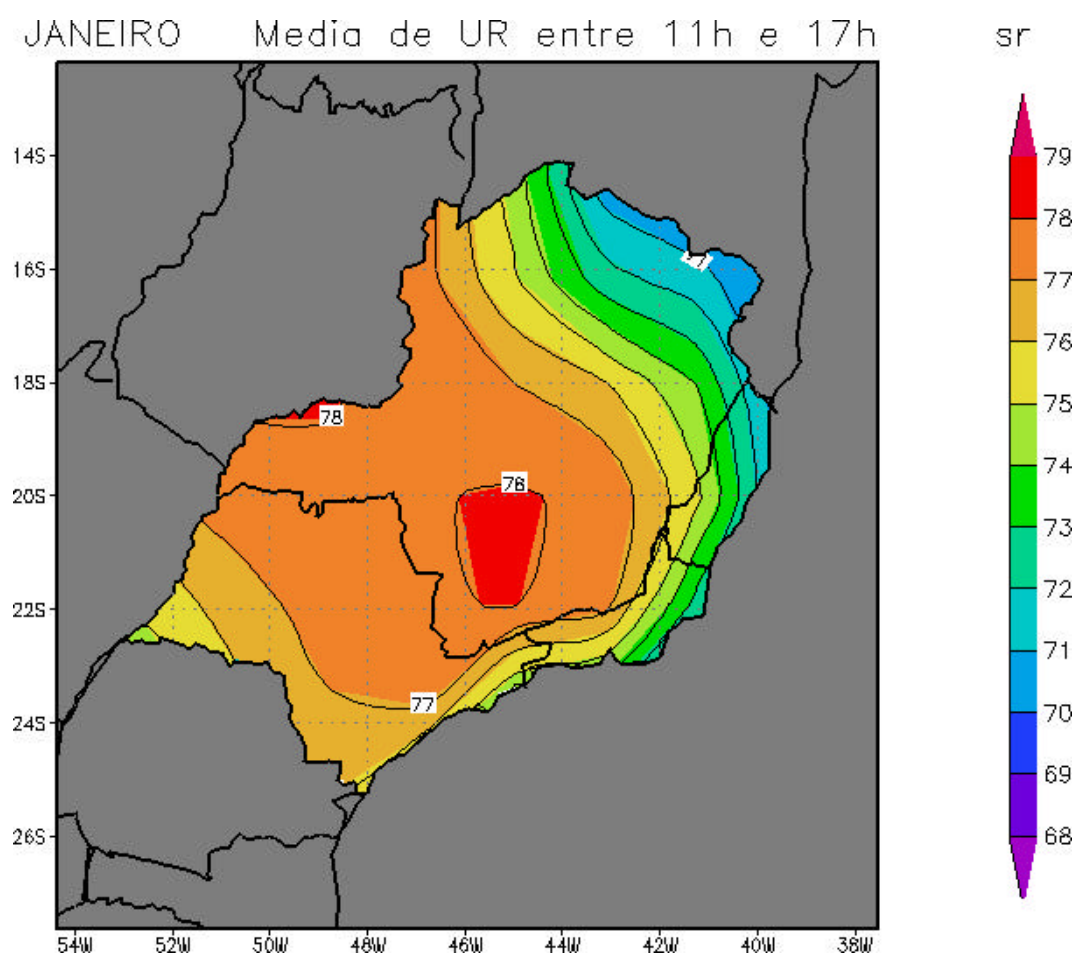
Mapa 4.4

Para o uso do sistema de resfriamento evaporativo adiabático a maior restrição é a alta umidade da região Sudeste, como pode ser observado pelas normais climatológicas no Quadro 4.1. Umidades relativas de cerca de 80% são comuns nos meses quentes do ano, valor considerado limite para os frangos de corte (BAIÃO, 1995). Deve ser considerado que a normal climatológica é um valor médio para todo o dia. Nas horas mais quentes do dia, em geral a umidade relativa é mais baixa. No entanto, existe a dissipação de vapor d'água pelas aves alojadas. Valor elevado se considerada uma instalação com alta densidade e que a produção de calor sensível é menor em temperaturas mais altas. Este fato acarreta no aumento da umidade dentro do galpão e reduz a margem para utilização do sistema de resfriamento evaporativo adiabático dentro dos valores ideais de umidade.

Quadro 4.1 – Normais Climatológicas de Umidade Relativa % (INEMET, 1992)

	Altitude	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR
Juiz de Fora(MG)	939,96	81,2	81,3	85,3	83,4	81,1	83,9	82,0
Uberaba(MG)	742,90	70,6	75,2	80,4	80,5	80,9	79,5	73,4
Linhares(ES)	28,40	84,0	85,0	85,0	83,0	82,0	84,0	84,0
São Mateus(ES)	25,04	82,0	82,0	83,0	82,0	81,0	81,0	82,0
Angra dos Reis(RJ)	1,57	83,0	82,0	82,0	81,0	80,0	81,0	82,0
Vassouras(RJ)	437,19	81,0	81,0	83,0	83,0	82,0	83,0	82,0
Campos do Jordão(SP)	1578,81	81,0	86,0	87,0	87,0	84,0	83,0	83,0
Ubatuba(SP)	8,00	87,0	83,0	83,0	85,0	85,0	86,0	86,0

No Mapa 4.5 tem-se os valores médios da umidade relativa do ar para o mês de janeiro (dos anos de 1979 até 2000), referente ao período compreendido entre 11:00 e 17:00h, no interior de uma instalação sem sistema de resfriamento adiabático evaporativo, no interior da qual estão alojados 21.000 (vinte um mil) frangos de corte, com massa corporal de 1,89 kg cada. Deve ser lembrado que é uma média, influenciada pelo valores mais altos em dias chuvosos. Esses dados demonstram que os altos valores de umidade na região Sudeste fazem com que os benefícios do sistemas de resfriamento adiabático evaporativo para criações com alojamento em alta densidade sejam reduzidos devido ao limite recomendado de 80% de umidade relativa no interior do galpão e vazão mássica de 82,4 kg de ar por segundo.



Mapa 4.5

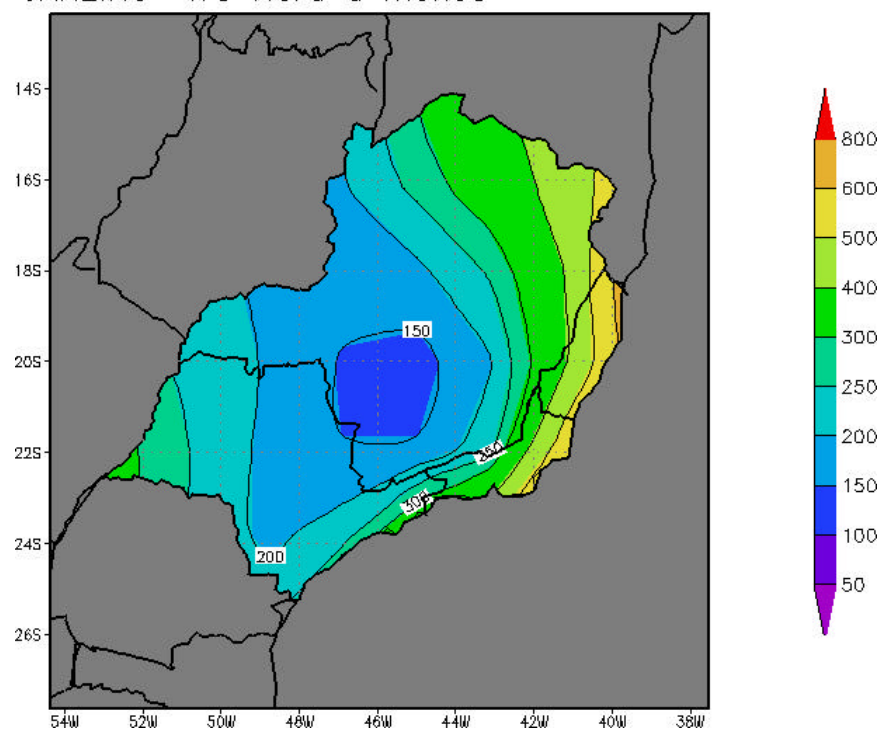
Nos mapas a seguir pode se ver a vantagem para a região Sudeste do uso do resfriamento adiabático evaporativo em termos de redução de ITU por meio de três sistemas:

- Nebulização com uma fração da névoa que evapora de 0,33 e vazão mássica de 82,4 kg de ar por segundo;
- Painéis evaporativos constituídos de argila expandida com eficiência de 53% e vazão mássica de 82,4 kg de ar por segundo;
- Painéis evaporativos em celulose com eficiência de 68% e vazão mássica de 120,8 kg de ar por segundo.

A comparação é feita com um galpão sem sistema de resfriamento e com a vazão mássica de 82,4 kg de ar por segundo. Parte do benefício da terceira configuração é devida a maior vazão mássica do ar.

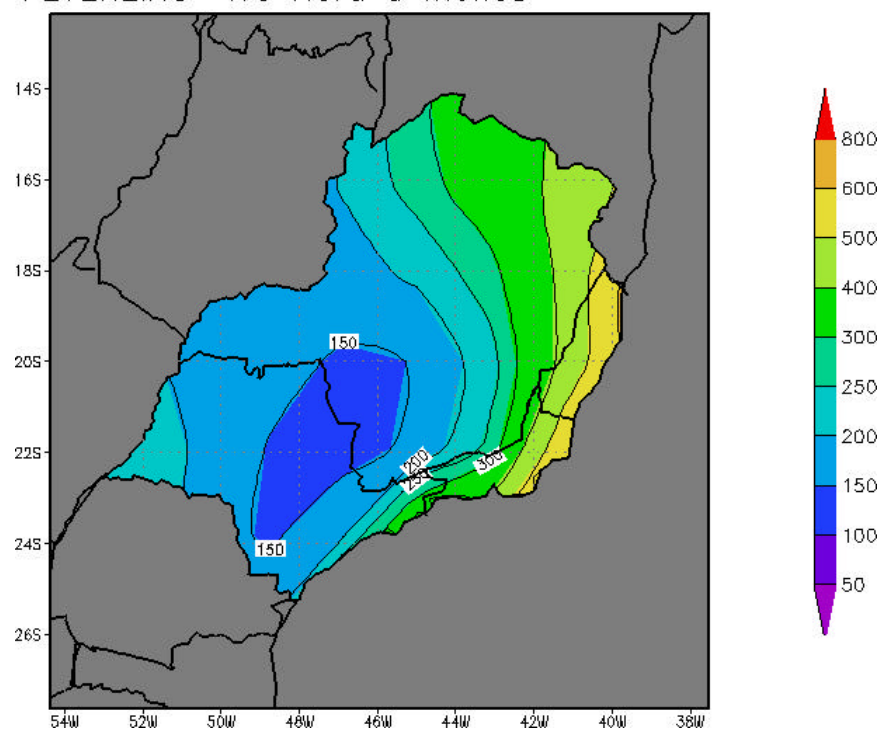
Nos Mapas de 4.6 a 4.17 são mostradas as médias do produto de ITU a menos pelo número de horas (dos anos de 1979 até 2000) no interior de uma instalação com sistema de resfriamento adiabático evaporativo por nebulização com uma fração da névoa que evapora de 0,33 e 21.000 (vinte um mil) frangos de corte, com massa de 1,89 kg cada, alojados, em relação a uma instalação sem sistema de resfriamento e vazão mássica de 82,4 kg de ar por segundo.

JANEIRO ITU*Hora a menos



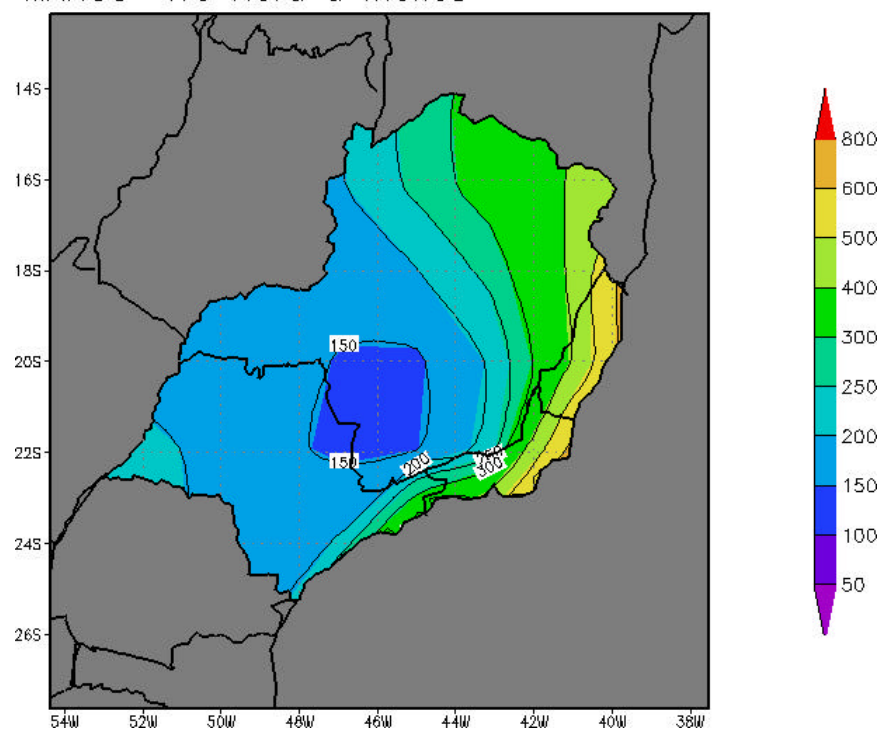
Mapa 4.6

FEVEREIRO ITU*Hora a menos



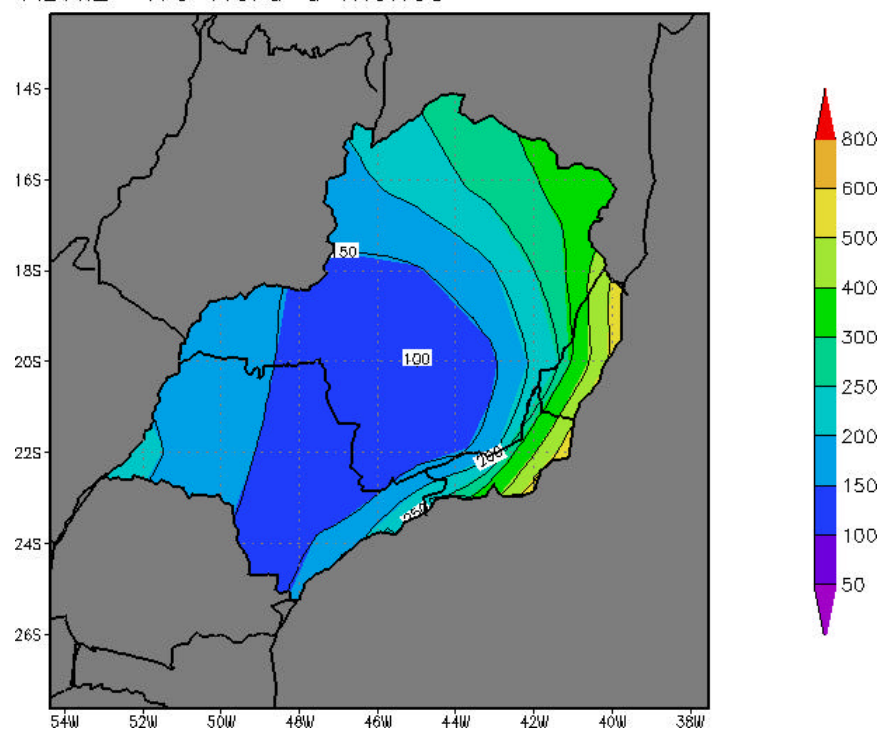
Mapa 4.7

MARCO ITU*Hora a menos



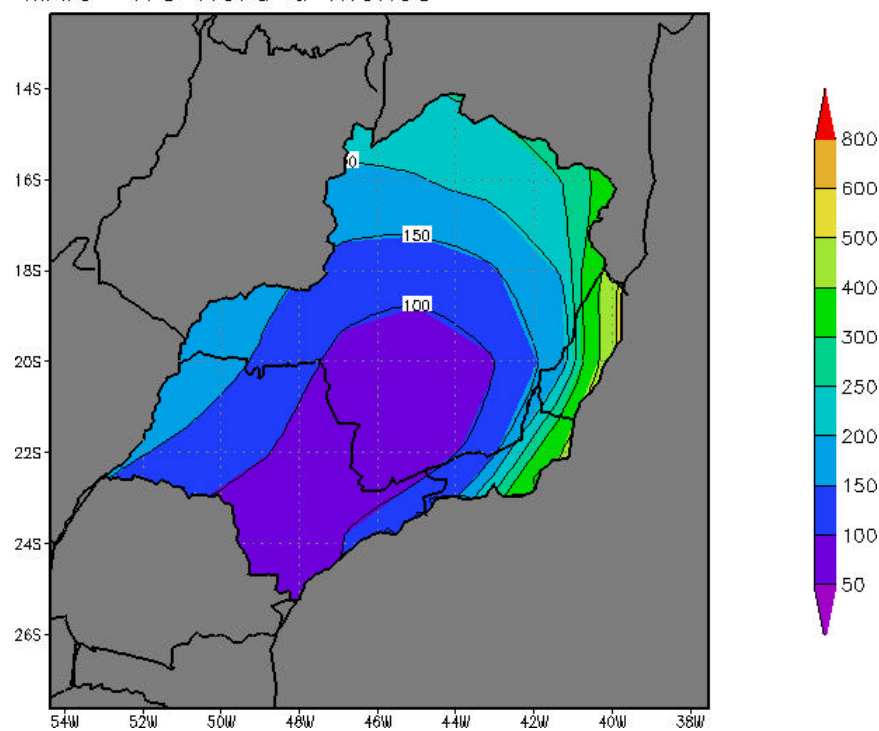
Mapa 4.8

ABRIL ITU*Hora a menos



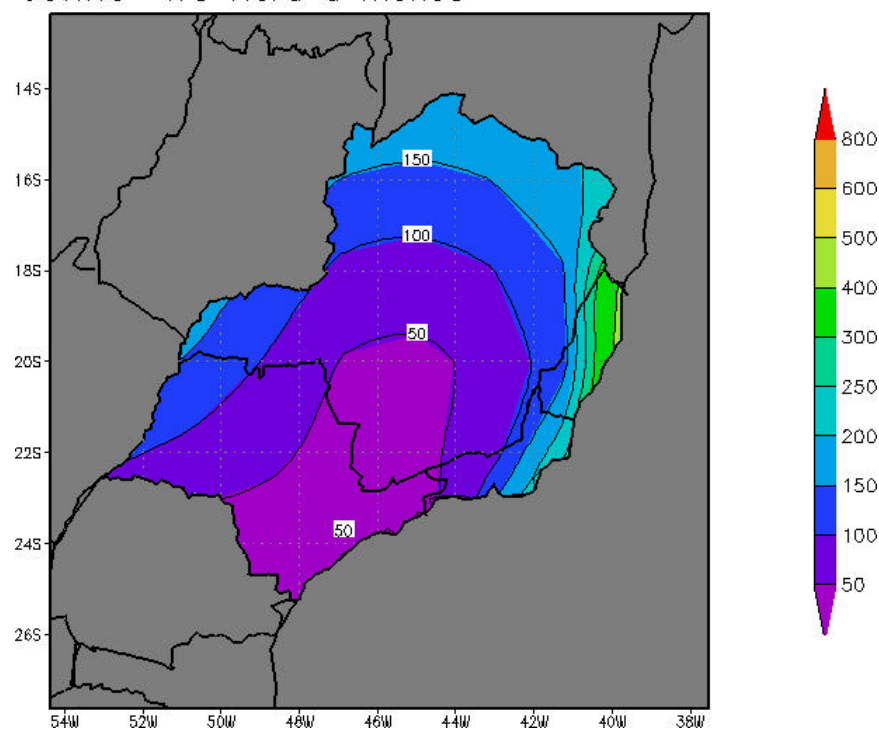
Mapa 4.9

MAIO ITU*Hora a menos



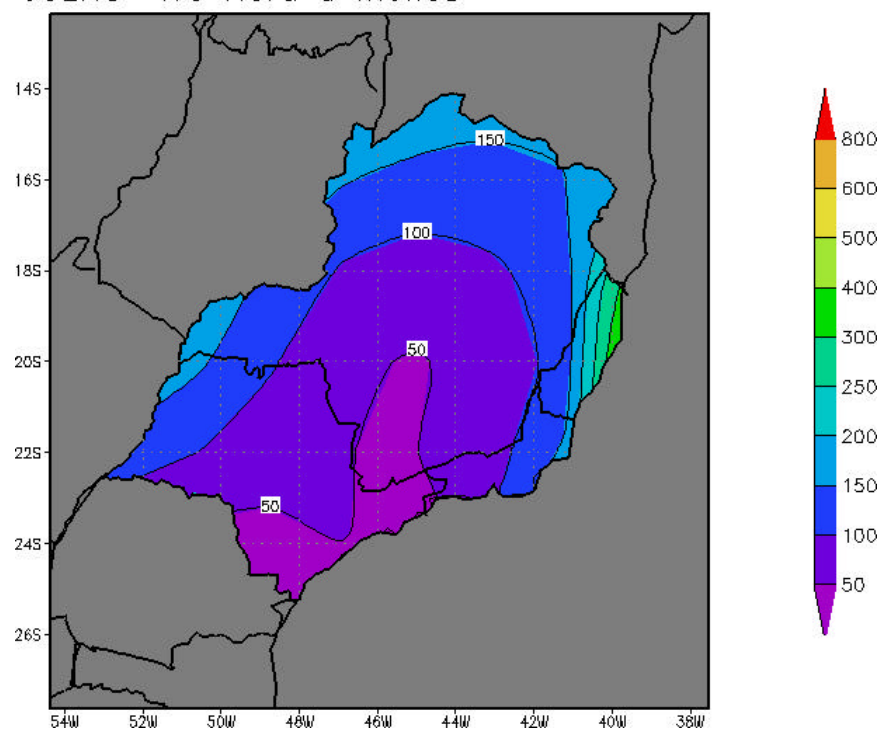
Mapa 4.10

JUNHO ITU*Hora a menos



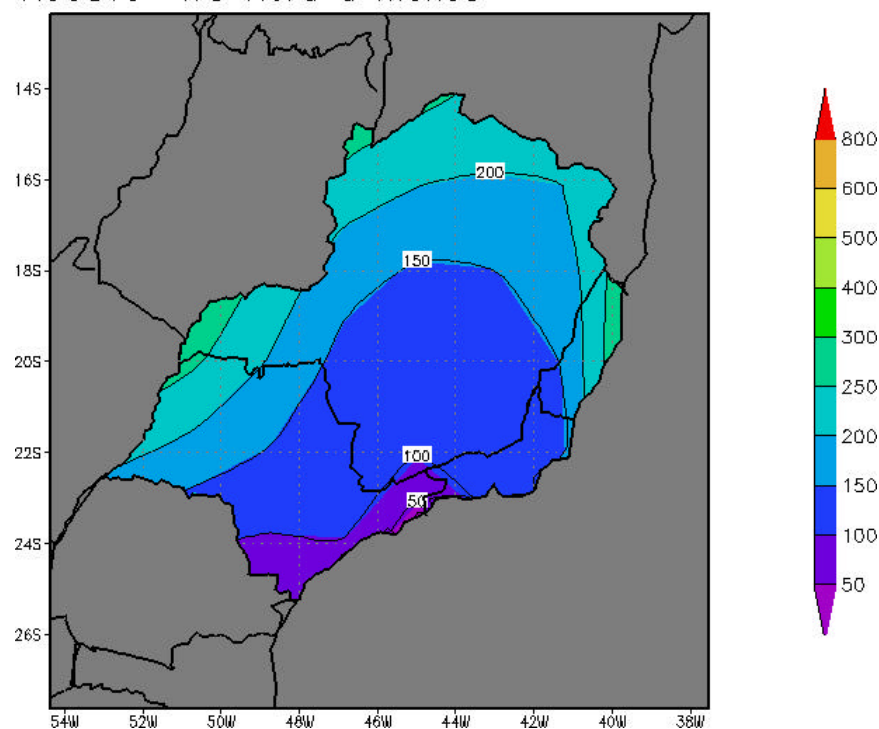
Mapa 4.11

JULHO ITU*Hora a menos



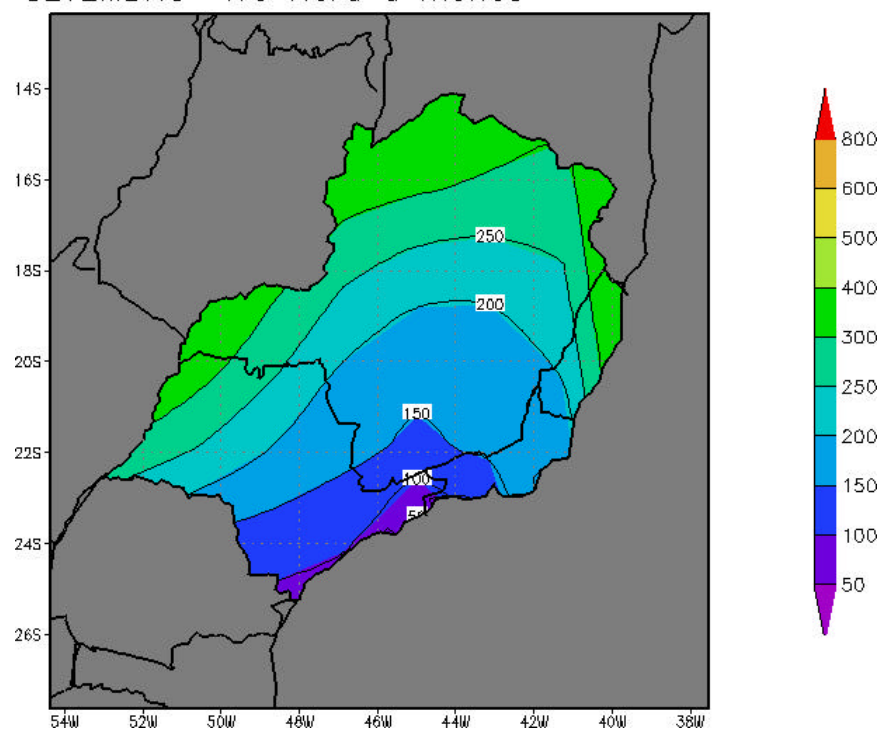
Mapa 4.12

AGOSTO ITU*Hora a menos



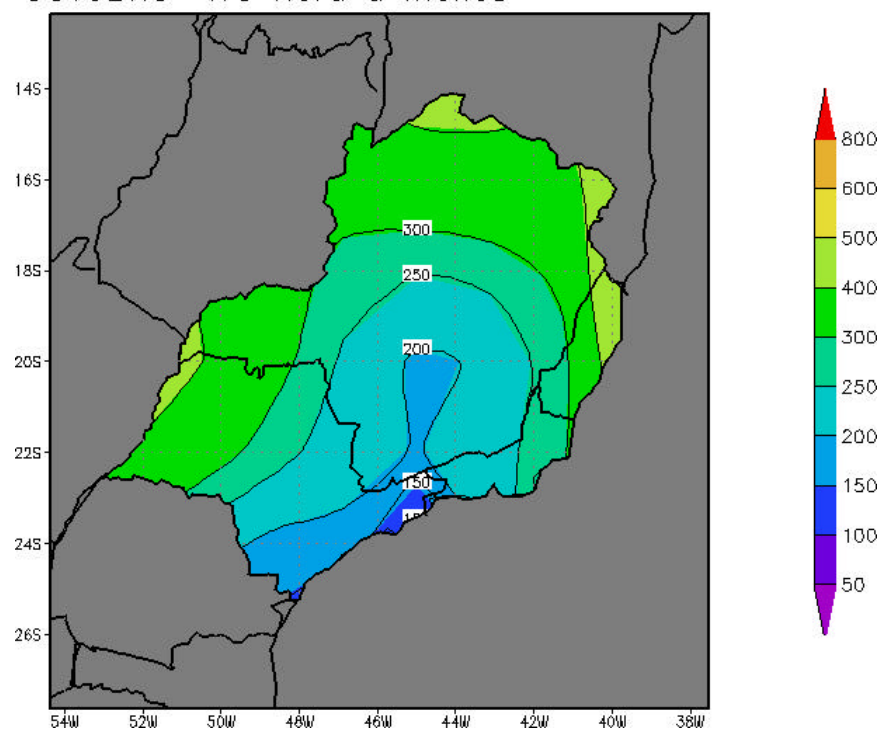
Mapa 4.13

SETEMBRO ITU*Hora a menos



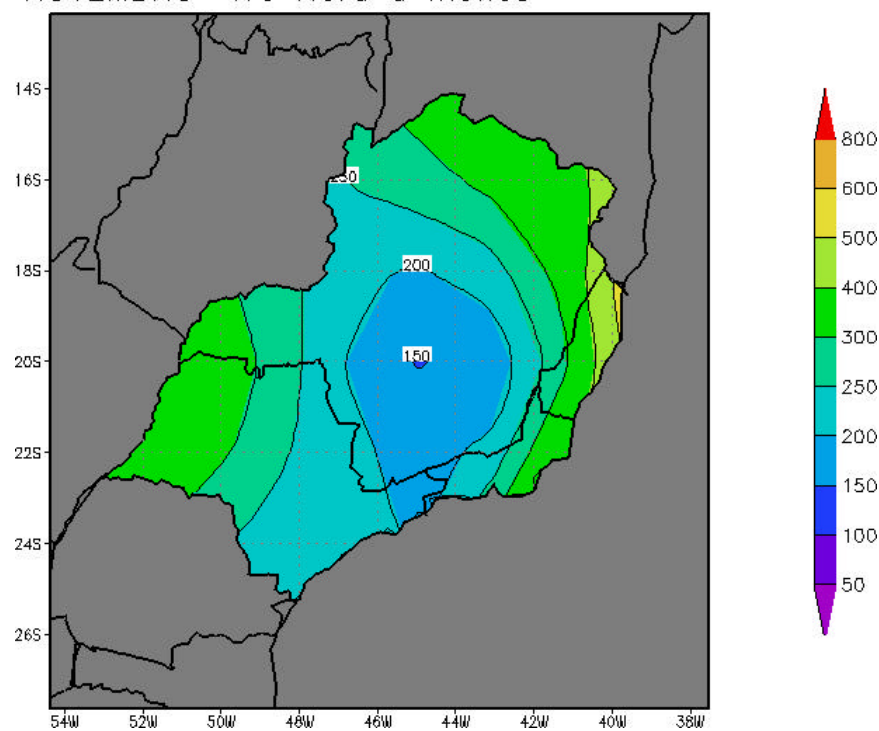
Mapa 4.14

OUTUBRO ITU*Hora a menos



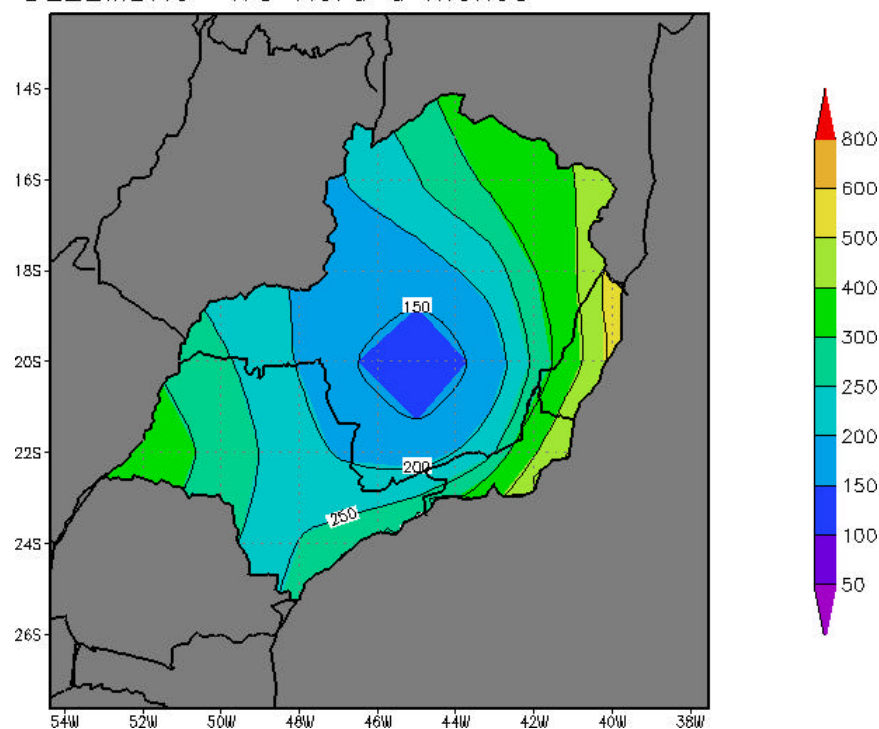
Mapa 4.15

NOVEMBRO ITU*Hora a menos



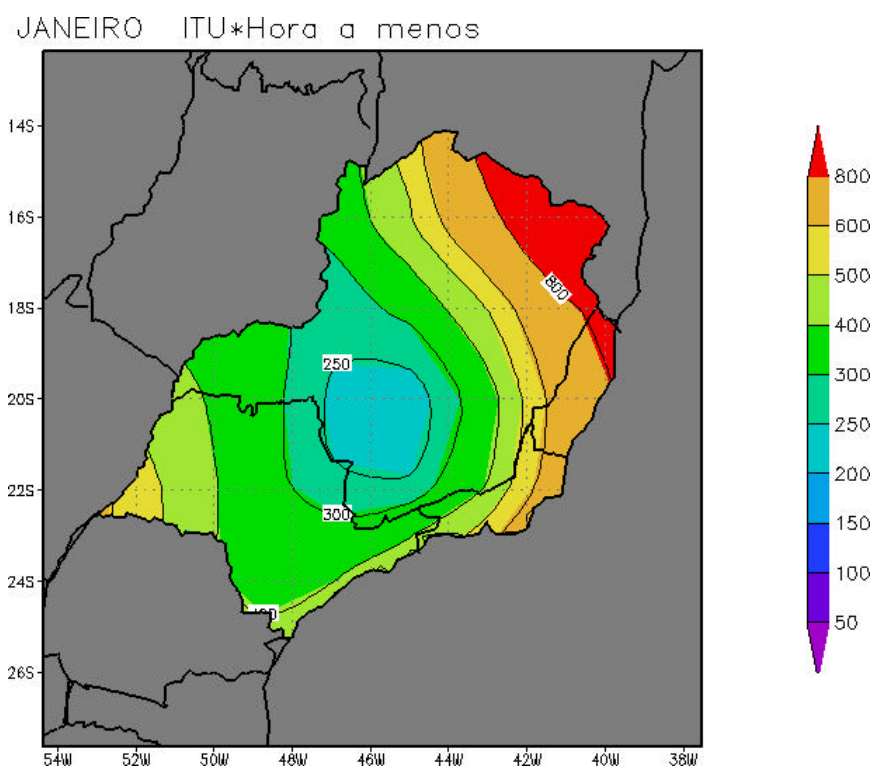
Mapa 4.16

DEZEMBRO ITU*Hora a menos



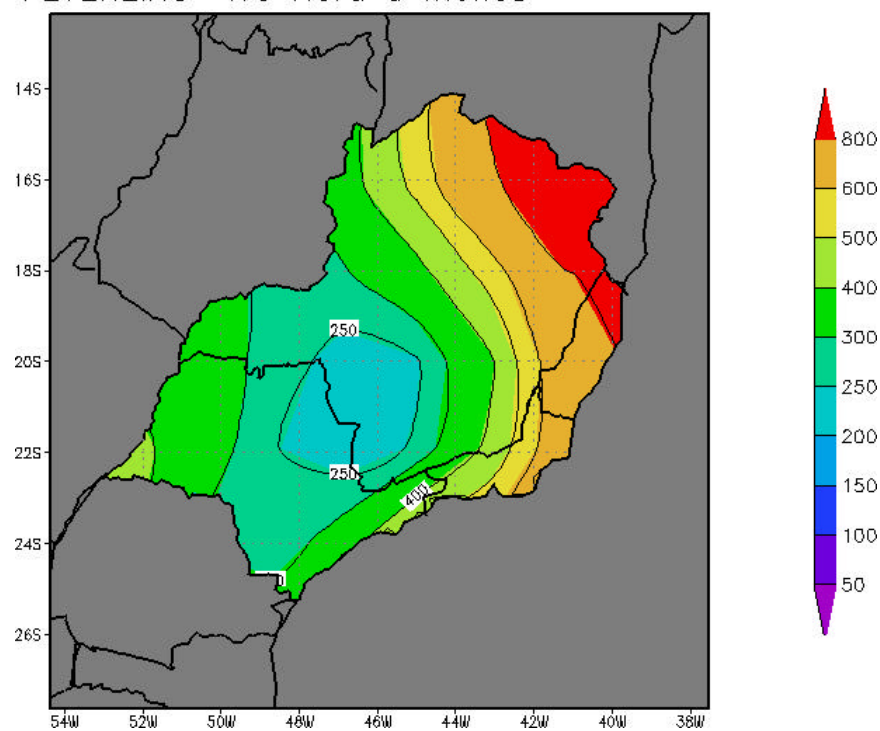
Mapa 4.17

Nos Mapas de 4.18 a 4.29 estão apresentadas as isolinhas da média do produto de ITU a menos pelo número de horas (dos anos de 1979 até 2000) no interior de uma instalação com sistema de resfriamento adiabático evaporativo constituído de painéis evaporativos em argila expandida com eficiência de 53% em relação a uma instalação sem resfriamento. Estes resultados referem-se a um galpão com 21.000 (vinte um mil) frangos de corte com massa de 1,89 kg cada, alojados e vazão mássica de 82,4 kg de ar por segundo.



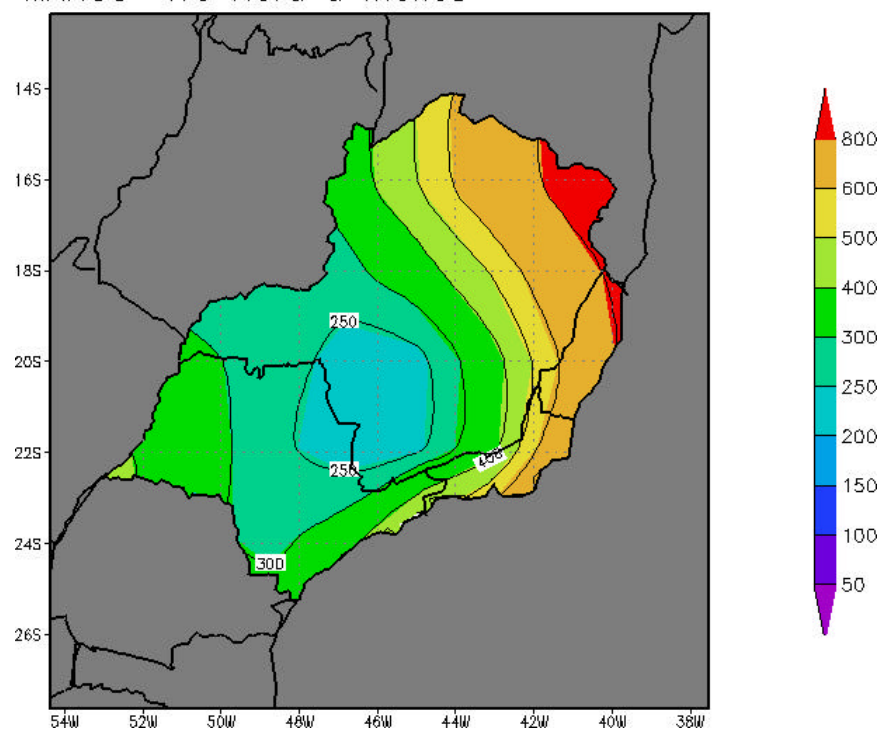
Mapa 4.18

FEVEREIRO ITU*Hora a menos



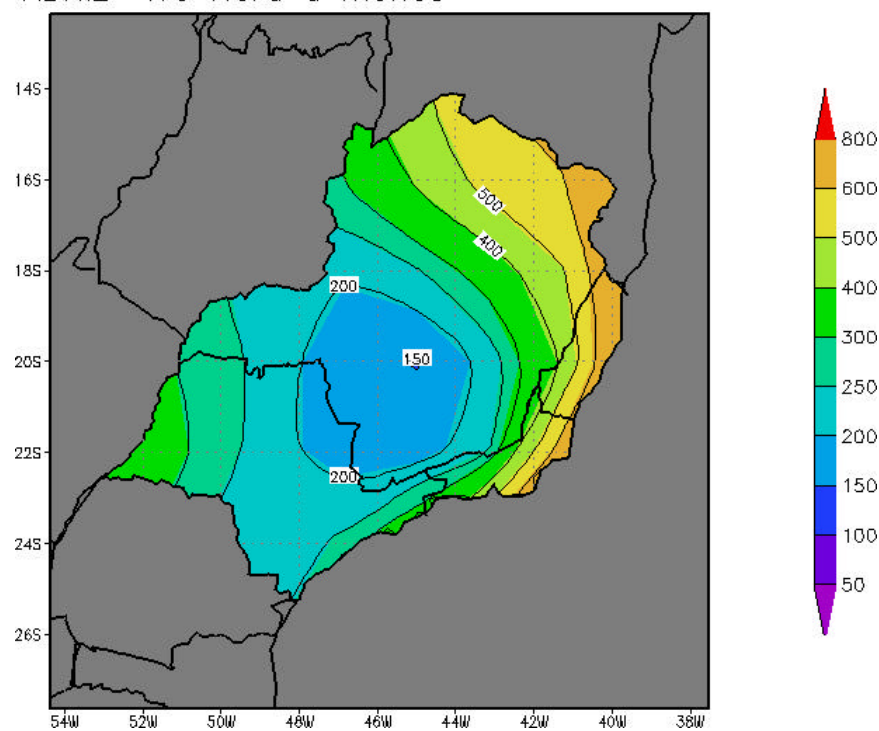
Mapa 4.19

MARCO ITU*Hora a menos



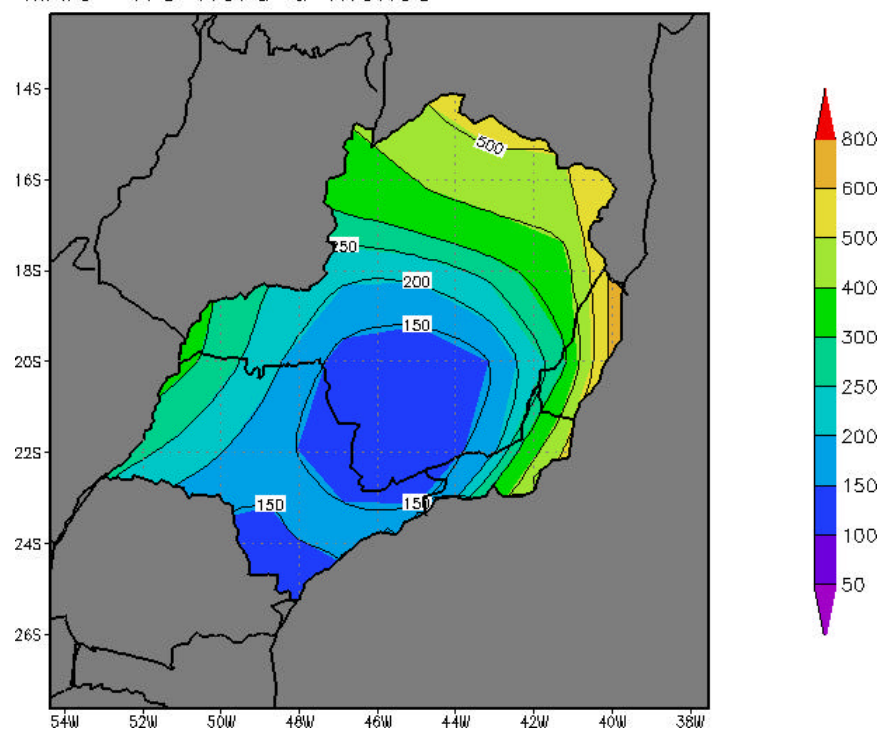
Mapa 4.20

ABRIL ITU*Hora a menos



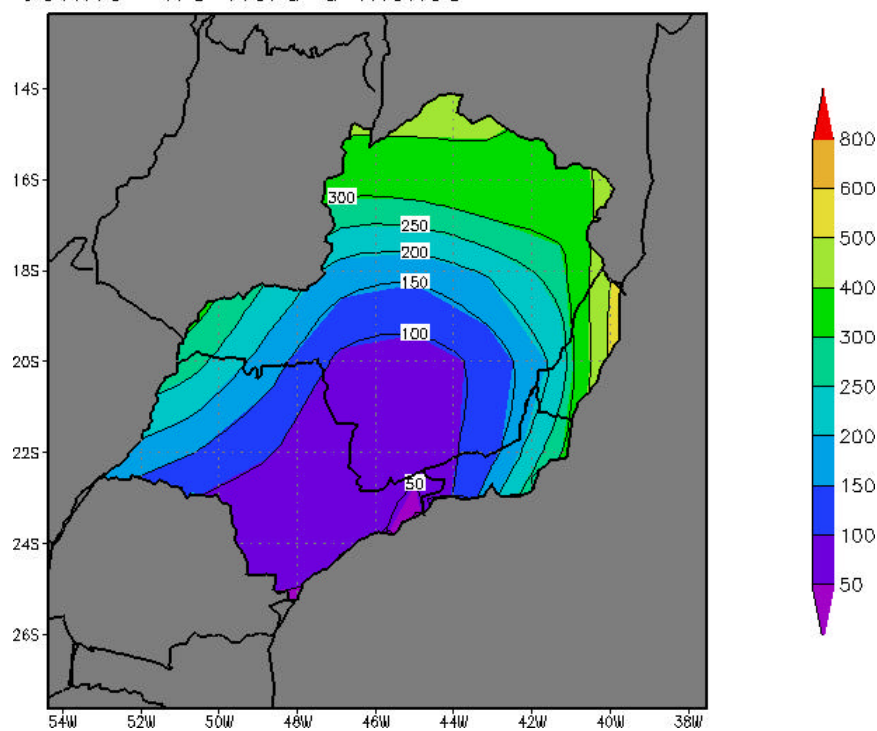
Mapa 4.21

MAIO ITU*Hora a menos



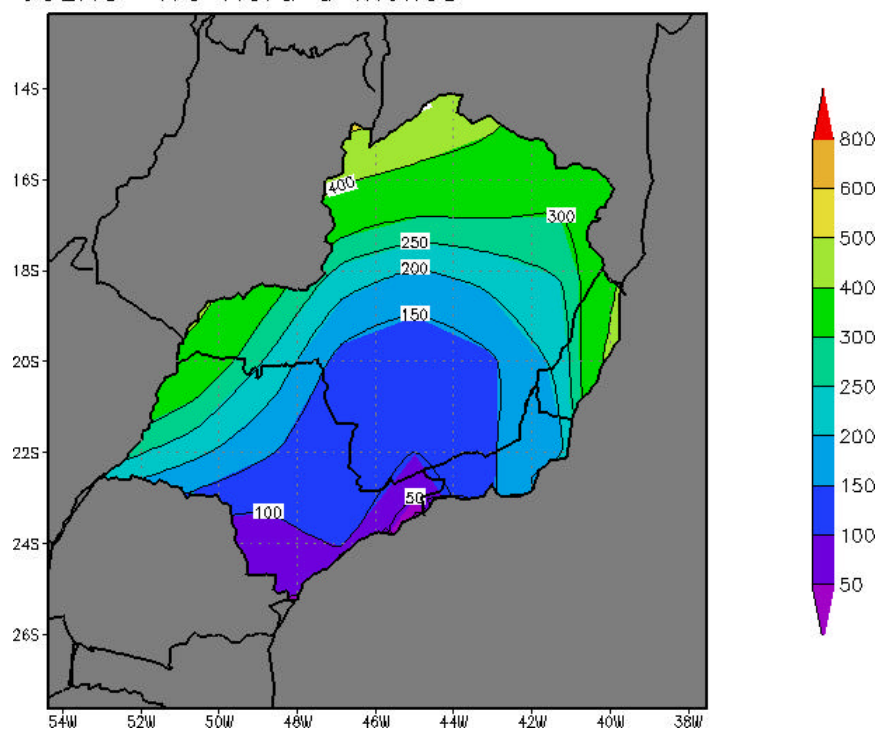
Mapa 4.22

JUNHO ITU*Hora a menos



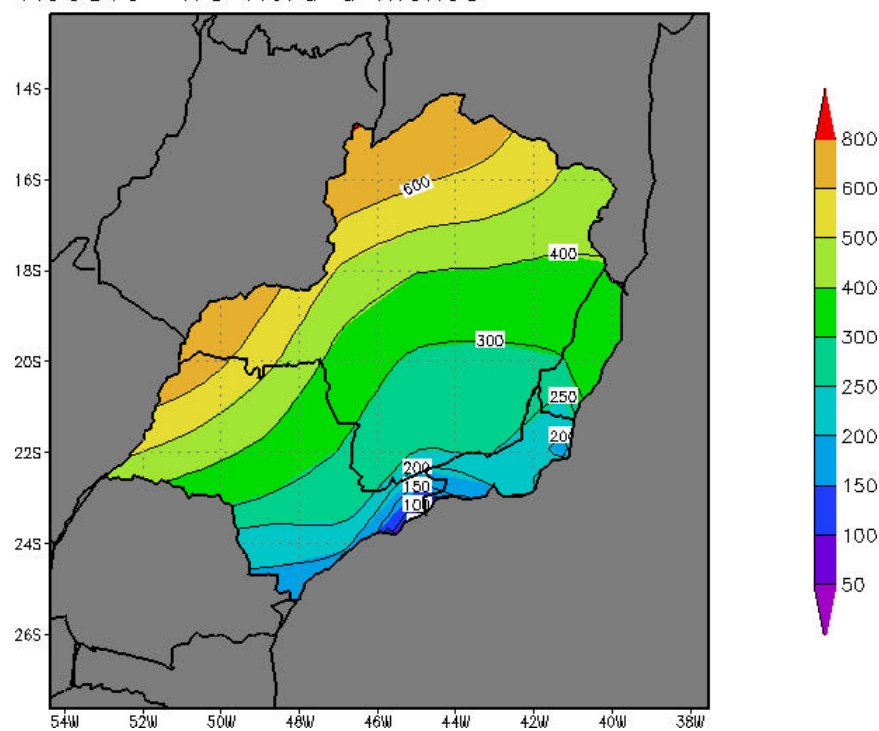
Mapa 4.23

JULHO ITU*Hora a menos



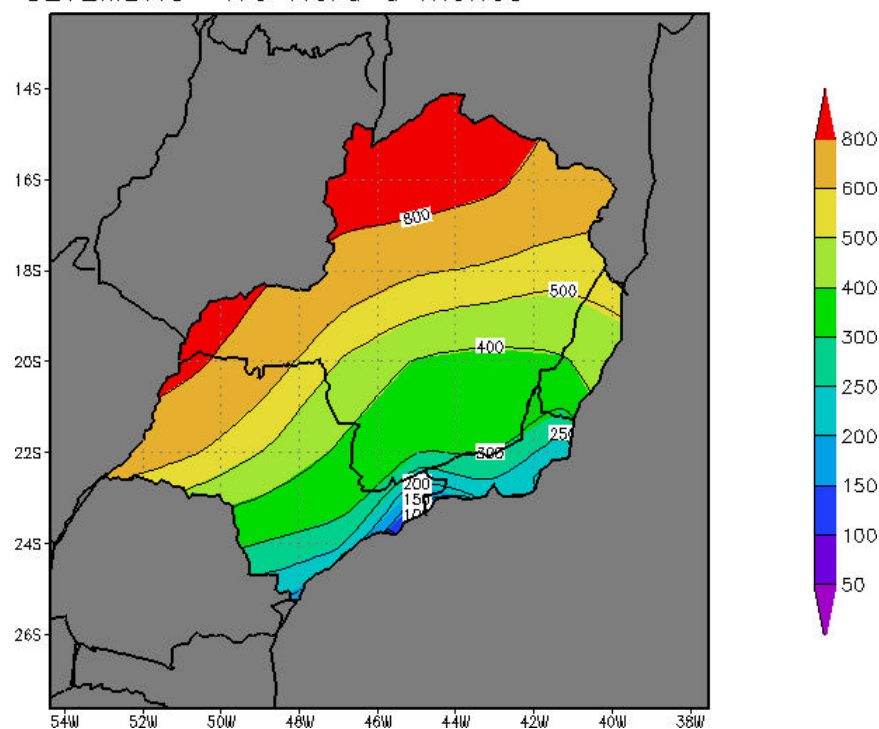
Mapa 4.24

AGOSTO ITU*Hora a menos



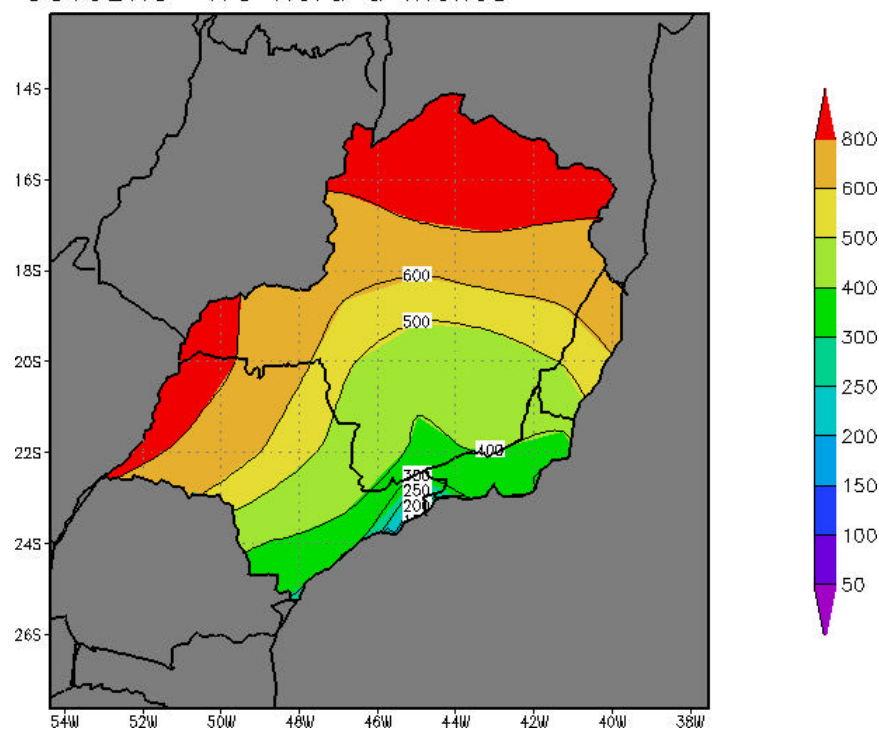
Mapa 4.25

SETEMBRO ITU*Hora a menos



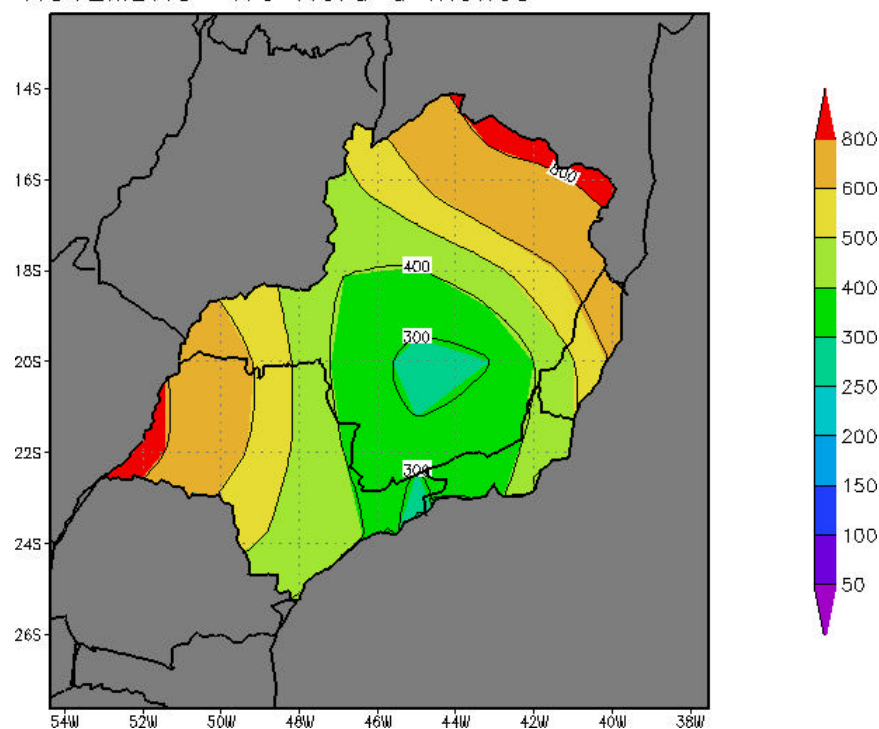
Mapa 4.26

OUTUBRO ITU*Hora a menos



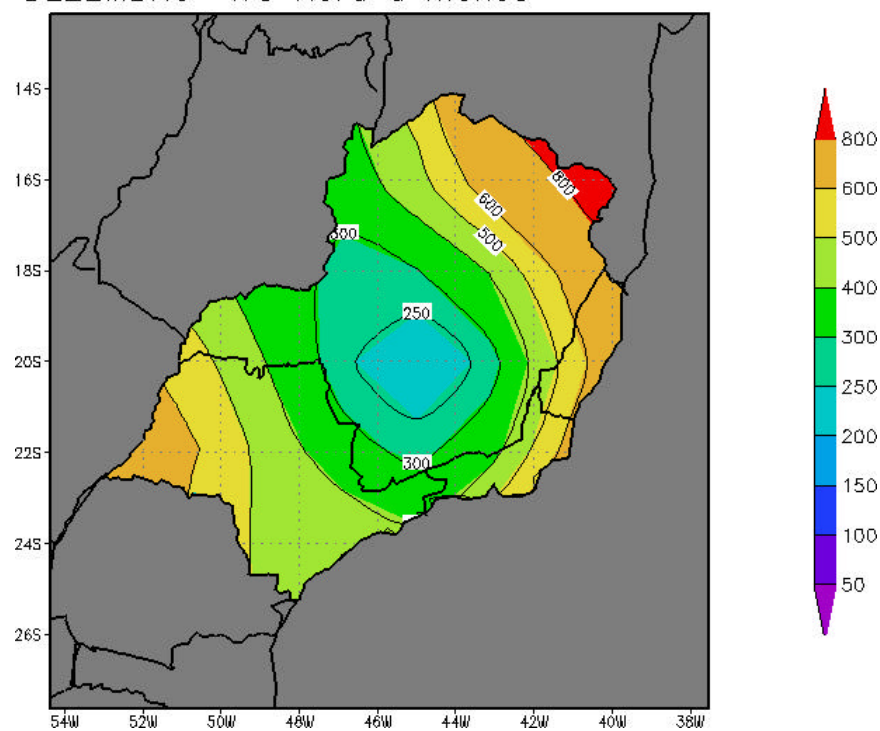
Mapa 4.27

NOVEMBRO ITU*Hora a menos



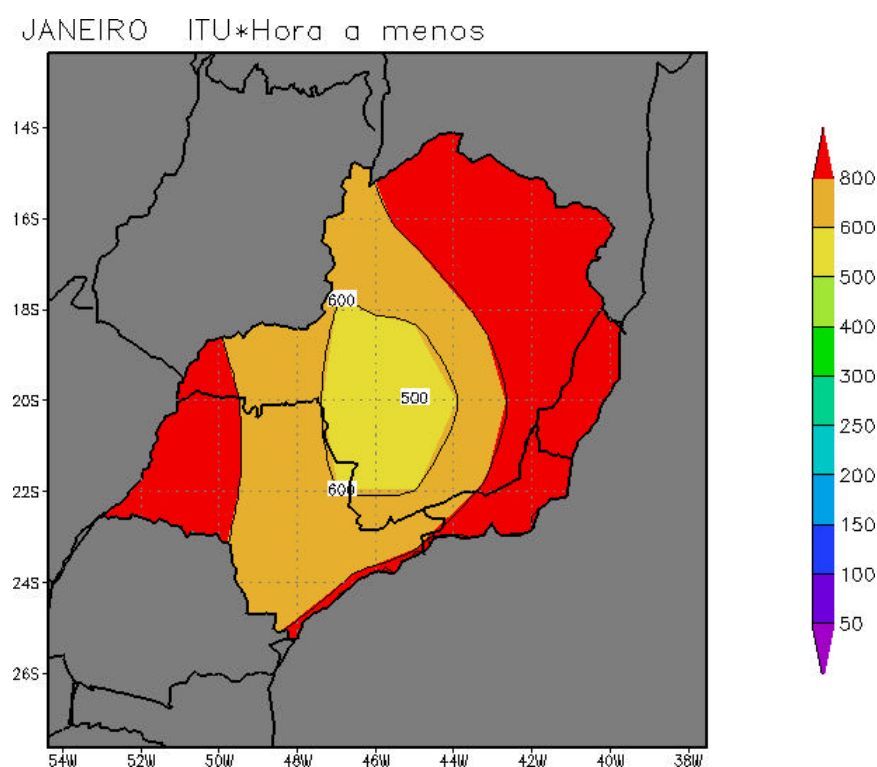
Mapa 4.28

DEZEMBRO ITU*Hora a menos



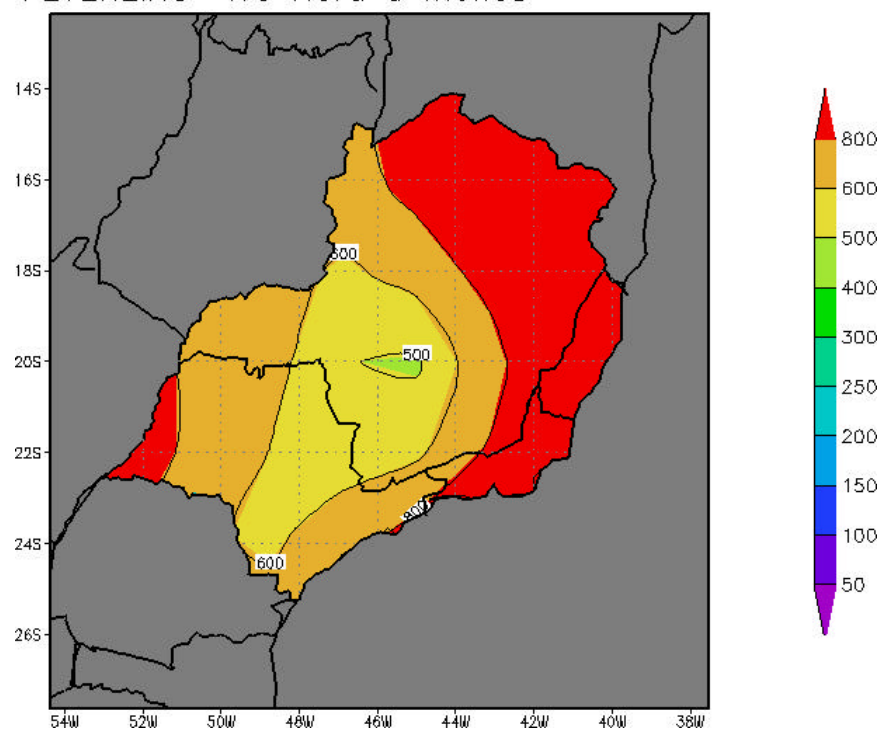
Mapa 4.29

Nos Mapas de 4.30 a 4.41 estão apresentadas as isolinhas da média do produto de ITU a menos pelo número de horas (dos anos de 1979 até 2000) no interior de uma instalação com sistema de resfriamento adiabático evaporativo constituído de painéis evaporativos de celulose com eficiência de 68% em relação a uma instalação sem resfriamento. Estes resultados referem-se a um galpão com 21.000 (vinte um mil) frangos de corte com massa de 1,89 kg cada, alojados e vazão mássica de 120,8 kg de ar por segundo.



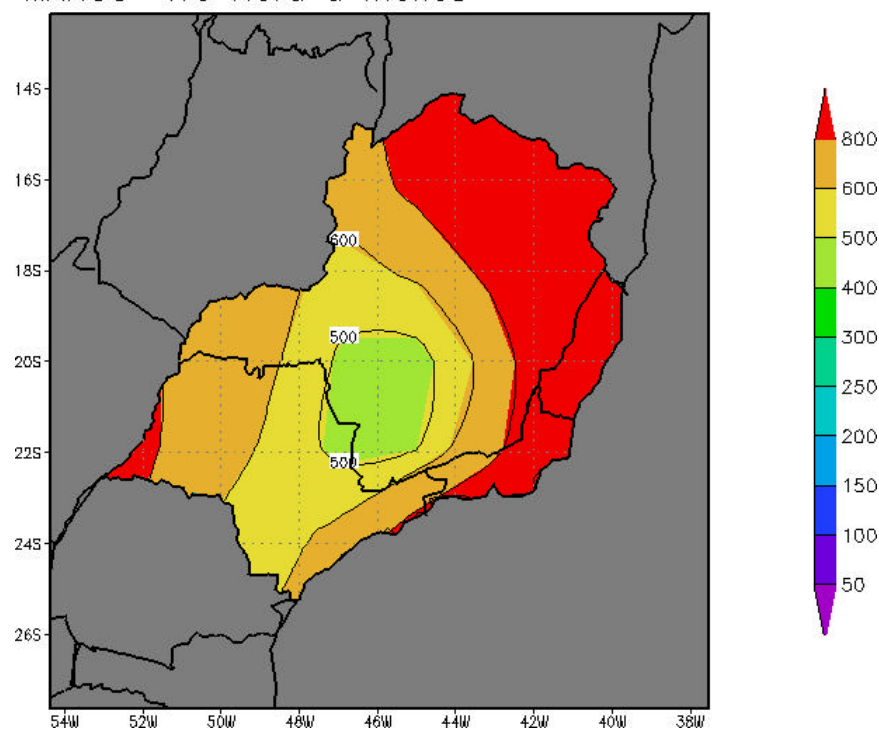
Mapa 4.30

FEVEREIRO ITU*Hora a menos



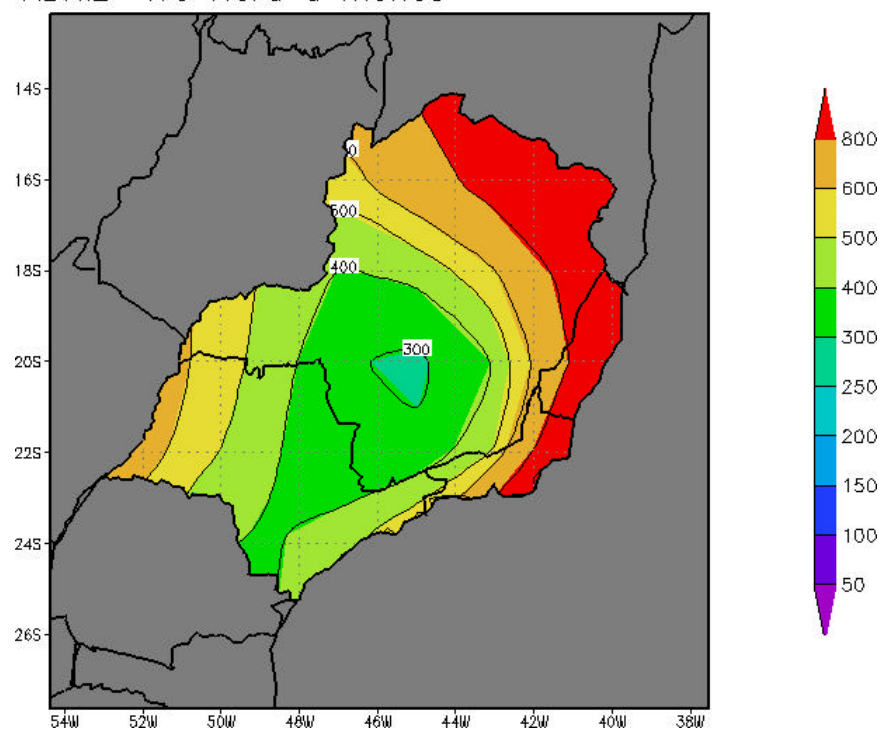
Mapa 4.31

MARCO ITU*Hora a menos



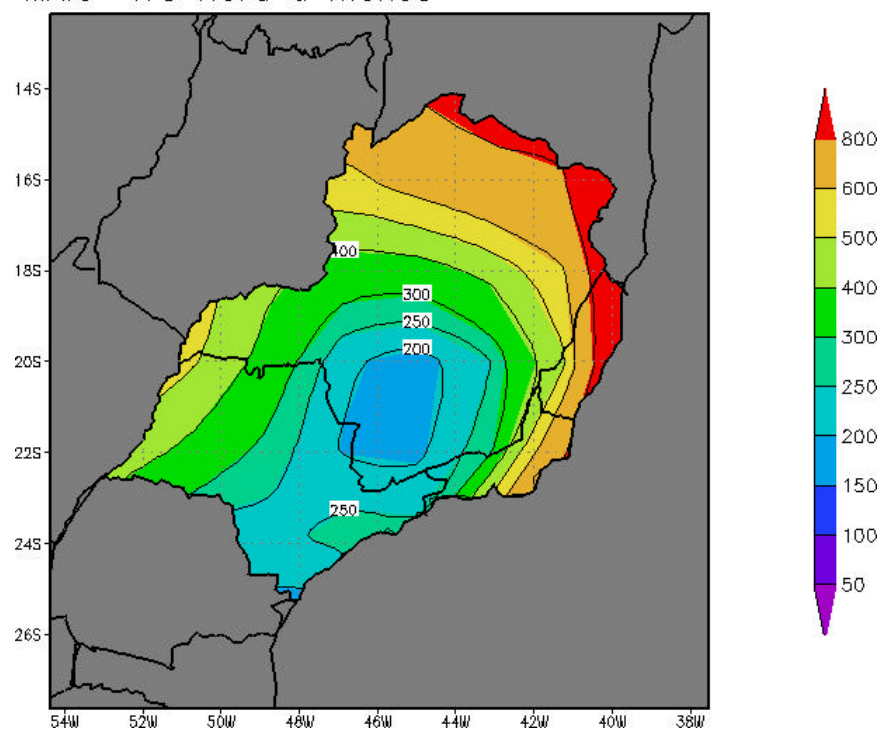
Mapa 4.32

ABRIL ITU*Hora a menos



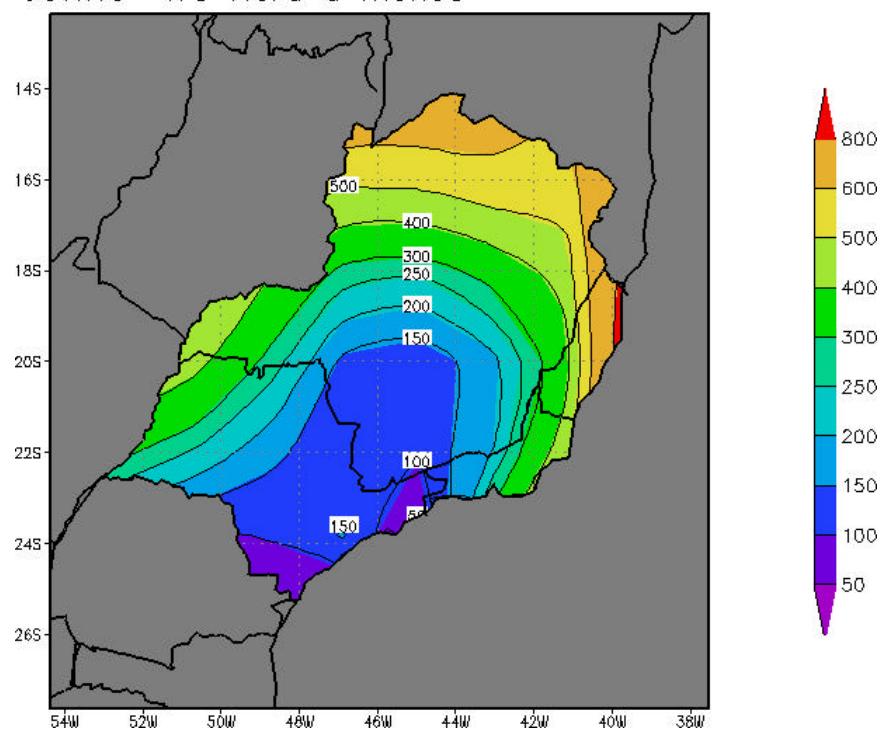
Mapa 4.33

MAIO ITU*Hora a menos



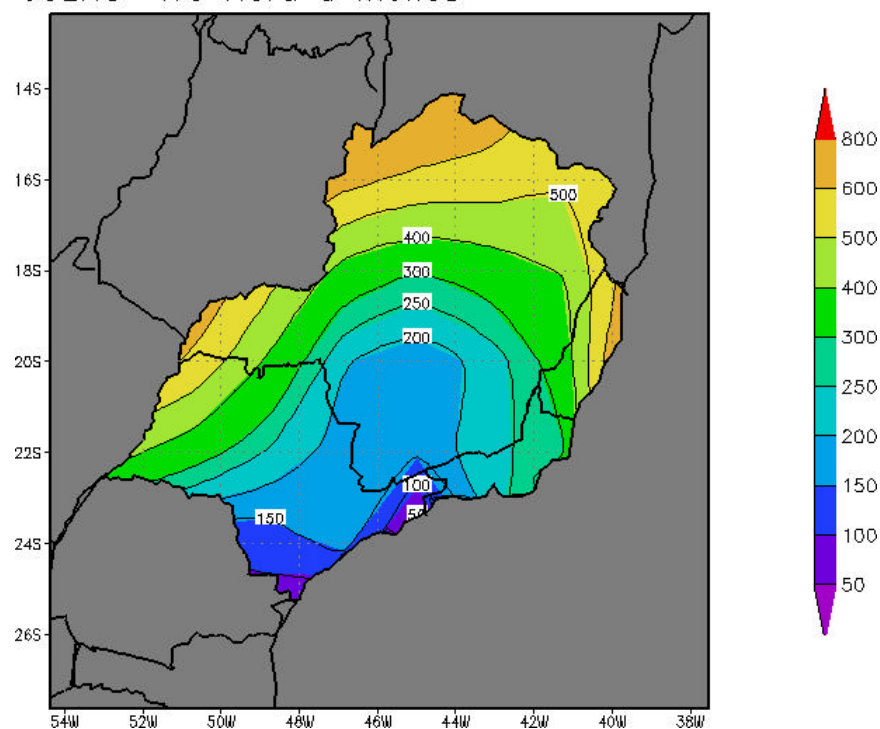
Mapa 4.34

JUNHO ITU*Hora a menos



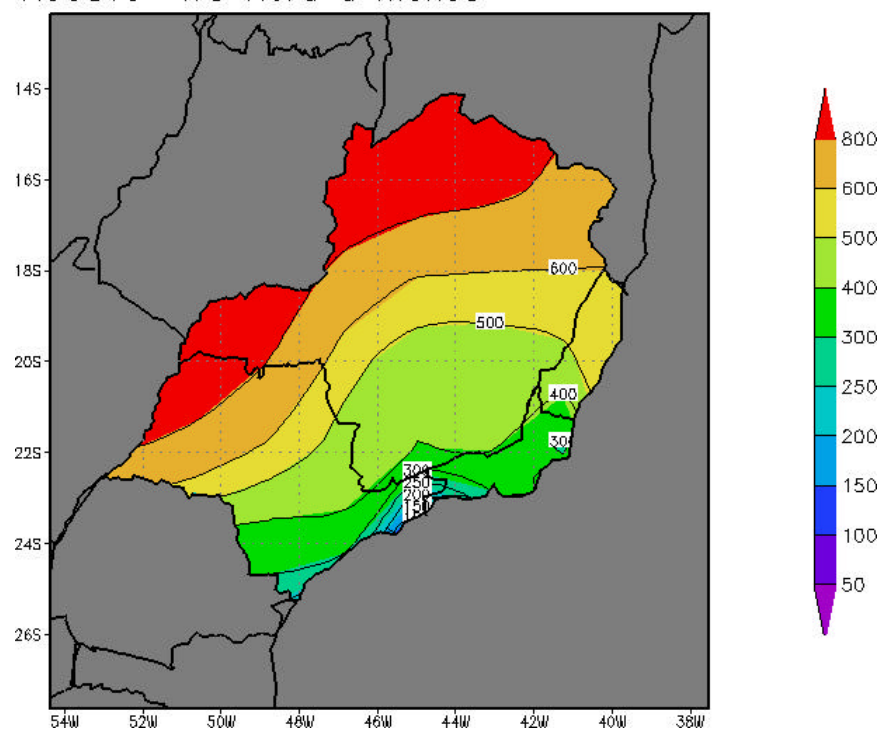
Mapa 4.35

JULHO ITU*Hora a menos



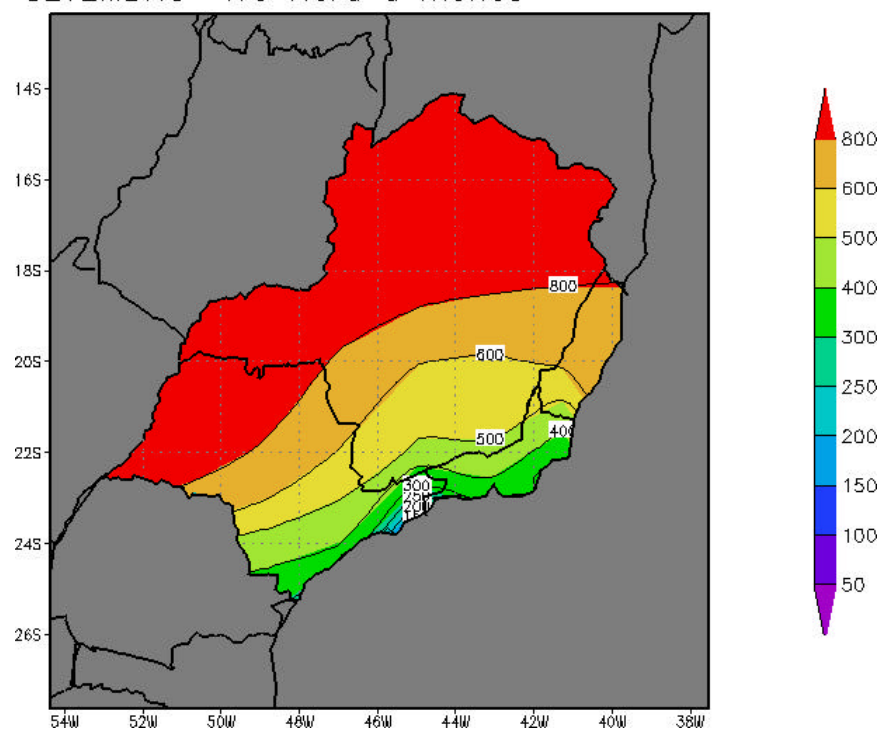
Mapa 4.36

AGOSTO ITU*Hora a menos



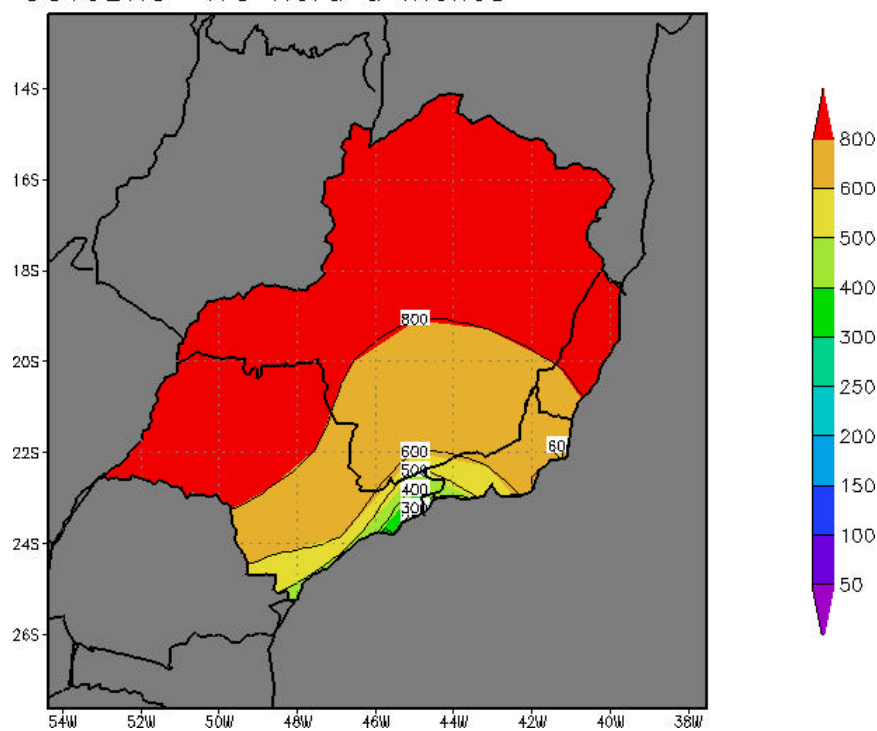
Mapa 4.37

SETEMBRO ITU*Hora a menos



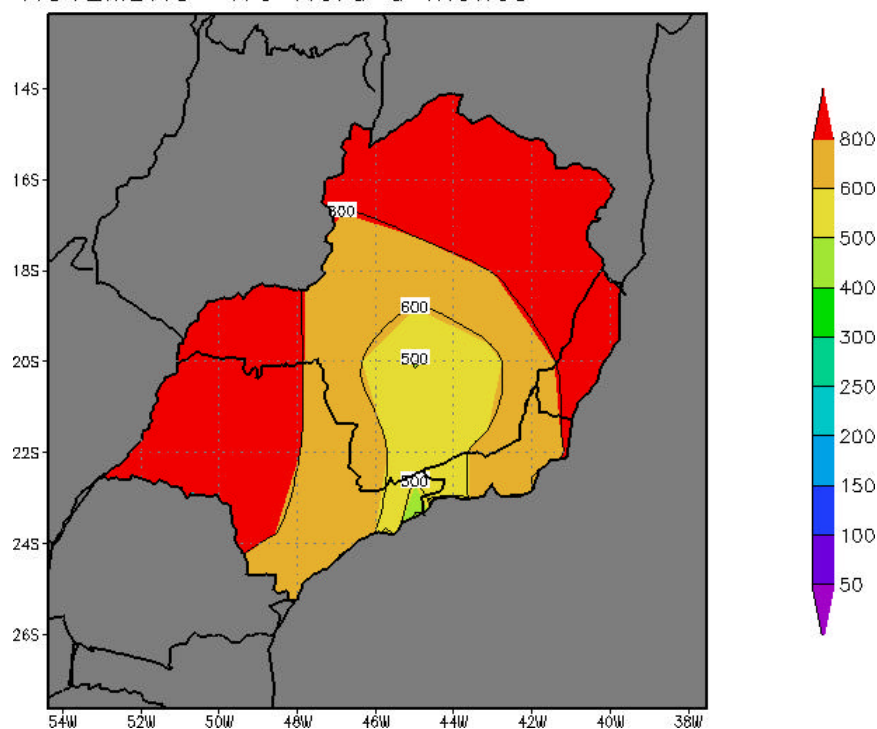
Mapa 4.38

OUTUBRO ITU*Hora a menos



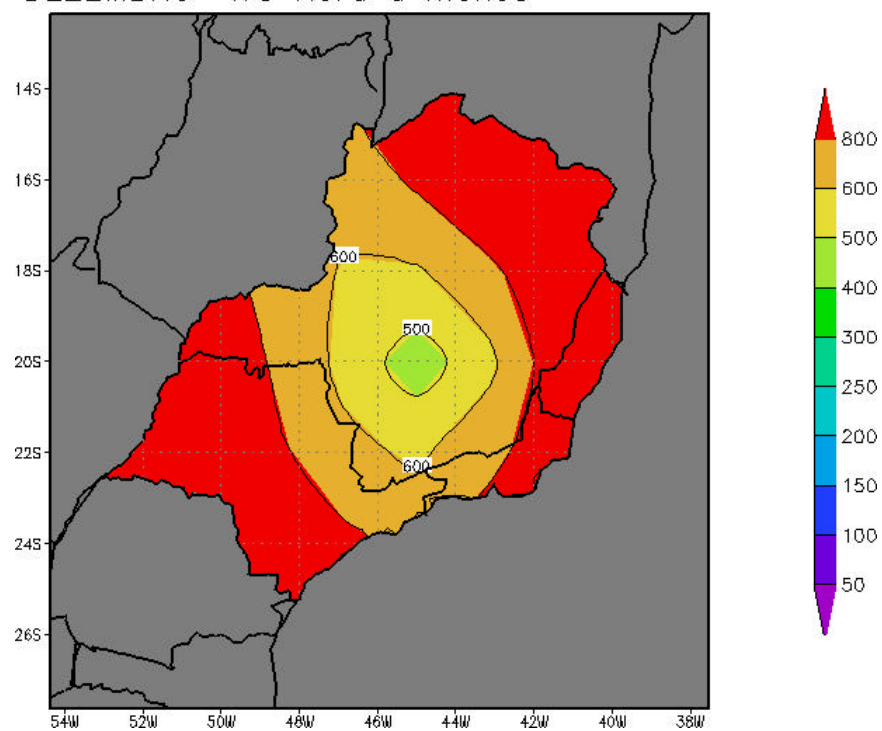
Mapa 4.39

NOVEMBRO ITU*Hora a menos



Mapa 4.40

DEZEMBRO ITU*Hora a menos



Mapa 4.41

5 - CONCLUSÕES

Do estudo realizado podemos tirar as seguintes inferências conclusivas:

- 1) O modelo se mostra adequado para o objetivo proposto na forma proposta por GATES et al. (1995) para galpões com vazão mássica do ar elevada, 120.8 kg de ar por segundo ou maior.
- 2) É necessário um fator de correção referente a uma série de fontes de calor desprezada pelo modelo para galpões sem uma grande vazão mássica, ou a inclusão destas fontes.
- 3) A umidade relativa elevada na região Sudeste é um fator limitante ao uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo.
- 4) O mês de maior benefício empregando o sistema de resfriamento adiabático evaporativo é janeiro.
- 5) Na região Sudeste a área de menor benefício é a parte central.

- 6) A área que compreende a parte costeira no Rio de Janeiro e no Espírito Santo e a parte da região Sudeste fronteira com a Bahia é a de maior benefício dentro da região Sudeste.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO 2002 DA AVICULTURA INDUSTRIAL *Exportar ou morrer*, DEZ'01/JAN'02, ano 93, nr.1096 p. 50-53, 2002

ABREU, V. M. N. & ABREU, P. G. *Qualidade de carcaça e o manejo na produção – Informe Embrapa*. Avicultura Industrial, nr. 5, ed. 1101, 2002.

ALBRIGHT, L.D. *Environment control for animals and plants* St. Joseph, ASAE, 1990, 453p.

ASHRAE *SYSTEM and Equipment Handbook (SI)* ASHRAE, 1996.

AVES E OVOS, *Mercado Mundial de Frango e Ovos*. 10/06/2002. http://www.aveseevos.com.br/m_mundial.html

BAÊTA, F.C. *Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season*. Tese de Ph.D., University of Missouri. 218p. 1985

BAÊTA, F. C., SOUZA, C. F. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 246p.

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, SP; FACTA, 1995. p.67-75.

BOTTCHER, R. W., BAUGHMAN, G. R., GATES, R. S., and TIMMONS, M. B. *Characterizing efficiency of misting systems for poultry* Transactions of the Asae, 34(2):586-590, 1991.

BOTTCHER, R. W., BRAKE, J., BAUGHMAN, G. R. and MAGURA, J. R. *Reducing heat stress in broilers – vertically directed mixing fans as alternative to tunnel ventilation*. World Poultry-Misset, v. 11, n 3, 1995, p. 24-31.

BROWN-BRANDL, T.M., Beck, M. M., Schulte, D. D., Parkhurst, A. and DESHAZER, J.A.. *Temperature, humidity and age effects on growing tom turkeys*. Journal of Thermal Biology, 22(1):43-52, 1997.

BROWN-BRANDL, T.M.; BECK, M.M. *Temperature-humidity effects on growing male turkeys*. Nebraska Poultry Report 1997/1998. University of Nebraska, Electronic version issued November 1998.

CHEPETE, H. J. & XIN, H. *Heat and moisture production of poultry and their housing systems – A literature review*. IN: Proc. Of Sixth International Livestock Environment Symposium, St. Joseph,MI,USA:ASAE, 2001.

COOPER, M. A. & WASHBURN, K. W. , *The Relationships Body Temperature to Weight Gain*, Poultry Science 77:237-242, 1998.

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

DA SILVA, C. E. *Comparação de painéis evaporativos de argila expandida e celulose para sistema de resfriamento adiabático evaporativo do ar em galpões avícolas com pressão negativa em modo túnel*. Viçosa, MG: UFV, Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa,2002

DESHAZER, J. A & BECK, M. M. *University of Nebraska Report for Northeast Regional Poultry Project NE-127*. Lincoln: Agricultural Research Division, Univ. of Nebraska.1988.

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

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

FONSECA, J. M. *Efeitos da Densidade de alojamento sobre o Desempenho de Frangos de Corte Criados em Sistema de Nebulização e Ventilação em Túnel* UFV, 57p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) Universidade Federal de Viçosa, 1998.

FREEMAN, B. M. *The Fowl and its Physical Environment* World's Poultry Science Journal, V. 25 p 99-111, 1968

HAHN, G. L. & OSBURN D. D. *Feasibility of Summer Environmental Control for Dairy Cattle Based on Expected Production Losses*, Transaction of American Society of Agricultural Engineers, v.12, p.448-450, 1969.

HAHN, L. & OSBURN, D. D. *Feasibility of evaporative cooling for dairy cattle based on expected production losses*. Transaction of American Society of Agricultural Engineers, v.13, n.3, p.289-291, 1970.

GATES, R.S., ZHANG, S.H., COLLIVER, D. G., OVERTHULTS, D.G., 1995. *Regional Variation in temperature humidity index for poultry housing*. Transactions of the Asae, Vol. 38 (1): 197-205, 1995.

GATES, R. S., OVERRHULTS, D.G. and ZHANG, S. H, *Minimum ventilation for modern broiler facilities*, Transactions of the Asae, Vol. 39(3): 1767-1770, 1996.

IMAEDA, N. *Influence of the Stocking Density and Rearing Season on Incidence of Sudden Death Syndrome in Broiler Chickens*, Poultry Science, v.79, p.201-204, 2000

INEMET *NORMAIS CLIMATOLÓGICAS* (1961-1990) Departamento Nacional de Meteorologia, Brasília, 1992.

McDOWELL, R. E. *Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales*. Zaragoza: Acribia, Zaragoza, 1974. 692p.

MEDEIROS, C. M. *Desenvolvimento e aplicação de modelo para simulação do desempenho de galinhas poedeiras e frangos de corte com o uso do resfriamento evaporativo*. Viçosa, MG: UFV, 1997. 88p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

PEDERSEN, S. & THOMSEN, M. G. *Heat and moisture production of broilers kept on straw bedding*. Journal of Agricultural Engineering Research 75:177-187, 2000.

PERDOMO, C. C. *Mecanismos de aclimação de frangos de corte como forma de reduzir a mortalidade no inverno e verão*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, SOBRE INSTALAÇÕES E AMBIÊNCIA, 1998, São Paulo. Anais..., São Paulo: FACTA, 1998. p.229-239.

PIASENTIN, J. A. *Conforto medido pelo índice de temperatura do globo e umidade na produção de frangos de corte para dois tipos de pisos em Viçosa, MG* Tese de Mestrado Viçosa : UFV, Impr. Univ., 1984 98p. :

REECE, F. N. & LOTT, B. D. *Heat and moisture production of broiler chickens*. In: LIVESTOCK ENVIRONMENT II, Ames: American Society of Agricultural Engineers, 1982, p.330-337.

SCHMID, A. L. *Refletindo sobre o calor*. Avicultura Industrial, v.88, n.1057,p.18-23, 1998.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA, *Desempenho do Setor Avícola*. 10/06/2002. <http://snagricultura.org.br/aves.htm>

SPIEGEL, M. R. *Estatística*, São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1977

TEIXEIRA, V. H. *Construções e ambiência*. Lavras, MG: ESAL/FAEPE, 1991. 127p.

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

TINÔCO, I. F. F. *Sistema de resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de cortes*, Viçosa, UFV, 1988. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.

TINÔCO, I.F.F., RESENDE, P.L. *Produção de frango de corte em alta densidade*, Viçosa: Manual CPT-Centro de Produções Técnicas, 1997. 20p.

TINÔCO, I.F.F. *Ambiência na Produção de Matrizes Avícolas – AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE AVES EM CLIMA TROPICAL – v. 2*, FUNED, Piracicaba-SP, p.1-43, 2001a.

TINÔCO, I.F.F. *Notas de aula da disciplina ENG 652 Instalações e Ambiência para a Produção Animal*, 2001b.

VO, K. V, M. A. Boone, and W.e. Mulliken, *Exposure of broiler to continuous high temperature stress* Pout. Res. Series No. 36, Clemson University, Clemson, SC. (apud COOPER & WASHBURN, 1998), 1977

XIN, H., CHEPETE, H. J., E Sell J. L. *Heat and moisture production and minimum ventilation requirements of Tom turkeys during brooding-growing period*. Transactions of the ASAE 35(1):2249-2254, 1998.

XIN, H., BERRY, I. L., TABLER, G. T, COSTELLO, T. A. *Heat and moisture production of broiler chickens in commercial housing*. IN: Proc. Of Sixth International Livestock Environment Symposium, St. Joseph, MI, USA:ASAE, 2001.

ZHANG, H. & GATES, R.S. *Psychrometric computing and source code generators*, <http://www.bae.uky.edu/gates/psych/psych.htm>, 1995.

ZHANG, H., GATES, R.S. e COLLIVER, D.G. *Turing Machine approach to solve psychrometric attributes*. Transactions of the ASAE, 40(3):823-831, 1997.

ZOLNIER, S.; BAÊTA, F.C.; PEREIRA, A.A. *Metodologia alternativa para avaliação do potencial de utilização do sistema de resfriamento evaporativo na produção de leite*. Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa-MG, v.5 n.15, p.1-15,1996.