

UM ESTUDO DE CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO PARA O MATO GROSSO DO SUL

Amaury de Souza¹, Hamilton Germano Pavão², Giancarlo Lastoria³, Sandra Garcia Gabas⁴, Guilherme Henrique Cavazzana⁵ e Antonio Conceição Paranhos Filho⁶

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar as condições de clima do Mato Grosso do Sul, por meio do índice de temperatura e umidade (ITU), e apresentar o zoneamento bioclimático relacionado ao conforto térmico. Os valores de ITU foram estimados a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar para o período de 1979 a 2008. Quatro intervalos de ITU foram usados para classificar o desempenho humano (ITU<74: conforto; 74≤ITU<79: quente; 79≤ITU<84: muito quente, e ITU>84: extremamente quente), e dois intervalos para classificar a produção animal (79≤ITU<84: perigoso e ITU>84: emergência). Conclui-se que o clima predominante revela uma alternância de duas estações ao longo do ano, verão quente e úmido e inverno seco, com temperaturas mais amenas. Os resultados mostraram maior risco de desconforto térmico no período de outubro a abril, comparado ao período entre maio e setembro. O período mais crítico ocorreu entre dezembro e março, apesar de se ter observado que para valores de ITU entre 77,9 e 83,9, humanos e animais, podem sofrer algum grau de estresse térmico durante as horas mais quentes do dia, afetando ambos negativamente.

Palavras-chave: Ambiente térmico. Zoneamento bioclimático. Temperatura. Umidade relativa.

1 Introdução

Quando se pretende discutir o conforto térmico urbano, estamos nos referindo ao clima urbano que, segundo Monteiro (1976, p.10), se define como “[...] um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. É um mesoclima que está incluído no macroclima e que sofre, na proximidade do solo, influências microclimáticas derivadas dos espaços urbanos”.

Segundo Fanger (1970), o conforto térmico é uma condição da mente que expressa a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico. Nesse sentido, o conforto térmico pode ser analisado como sendo as trocas térmicas que dependem de vários fatores, sejam eles ambientais e/ou pessoais, comandados por processos físicos.

O clima é um dos principais fatores que afetam a produção animal, sendo

estratégico o seu conhecimento para o projeto de instalações e de sistemas de arrefecimento e para o manejo dos animais. Assim, para que os animais possam exprimir todo o seu potencial produtivo, torna-se necessário considerar a interação entre genética, nutrição, sanidade e ambiente térmico. O ambiente térmico, geralmente, engloba os efeitos da radiação solar, temperatura (t_{ar}), umidade relativa (UR) e velocidade do vento (v) (FALCO, 1997; BAETA; SOUZA, 1997), sendo a combinação t_{ar} - UR a principal condicionante para conforto térmico.

Entretanto, enquanto a ambiência animal tem recebido grande atenção por parte dos pesquisadores, poucos estudos têm sido conduzidos com relação à ambiência do trabalhador rural. Embora se saiba que altos valores de t_{ar} e UR resultam em desconforto térmico, geralmente prejudicial para os seres humanos, muito

¹ E-mail: amaury@nin.ufms.br

² E-mail: pavão@nin.ufms.br

³ E-mail: lastoria@nin.ufms.br

⁴ E-mail: sandragabas@nin.ufms.br

⁵ E-mail: gui_cavazzana@yahoo.com.br

⁶ E-mail: toniparanhos@gmail.com

pouco tem sido feito para amenizá-lo, trazendo, conseqüentemente, prejuízo à saúde dos trabalhadores rurais. É válido destacar que o rendimento e o risco de acidentes dos trabalhadores estão mais relacionados ao desconforto térmico. Na tentativa de estabelecer critérios para a classificação dos ambientes, foram desenvolvidos diversos índices de conforto térmico que visam a englobar, em um único parâmetro, o efeito conjunto dos elementos meteorológicos e do ambiente construído sobre o indivíduo estudado, homem ou animal. Exemplos de índices térmicos desenvolvidos, para animais, são, índice de temperatura e umidade - ITU (THOM, 1959), índice de temperatura do globo negro e umidade - ITGU (BUFFINGTON et al., 1981), índice de desconforto térmico - IDT (YANAGI JÚNIOR et al., 2001), índice de temperatura, umidade e velocidade do ar - ITUV (TAO; XIN, 2003). Para humanos, pode-se citar o índice de estresse térmico - SW (BELDING; HATCH, 1955), o índice de bulbo úmido e temperatura do globo - IBUTG (YAGLOU; MINARD, 1957, THOM, 1959).

Apesar de existirem índices de conforto térmico mais completos que o ITU, esse tem sido muito utilizado, por envolver apenas informações meteorológicas normalmente disponíveis em estações meteorológicas e em bancos de dados obtidos a partir de imagens de satélite. Assim, para o projeto e manejo de instalações para produção animal e verificação das condições de conforto térmico animal e do trabalhador rural, pode-se utilizar informações advindas de bancos de dados, principalmente meteorológicos. Esses bancos de dados podem ser trabalhados por meio da tecnologia de sistema de informações geográficas (SIG), possibilitando a geração de mapas temáticos, como, por exemplo, o zoneamento bioclimático de uma determinada região, importante para a tomada de decisão com relação à ambiência humana.

Nesse contexto, insere-se a bioclimatologia, ciência que estuda as relações entre os seres vivos e o clima, sendo necessárias, portanto, informações precisas sobre o clima e os seres vivos, abrangendo o conhecimento dos elementos meteorológicos, das respostas fisiológicas e comportamentais dos seres, visando sempre a garantia do bem-estar humano ou animal. Dentre as informações climáticas mais importantes para a caracterização do

ambiente, pode-se destacar o conhecimento da temperatura de bulbo seco (t_{bs}), umidade relativa (UR), velocidade (v) do ar, radiação solar e precipitação.

Condições climáticas inadequadas causam redução no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais. Especialmente em regiões tropicais e subtropicais, um dos desafios a ser considerado para o sucesso da produção é a redução dos efeitos climáticos, sendo que, para isso, torna-se necessário caracterizar o ambiente térmico.

A modelagem matemática é uma ferramenta importante nos estudos bioclimatológicos.

Simulações computacionais, feitas a partir de modelos previamente validados, permitem o estudo de diversos cenários (envolvendo variáveis relacionadas ao homem, ao animal, ao clima, a instalação, ao manejo, etc.) sobre a condição de conforto dos seres. Resultados dessas simulações podem envolver a determinação de índices de conforto ou desconforto térmico, respostas fisiológicas e produtivas dos seres vivos, dentre outras.

Convém frisar que diversos modelos matemáticos têm sido propostos para prever a transferência de calor e/ou massa entre o ser vivo e o ambiente circundante (GEBREMEDHIN; WU, 2000; YANAGI JUNIOR et al., 2001a; AERTS; BERCKMANS, 2004), para estudar a transferência de calor e/ou massa em instalações agrícolas (TURNPENNY et al., 2000; YANAGI JUNIOR, 2000; YANAGI JUNIOR et al., 2001b).

As contribuições obtidas por meio das modelagens matemáticas são importantes e estão em consonância com estudos realizados em outras áreas distintas do conhecimento, tais como, na agrometeorologia e meteorologia, na engenharia ambiental, dentre outras. Em adição, a modelagem matemática tem sido usada com sucesso em experimentos que envolvem grande número de tratamentos e/ou variáveis de entrada ou variáveis-resposta como forma de se viabilizar o estudo de sistemas complexos.

Modelos para predição do estado de conforto dos seres vivos em função das condições climáticas podem ser usados na geração de mapas temáticos para se fazer o zoneamento bioclimático de uma determinada região, auxiliando na tomada de decisão com relação à ambiência animal. Um exemplo de aplicação conjunta da modelagem matemática e tecnologia SIG, para zoneamento bioclimatológico, é o

trabalho desenvolvido por Silva (2003). O autor usou dados da Re-análise do NCEP/NCAR (KALNAY et al., 1996), 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 e Beck (1988). Silva (2006) expandiu esse estudo para todo o território brasileiro, porém, utilizando a equação de ITU, proposta por Thom (1959). Outras técnicas matemáticas, como a lógica *fuzzy* e redes neurais, têm sido usadas para predição de condições de conforto e desconforto térmico dos seres vivos, bem como o seu desempenho produtivo e reprodutivo, além de permitir o controle de ambientes. Dentre as variáveis usadas nesses modelos, destacam-se as climáticas, que auxiliam na caracterização do ambiente térmico.

Assis et al. (2007) estudaram, durante o outono e inverno, para Pelotas/RS, as temperaturas máxima e mínima e o fenômeno veranico, o qual promove desconforto térmico, com o objetivo de relacionar caso de ocorrência de veranico com o desconforto sentido pela população. No primeiro dia sob a influência do veranico, com temperaturas e umidade relativa altas, metade da população experimentou a sensação de desconforto, que foi amenizada a partir do momento em que essas variáveis tiveram o seu valor reduzido, baixando o percentual de desconforto em 10%.

Silva e Ribeiro (2006) avaliaram a variação da temperatura do ar em uma favela, observando que a ocupação do solo por construções sem planejamento é um fator importante na alteração térmica, acentuando os extremos da temperatura; Krüger e Lamberts (2000) simularam diversas estratégias de ventilação natural, através de software apropriado para avaliar o desempenho térmico de casas populares, ou de população de baixa renda. Cabe ressaltar que, nessa simulação, leva-se em consideração o posicionamento da construção para obtenção de melhores taxas de fluxo de ar, que seria a forma mais simples, sem custos, para amenizar o desconforto. Nesse caso, as recomendações incluem o uso de materiais menos absorventes de radiação solar, aberturas maiores e pintura do telhado em cor branca, para refletir mais e reduzir a transmissão de radiação.

Este trabalho teve o objetivo de fazer um estudo de conforto e desconforto térmico para o Mato Grosso do Sul, por meio do índice de temperatura e umidade (ITU).

2 Material e métodos

Foram utilizados dados diários, mensais e, anuais de precipitação, temperatura média e máxima do ar e umidade relativa, do período compreendido entre os anos de 1979 e 2008, das estações meteorológicas de Campo Grande, LON 54°37' W; LAT 20°27' S, Corumbá, LON 57°3' W; LAT 19°05' S, Coxim, LON 54°46' W; LAT 18°3' S, Dourados, LON 54°59' W; LAT 22°14' S, Ivinhema, LON 53°56' W; LAT 22,19' S, Paranaíba, LON 51,11' W; LAT 19,42' S, Ponta Porã, LON 55,32' W; LAT 22,32' S, Três Lagoas, LON 51°42' W; LAT 20°47' S. Esses dados foram fornecidos pelo INMET-Instituto Nacional de Meteorologia, e permitiram a análise do comportamento das chuvas no decorrer do tempo.

A partir dos dados diários e mensais de precipitação, foi possível a identificação e a análise de variáveis como os totais e as médias pluviométricas, bem como sua distribuição sazonal e espacial, e a caracterização dos períodos secos. Considerou-se como período seco aquele com o número de dias superior a 75 sem a ocorrência de precipitações e/ou sem a ocorrência de chuvas significativas (precipitações acima de 2,5mm, valor inferior à evapotranspiração potencial diária do período). Na confecção dos balanços hídricos, utilizou-se a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955).

Foi elaborado o mapeamento das zonas térmicas do Mato Grosso do Sul por meio do índice de temperatura e umidade (ITU), desenvolvido por Thom (1959), visando definir zonas de conforto térmico para pessoas (eq.1).

$$ITU = t_{bs} + 0,36 t_{po} + 41,5 \quad (1)$$

onde,

t_{bs} - temperatura de bulbo seco (°C), e

t_{po} - temperatura do ponto de orvalho (°C),

De acordo com Thom (1959) e Hubbard et al. (1999), foram definidas as zonas de conforto e desconforto térmico para trabalhadores de granjas, aves, bovinos e suínos de acordo os intervalos de ITU considerados conforme a Tabela 1.

Tabela 1- Zonas de conforto e desconforto térmico para trabalhadores rurais, aves, bovinos e suínos

Parâmetros de conforto e desconforto térmico	Zonas de conforto e desconforto térmico
ITU<74	Conforto térmico adequado.
74≤ITU<79	Ambiente quente, no qual se inicia o desconforto térmico, podendo causar problemas de saúde e redução no rendimento do trabalhador rural.
79≤ITU<84	Condições ambientais muito quentes, indicando perigo e podendo trazer consequências graves à saúde do trabalhador rural, implica em condição de perigo para os animais, indicando aos produtores a necessidade de tomarem precauções para evitar perdas na produção.
ITU>84	Indica condição extremamente quente, com risco muito grave à saúde do trabalhador rural, indica situação de emergência, sendo necessário que providências urgentes sejam tomadas para evitar a perda do plantel.

Fonte: THOM (1959).

Ressalta-se que o ITU tem sido usado como uma forma de avaliar a condição de conforto de animais criados em ambientes protegidos ou não, alertando os produtores quanto às condições climáticas desfavoráveis ou que tragam risco aos animais. Apesar de não englobar outras variáveis importantes na quantificação do ambiente térmico, tais como a radiação solar e a velocidade do ar, esse índice é amplamente usado por envolver apenas informações meteorológicas, normalmente disponíveis em estações meteorológicas e em outros bancos de dados, obtidos a partir de imagens de satélite, por exemplo.

Baseando-se 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. Para os animais, não foram feitas classificação com relação às zonas de conforto e início de desconforto, por ser variável entre as espécies. Para aves, os intervalos de ITU são idênticos aos usados para humanos; por outro lado, para bovinos de leite, valores entre 72 e 79 comprometem o desempenho produtivo e reprodutivo, Cabral (2001).

A estimativa do índice ITU, foi determinada, de hora em hora, para todos os dias, no período mencionado. Para tanto, a determinação dos valores horários t_{ar} , ao longo do dia, foi feita a partir de dados de temperatura mínima do ar (t_{min}), temperatura do ar às 9 h do horário local (t_9), temperatura máxima do ar ($t_{máx}$) e temperatura do ar às 21 h do horário local (t_{21}), utilizando-se a metodologia proposta por Zolnier (1996). A escolha desse modelo para a estimativa da variação diária da temperatura baseia-se no estudo desenvolvido por Lyra et al. (2003), que obtiveram o melhor ajuste desse modelo que aquele proposto por Campbell e Norman (1998). Os valores horários de UR também

foram obtidos por interpolação, de acordo com a metodologia proposta por Zolnier (1996).

A partir das informações georreferenciadas de ITU médio e máximo foram gerados os mapas temáticos contendo as classes representativas dos valores de ITU para cada mês do ano. Utilizou-se o meio do software Surfer para gerar esses mapas temáticos (GOLDEN, 2002).

3 Resultados e discussão

3.1 Caracterização climática da região

As temperaturas médias aferidas na região mostram-se elevadas na primavera-verão, sendo setembro e outubro os meses mais quentes (médias acima de 23°C) e, amenas no outono-inverno, mas que, raramente, são menores do que 18°C, em média, sendo junho e julho os meses com médias mais baixas, entre 18°C e 21°C. A altura média alcançada pela precipitação durante o ano apresenta um núcleo mais chuvoso ao norte do Mato Grosso do Sul, em Coxim, com 1492 mm, decrescendo na direção leste e oeste. No extremo oeste do Mato Grosso do Sul, cai a 1.117mm em Corumbá, no Pantanal Sul-Mato-Grossense, e na região sul, apresenta os maiores valores de 1660 mm em Ponta Porã.

Entretanto, a precipitação não se distribui igualmente ao longo do ano. Em quase toda a região, mais de 70% do total anual de chuvas se precipita de novembro a março, sendo, geralmente, mais chuvoso, o trimestre, novembro-janeiro. Durante esse trimestre chove, em média, 45 a 55% do total anual. Em contrapartida, o inverno é excessivamente seco havendo, em média, geralmente, 4 a 5 dias sem chuva por mês, sendo que no oeste de Mato Grosso do Sul,

pelo menos um mês, não registra sequer 1 dia de chuva. A seca acontece no trimestre de inverno, de junho a agosto.

Os valores das temperaturas médias mensais e anuais registrados levam ao entendimento de que a variação espacial e sazonal, dessa variável climática, segue as características da precipitação. As maiores valores de temperatura média são observados entre os meses de outubro e março, período que corresponde ao verão, no domínio dos climas tropicais no Hemisfério Sul, sendo o mês de outubro o que apresenta as maiores médias, visto que ele se caracteriza pela transição entre o período seco e o chuvoso. Assim, as mudanças nos padrões de circulação atmosférica, os altos índices de evapotranspiração, as baixas velocidades médias dos ventos e as precipitações incipientes, como a baixa umidade do ar, favorecem a elevação das temperaturas, que indicam o início do verão. Outra análise que pode ser feita, a partir das temperaturas médias, é que a amplitude térmica observada, entre os meses com maiores e menores temperaturas, é muito baixa, 4,0°C em média, entre o mês de junho (menores temperaturas médias) e o mês de outubro (mês mais quente).

É possível observar que a precipitação média anual regional é de 1446 mm, com uma variação compreendida entre 1117 mm (Corumbá) e 1660 mm (Ivinhema). No que diz respeito à variação sazonal dos índices de precipitação, observa-se que, no decorrer do ano, as chuvas seguem a regra geral observada na região dos cerrados, apresentando duas estações bem definidas, um verão quente e chuvoso e um inverno seco, com temperaturas mais amenas.

A estação chuvosa (outubro a março/abril) concentra mais de 85% das chuvas anuais. Já a estação seca que, em alguns anos, tem início no mês de abril e se estende até o início de outubro, tem como característica uma redução sensível nos índices pluviométricos, sendo que no trimestre mais seco do ano (junho-agosto), as chuvas representam, em média, menos de 2% do total anual.

Durante a estação seca é possível observar longos períodos sem ocorrência de chuvas e/ou com chuvas insignificantes, bem abaixo da evapotranspiração (Etp) diária e que não altera a condição de baixa umidade do ambiente. Esses períodos, não raros, chegam a superar os 100 dias.

Também se observa que os longos períodos secos acima do limite mínimo da pesquisa, foram de, em média, 105 dias, e a média de dias sem chuvas significativas (menor que 2,5 mm) é de 110 dias e que, praticamente, metade dos anos apresenta um longo período sem chuvas, superando os 75 dias ininterruptos. Tal período coincide com a época do ano da estação seca, sendo mais comum sua ocorrência nos meses de junho a agosto.

Em média, a deficiência hídrica (DEF) possui uma variação local entre 15 mm (Campo Grande) e 331 mm (Corumbá). Entre maio e setembro é verificado o maior índice mensal de DEF. Nesse período, a probabilidade de ocorrer DEF no solo é superior em 80% aquela dos outros meses, sendo que, em algumas localidades, nos meses de junho a agosto, essa probabilidade chega aos 100%. A observação de DEF, nos meses de janeiro e fevereiro, deve-se à ocorrência de veranicos (intervalos de dias consecutivos sem chuvas durante a estação chuvosa). Já nos meses de novembro e dezembro, sua ocorrência está ligada a atrasos no início do período chuvoso.

Os maiores excedentes hídricos (EXC) médios mensais distribuem-se entre os meses de dezembro e março. Nesse período, a probabilidade de verificação de EXC chega a superar em 80% aquela dos outros meses, sendo que, em dezembro e janeiro, esse índice é superior a 90% para todos os anos analisados. Os excedentes médios variam espacialmente de acordo com as características climáticas de cada município, embora as variações sazonais sejam semelhantes, com exceção de Corumbá, que apresenta EXC nulo. Durante a estação seca, especialmente no trimestre junho-setembro, não foi verificada ocorrência de EXC, pois, nesse período, as chuvas são muito reduzidas ou nem mesmo registradas. É interessante observar que, mesmo o período chuvoso iniciando em outubro, em mais de 50% dos anos estudados, esse mês apresentou deficiências hídricas, mesmo com médias pluviométricas consideráveis. Por esse motivo, afirma-se que o mês de outubro, na área em questão, corresponde a uma transição entre o período seco e o período chuvoso do ponto de vista hidrológico. A mesma conclusão pode ser estendida ao mês de abril, pois, em determinados anos, há uma antecipação da estação seca, como pode ocorrer o contrário, com um prolongamento da estação chuvosa (Figura 1).

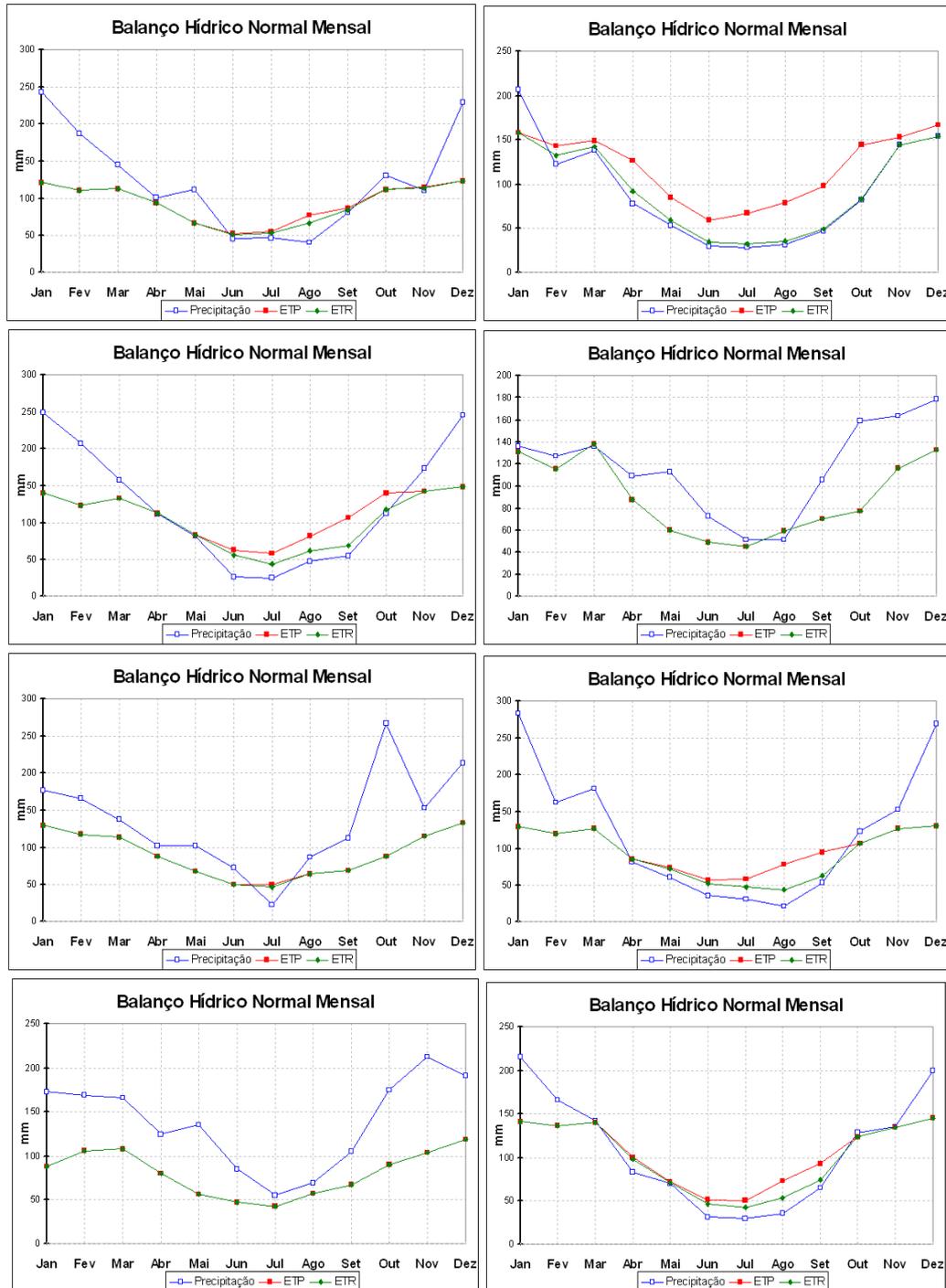


Figura 1- Balanço Hídrico normal mensal (precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real, mm), para as cidades de Campo Grande, Corumbá, Coxim, Ivinhema, Paranaíba, Ponta Porã e Três Lagoas no Estado de Mato Grosso do Sul para o período 1979 a 2008.

3.2 Determinação do ITU

Após o processamento dos dados climáticos, a determinação do ITU e a geração dos mapas temáticos, observa-se de janeiro a julho a tendência de

resfriamento da região, sendo, posteriormente aquecida até dezembro, mostrando a influência das estações do ano sobre o clima regional (Tabela 2 e figuras 2 e 3).

TABELA 2 - Estatística descritiva para o índice médio de temperatura e umidade (ITUméd) mensal e índice máximo de temperatura e umidade (ITUmáx) mensal.

MÊS	ITUméd.		ITUmáx	
	X	S	Vmin	Vmax
JAN	74	1,1	71,9	86,9
FEV	79,3	2,7	74,5	94
MAR	75,6	2	71,2	88,1
ABR	74,1	5	60,2	88,5
MAI	71,3	3,9	60,6	84,9
JUN	70,5	2,5	63,2	82,7
JUL	66,5	0,2	55	83,4
AG	71	6	58,1	89,4
SET	69,2	6,2	55,5	88,1
OUT	74,6	2,9	69,9	89,4
NOV	74,4	2,6	67,8	87,5
DEZ	75,4	2	70,7	87

x - média mensal de ITU; s - desvio-padrão, Vmín - valor mínimo observado; Vmáx - valor máximo observado.

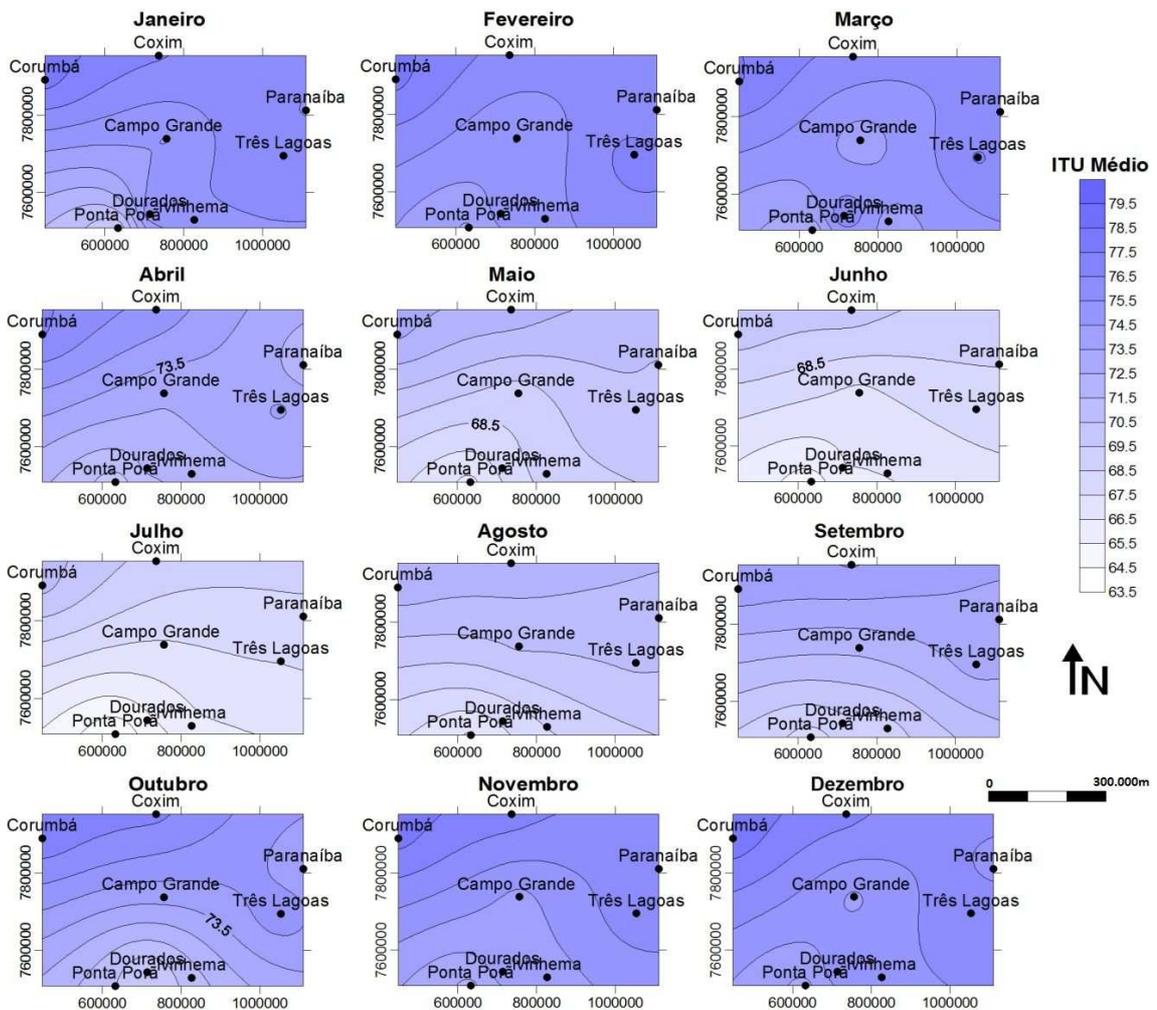


Figura 2 - Distribuição espacial e temporal do índice médio de temperatura e umidade mensal (ITUméd), para o Estado de Mato Grosso do Sul, no período compreendido entre os anos de 1981 e 2008.

Os valores médios de ITU médio e máximo (indicado entre parênteses), para as estações do ano, verão, outono, inverno e primavera, são de 75,9 (84,3); 69,6 (78,3); 70,9 (80,7) e 74,7 (81,9), respectivamente. Assim, com base nos valores de ITUméd e ITUmáx, verifica-se que todas as estações do ano representam certo grau de estresse térmico, tanto para os animais quanto para os trabalhadores rurais (Tabela 2). Entretanto, quando analisados os valores máximos durante o ano, observa-se que situações de estresse térmico podem ocorrer durante todos os meses do ano.

Nas figuras 2 e 3, ilustra-se a variação do ITUméd e do ITUmáx ao longo do ano. Os meses de maio a setembro caracterizam-se pelos menores riscos de desconforto térmico, devido aos menores valores de temperatura e umidade relativa do ar, indicando ser o período de menor risco à produção animal e o período no qual os trabalhadores rurais podem obter maiores rendimentos no desenvolvimento de atividades de campo, além de reduzir os riscos de acidentes causados pelo desconforto térmico.

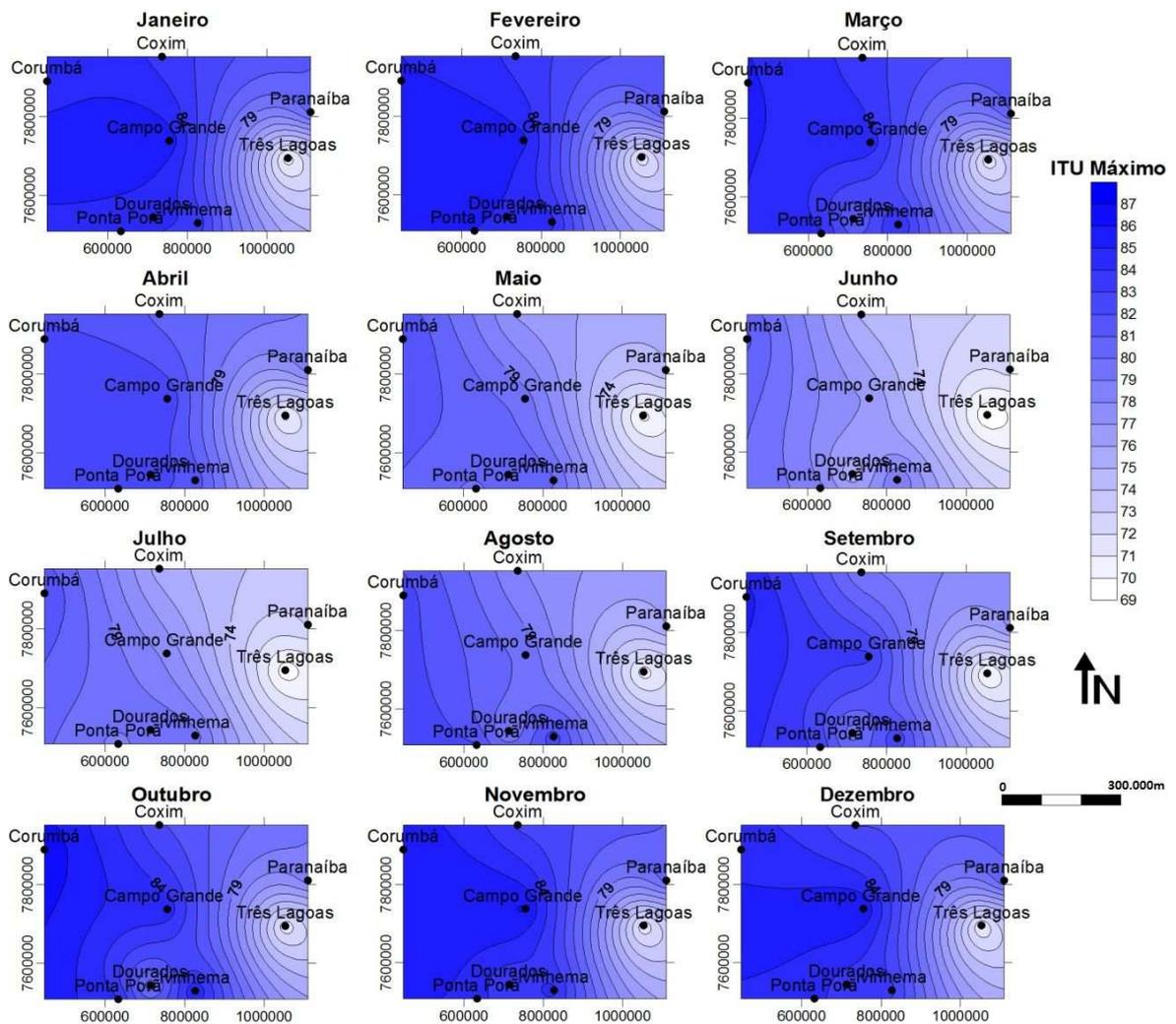


Figura 3. Distribuição espacial e temporal do índice máximo de temperatura e umidade mensal (ITUmáx), para o estado de Mato Grosso do Sul, no período compreendido entre os anos de 1981 e 2008.

Conforme especificado anteriormente, não foram feitas classificações para o ambiente animal no intervalo de transição entre conforto e

desconforto, por haver diferenças entre as espécies.

Os problemas relacionados aos altos valores de ITU são mais bem caracterizados

por meio do ITUmáx, conforme Figura 3, em que se verificou que as mesorregiões que apresentaram problemas relacionados aos altos valores de ITU foram Campo Grande, Corumbá, Ivinhema, Ponta Porã, Três Lagoas.

Com relação ao rendimento dos trabalhadores rurais ao longo do ano, verifica-se que, em parte da região do Mato Grosso do Sul, os trabalhadores rurais podem estar sujeitos a início de desconforto térmico ($74 \leq \text{ITU} < 79$), e, em outras, o ambiente térmico é caracterizado como de condições ambientais muito quentes, o que pode trazer danos à saúde dos trabalhadores rurais (Figura 3).

Entre novembro e abril, verificou-se a ocorrência de valores de ITU que caracterizam condições de desconforto térmico em diferentes níveis, tanto para humanos quanto para animais, sendo mais críticos os meses de dezembro a março.

4 Conclusões

A análise dos dados de ITU, com base no zoneamento bioclimático, mostrou que o período entre maio e setembro se caracterizou pelos menores riscos de desconforto térmico animal e trabalhadores rurais. Porém, podem ser observados níveis diferenciados de desconforto térmico devido às altas temperaturas e umidades relativas, durante certas horas do dia, para todas as mesorregiões ao longo do ano, sendo que as mesorregiões com maiores problemas decorrentes do calor são Campo Grande, Corumbá, Ivinhema, Ponta Porã, Três Lagoas.

Pode-se afirmar que a metodologia de THOM (1959) mostrou-se satisfatória quanto à aplicação dos dados e seus resultados, pois expressam a realidade climática da região estudada. Nesse sentido, há a necessidade de dados climatológicos com maior representatividade no que tange ao tamanho da série utilizada, para promover uma investigação mais aprofundada.

Os avanços na área de bioclimatologia propiciaram desenvolvimento significativo no entendimento dos efeitos climáticos sobre os seres vivos, influenciando diretamente a produção. A melhor compreensão das interações entre o ambiente e os seres vivos, refletidas no seu comportamento e bem-estar, propicia a definição de estratégias para minimizar os efeitos do clima sobre eles. Esses avanços envolvem, também, aspectos relacionados ao desenvolvimento e disponibilização de bancos de dados meteorológicos; aumento na precisão de sensores com possibilidade de registro e transmissão de dados via telemetria; desenvolvimento de índices de conforto e desconforto térmico mais realísticos; aplicação de modelos matemáticos mais complexos e precisos; além do uso de outras tecnologias mais avançadas, como a análise de imagens e vocalização dentre outras.

Apesar dos avanços obtidos, outros desafios precisam ser superados, tais como, o desenvolvimento de sistemas de controle mais robustos com base no comportamento dos seres vivos, como aqueles em que a avaliação e classificação do estado de conforto se dão por meio de análise de imagens em tempo real.

Com os avanços obtidos no desenvolvimento de modelos computacionais para predição das respostas dos seres vivos e índices do ambiente térmico em diversas condições, aliado àqueles obtidos na previsão do tempo, poder-se-á gerar mapas de alerta para diversas espécies, proporcionando informações indispensáveis para os agentes na tomada de decisão.

Estudos desse gênero são cada vez mais importantes e necessários para se compreender como, durante os últimos anos, vem ocorrendo a relação da natureza com a sociedade. De acordo com Monteiro (1976, p. 119): “Antes de degradar o ambiente natural, muitas sociedades humanas, em suas relações econômicas e mesmo sociais, degradam o próprio homem, o que se reflete, sobretudo, na cidade”.

5 A study of thermal comfort and discomfort for the Mato Grosso do Sul

Abstract: *The goal of this study was evaluating the climate conditions of Mato Grosso do Sul State using the temperature-humidity index (THI) and presenting the bioclimatic mapping relating to thermal comfort. The THI values were estimated using data of temperature and relative humidity regarding the period 1979 to 2008. Four intervals of THI were used to classify human performance (THI<74: comfort; 74≤THI<79: hot; 79≤THI<84: very hot, and THI>84: extremely hot), and two intervals to classify the Livestock (79≤ THI<84:*

dangerous and THI>84: emergency). The prevailing mood is one of two alternating seasons throughout the year: hot and humid summer and dry winter with warmer temperatures. The results showed a higher risk of thermal discomfort during the period from October to April, compared to the period between May and September. The most critical period occurred between December and March, although it was observed that for THI values between 77.9 and 83.9, humans and animals can suffer some degree of heat stress during the hottest hours of the day, affecting both negatively.

Key-words: Thermal environment. Bioclimatic mapping. Temperature. Relative humidity.

6 Referências

AERTS, J. M., BERCKMANS, D. A virtual chicken for climate control design: static and dynamic simulations of heat losses. **Transactions of the ASAE**, v.47, n.5, 2004. p. 1765-1772.

AGUIAR, I.S. de; BACCARI JR., F.; GOTTSALK, A.F.; TORNERO, M.T.; WECHSLER, F.S. Produção de leite de vacas holandesas em função da temperatura do ar e do índice de temperatura e umidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, Anais... , 1995, p. 607-608.

ASSIS, S.V.; FERREIRA, A.T.; SILVA, M. V.. Situação desconfortante provocada pela ocorrência de veranico. **Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.** Fundação Universidade Federal do rio Grande. janeiro a julho de 2007, v.18, p 260-267.

BAÊTA, F. da C.; SOUZA, C. de F. **Ambiência em edificações rurais: conforto térmico animal**. Viçosa - MG: Editora UFV, 1997. 246p.

BELDING, H.S.; HATCH, T.F. Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strains. Heating, piping and air conditioning. **Journal Section New York**, 1955, v.27, p.129-36.

BUFFINGTON, D.E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 1981, v.24, n.3, p.711-14,

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.

FALCO,J.E. **Bioclimatologia animal**. Lavras; UFLA, 1977, 57p.

FANGER, P. O. **Thermal Confort**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970.

GEBREMEDHIN, K. G. e WU, B. **A model of evaporative cooling of wet skin surface and fur layer**. ASAE Paper No. 004114, ASAE, St. Joseph, Mi. 2000.

GOLDEN Software Inc. **Surfer version 8**. Golden Inc. Colorada. ,October 2002.

HUBBARD, K.G.; STOOKSBURY, D.E.; HAHN, G.L.; MADER, T.L. **A climatological perspective on feedlot cattle performance and morality related to the temperature-humidity index**. **Journal Production Agriculture, Madison**, 1999,v.12, n.4, p.650-3.

KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R., COLLINS, W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDELL, M.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOLLEN, J.; ZHU, Y.; LETMAN, A.; REYNOLDS, R.; CHELLIAH, M.; EBISUZAKI, W.; HIGGINS, W.; JANOWIAK, J.; MOO, K.C.; ROPELEWSKI, C.; WANG, J.; JENNE, R; JOSEPF, D. (1996) – **The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project**. **Bulletin of the American Meteorological Society**.

KRÜGER, E.L., LAMBERTS, R. Avaliação do desempenho de casas populares. In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 8, 2000. Salvador. **Anais...** Salvador: ENTAC, 2000.

MONTEIRO, Carlos A. de F. **Teoria e clima urbano**. Série Teses e Monografias nº 25, São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1976.

SILVA, M. P. **Zoneamento bioclimático para produção avícola no território brasileiro**. 2006. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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.491-7, 2003.

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

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: 1955, Drexel Institute of Technology, 104p.

TURNPENNY, J. R., A. J. MCARTHUR, J. A. CLARK,, C. M. WATHES. 2000. **Thermal balance of livestock: 1. A parsimonious model**. **Agricultural Forest Meteorology**, v.101, n.1, 2000. p.15-27.

YAGLOU, C.P.; MINARD, D. **Control of heat casualties at military training centers.** Archives of Industrial Health, Chicago, 1957, v.16, p.302-5.

YANAGI JUNIOR, T.; DAMASCENO, G. S.; TEIXEIRA, V. H.; XIN, H. Prediction of black globe humidity index in poultry buildings. **In:** VI Livestock Environment – International Symposium: ASAE, Louisville, KY, 2001b. p. 482-489.

YANAGI JUNIOR, T.; Damasceno, G. S.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA. F. C.; MORAES, S. R. P. 2000. Comportamento da temperatura e umidade ao longo de galpões avícolas climatizados. **In.:** VI Congresso Argentino de Ingeniería Rural/CADIR 2000 – II Congresso

Americano de Educación en Ingeniería Agrícola, Anais ?? 2000, Buenos Aires, Argentina. 6p.

YANAGI JUNIOR, T.; XIN, H.; GATES, R. S. Thermal discomfort index for laying hens. **In:** 94th ASAE Annual international meeting: ASAE, 2001, Sacramento, 2001. p. 1-16.

YANAGI JUNIOR., T.; XIN, H.; GATES, R.S. **Modeling partial surface evaporative cooling of chickens.** ASAE 2001a, Paper. No. 01-3011. St Joseph, MI: ASAE.

ZOLNIER, S. Avaliação de modelos para estimativa dos valores médios horários do índice de temperatura e umidade. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, 1996, v.5, n.16, p.1-17.