

## Microclima e índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul





ISSN 1983-974X  
novembro, 2016

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Gado de Corte  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

# **Documentos 225**

## **Microclima e índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul**

Nivaldo Karvatte Junior  
Fabiana Villa Alves  
Elcio Silvério Klosowski  
Roberto Giolo de Almeida  
Cláudio Yuji Tsutsumi  
Caroline Carvalho de Oliveira

Embrapa  
Brasília, DF  
2016

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Gado de Corte**

Av. Rádio Maia, 830, Zona Rural, Campo Grande, MS, 79106-550

Fone: (67) 3368 2000

Fax: (67) 3368 2150

<http://www.embrapa.br/gado-de-corte>

<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac>

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: *Ronney Robson Mamede*

Secretário-Executivo: *Rodrigo Carvalho Alva*

Membros: *Alexandre Romeiro de Araújo, Andréa Alves do Egito, Kadijah Suleiman Jaghub, Liana Jank, Lucimara Chiari, Marcelo Castro Pereira, Mariane de Mendonça Vilela, Rodiney de Arruda Mauro, Wilson Werner Koller*

Supervisão editorial: *Rodrigo Carvalho Alva*

Revisão de texto e Editoração Eletrônica: *Rodrigo Carvalho Alva*

Imagens da capa: Luiz Antônio Dias Leal (criador da logomarca), Luiz Otávio Campos da Silva (foto)

**1ª edição**

Versão online (2016)

**Todos os direitos reservados.**

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

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Embrapa Gado de Corte.**

---

Microclima e índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul [recurso eletrônico] / Nivaldo Karvatte Júnior... [et al]. – Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2016.

38 p. (Documentos / Embrapa Gado de Corte, ISSN1983-974X ; 225).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/doc/DOC225.pdf>>

Título da página da Web (acesso em 20 de novembro de 2016).

Outros autores: Fabiana Villa Alves; Elcio Silvério Klosowski; Roberto Giolo de Almeida; Cláudio Yuji Tsutsumi; Caroline Carvalho de Oliveira.

1. Bem-estar animal. 2. Estresse térmico. 3. Sistemas de produção em integração. 4. Sombreamento. I. Karvatte Júnior, Nivaldo. II. Alves, Fabiana Villa. III. Klosowski, Elcio Silvério. IV. Almeida, Roberto Giolo de. V. Tsutsumi, Cláudio Yuji. VI. Oliveira, Caroline Carvalho de.

633.2 (21. ed.)

© Embrapa Gado de Corte 2016

# **Autores**

## **Nivaldo Karvatte Junior**

Zootecnista, M.Sc. Doutorando em Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO

## **Fabiana Villa Alves**

Zootecnista, D.Sc. Pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

## **Elcio Silvério Klosowski**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Professor Adjunto da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR

## **Roberto Giolo de Almeida**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

## **Cláudio Yuji Tsutsumi**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Professor Adjunto da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR

## **Caroline Carvalho de Oliveira**

Zootecnista, M.Sc. Doutoranda em Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS



# Sumário

Resumo .....	7
Abstract.....	8
Introdução.....	9
Material e métodos.....	10
Local, período de avaliação e classificação climática .....	10
Área experimental .....	11
Avaliações do microclima .....	11
Índices de conforto térmico .....	14
Delineamento experimental e análise estatística .....	15
Resultados e discussão .....	16
Microclima .....	16
Conforto térmico.....	21
Conclusão .....	32
Referências .....	33



# Microclima e índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul

*Nivaldo Karvatte Junior; Fabiana Villa Alves; Elcio Silvério Klosowski; Roberto Giolo de Almeida; Cláudio Yuji Tsutsumi; Caroline Carvalho de Oliveira*

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, com eucalipto em arranjos de 14x2m (ILPF-1) e de 22x2m (ILPF-2) e árvores nativas dispersas com 5 árvores/ha<sup>-1</sup> (ILPF-3), no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS, de julho a setembro de 2013. As avaliações foram realizadas mensalmente, em quatro dias consecutivos, em três horários (09h00, 12h00 e 15h00; GMT -04h00). Foram determinadas a temperatura do ar (°C), temperatura de globo negro (°C), temperatura de bulbo úmido (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m s<sup>-1</sup>). Foram calculados o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e a Carga Térmica de Radiação (CTR). Em todos os sistemas, os maiores valores dos índices foram observados a pleno sol, às 12h00, resultando em ITU de 81 e ITGU de 88. À sombra, houve maior conforto térmico (ITU = 78 e ITGU = 79), e redução da Carga Térmica de Radiação de até 224,4 W.m<sup>-2</sup>. Conclui-se, assim, que a presença de árvores altera positivamente o ambiente e as mesmas são fundamentais para a melhoria do conforto térmico de animais criados em pastagens de regiões com clima quente.

**Termos de indexação:** bem-estar animal, estresse térmico, ILPF, ITU, sombreamento.

## Abstract

*The objective of this study was to evaluate Thermal Comfort Indexes in integrated crop-livestock-forest systems with eucalyptus with arrangements in 14x2m (ICLF-1) and 22x2m (ICLF-2) and scattered native trees with 5 trees/ha<sup>-1</sup> (ICLF-3), in the Brazilian Midwest. The experiment was conducted at Embrapa Gado de Corte in Campo Grande, MS, from July to September 2013. The evaluations were performed monthly in four consecutive days, in three hours (9:00 a.m., 12:00 p.m. and 15:00 p.m., GMT -04h00). It were determined the air temperature (°C), black globe temperature (°C), wet bulb temperature (°C), relative humidity (%) and wind speed (m s<sup>-1</sup>). It were also calculated the Temperature and Humidity Index (THI), Black Globe Temperature and Humidity Index (BGHI) and the Radiant Thermal Load of Radiation (RTL). In all systems, the highest values of the indices were observed in full sun at 12:00 p.m., resulting in THI of 81 and BGHI of 88. In the shadow, there was greater thermal comfort (THI = 78 and BGT = 79), and reduction in Radiant Thermal Load up to 224.4 W.m<sup>-2</sup>. Thus, we can conclude that the presence of trees promotes positively changes in environment and they are fundamental to improve the thermal comfort of animals raised on pastures of hot climate regions.*

**Indexing terms:** *Animal welfare, heat stress, integrated systems, shading, THI.*

## Introdução

A produção de bovinos de corte no Brasil é realizada, predominantemente, em sistemas extensivos, nos quais os animais são expostos a temperaturas ambientais acima da sua zona de conforto térmico por longos períodos. Tome-se como exemplo pastagens do Mato Grosso do Sul, onde, segundo Porfírio-da-Silva (2003), bovinos sem nenhuma proteção ambiental encontram-se sob condição climática de estresse térmico mediano a severo, no período de outubro até março. Em situações como esta, o calor excessivo vindo do ambiente pode, em maior ou menor grau, ocasionar alterações fisiológicas que levam a perdas na produtividade e diminuição do bem-estar animal.

Uma das práticas mais eficientes e econômicas para se reduzir os efeitos indesejáveis do clima sobre os animais, é o fornecimento de sombra natural utilizando-se árvores. Estas diminuem a carga de calor decorrente da radiação solar (ALVES, 2012; GURGEL et al., 2012; AGGARWAL e UPADHYAY, 2013). Neste sentido, sistemas produtivos que contém árvores são capazes de mitigar o calor e favorecer a sustentabilidade da pecuária nos trópicos. De fato, os sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta, ou agrossilvipastoris, embora concebidos inicialmente para a recuperação de solos e pastagens degradadas, têm se destacado também por melhorarem as condições microclimáticas, com redução do estresse térmico sobre os animais e melhoria do bem-estar animal (THORNTON et al., 2009; BROOM et al., 2013).

Embora os benefícios oferecidos pelas árvores, em termos de melhorias no conforto térmico, sejam amplamente propagados, poucos ainda são os trabalhos na literatura científica que abordam a arborização rural, principalmente em termos quanti-qualitativos (GUISELINI et al., 1999; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2003; NAVARINI et al., 2009; GURGEL et al., 2012). Além disso, árvores e arbustos possuem diferentes capacidades de interceptação solar, relacionadas principalmente às características intrínsecas das espécies vegetais, como porte, formato da copa, disposição dos galhos, tipo de folha, dentre outras (SILVA, 2006). Porém, é

consenso que copas mais densas, globosas, altas e de maior projeção de sombra conferem melhor conforto térmico aos animais de produção, por auxiliar na diminuição da carga de calor associada à radiação solar, principalmente nos meses e horários mais quentes (GUISELINI et al., 1999).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o conforto térmico oferecido em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta por espécies exóticas (eucalipto, *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, clone H 13 em duas diferentes densidades) e nativas (cambará, *Gochnatia poly morpha* e cumbaru, *Dipteryx alata*, em densidade de 5 árvores ha<sup>-1</sup>), no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

## Material e métodos

### Local, período de avaliação e classificação climática

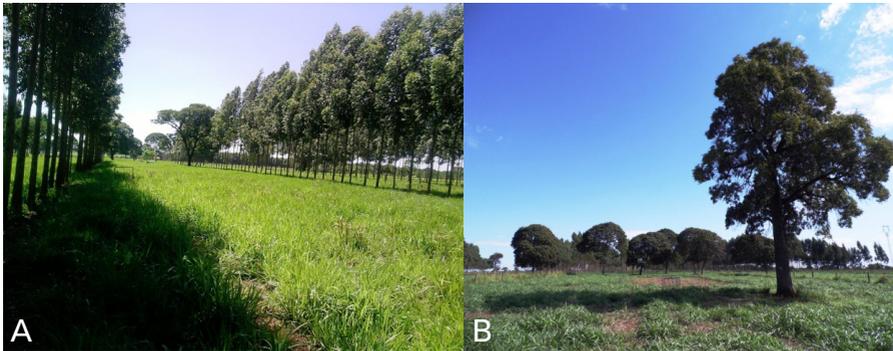
O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, Mato Grosso do Sul (Figura 1), situada a 20°27' de latitude sul, 54°37' de longitude oeste e a 530 m de altitude, de julho a setembro de 2013. O padrão climático, de acordo com a classificação de Köppen (1948), encontra-se na faixa Aw (tropical úmido), com precipitação média anual de 1.560 mm e temperatura média de 23°C (MARCUIZZO et al., 2012).



Figura 1. Localização geográfica da área experimental (Fazenda Sede da Embrapa Gado de Corte), em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

## Área experimental

A área experimental possui 18 ha em integração lavoura-pecuária-floresta e foi estabelecida em 2008. É constituída por três sistemas, sendo: (i) sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, com eucalipto em espaçamento entre fileiras de árvores de 14 metros e densidade de 357 árvores ha<sup>-1</sup> (ILPF-1); (ii) sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, com eucalipto em espaçamento entre fileiras de árvores de 22 metros e densidade de 227 árvores ha<sup>-1</sup> (ILPF-2); e (iii) sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, com 5 árvores nativas do cerrado ha<sup>-1</sup> (ILPF-3) (Figura 2). Em todos os sistemas, tem-se pastagem de capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS piatã).



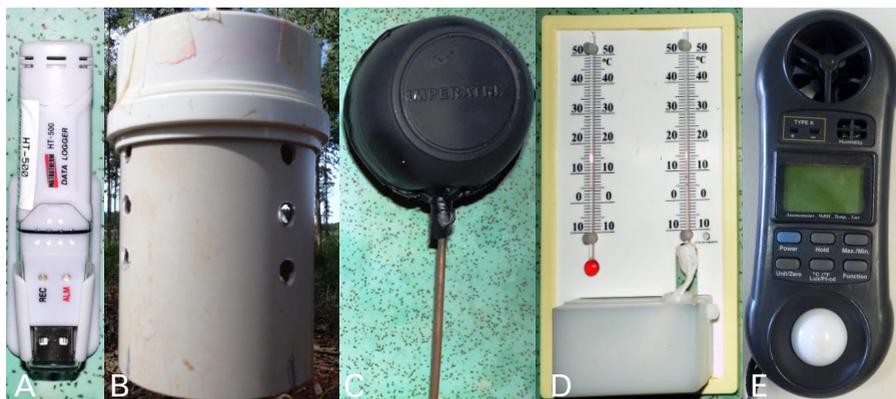
**Figura 2.** Sistemas de integração com: (A) fileiras de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, clone H 13) e (B) espécies arbóreas nativas.

As mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *urophylla*, clone H 13) foram plantadas com espaçamento de 2 m entre plantas na fileira e, em agosto de 2013, apresentavam 26 m de altura média, com desrama a até 6 m de altura. No sistema de ILPF-3, as árvores presentes foram as remanescentes do Cerrado original, das espécies cambará (*Gochnatia polymorpha*) e cumbaru (*Dipteryx alata*).

## Avaliações do microclima

Para se avaliar o microclima, foram realizadas mensurações às 09h00, 12h00 e 15h00 (horário local, GMT -04h00), durante quatro dias

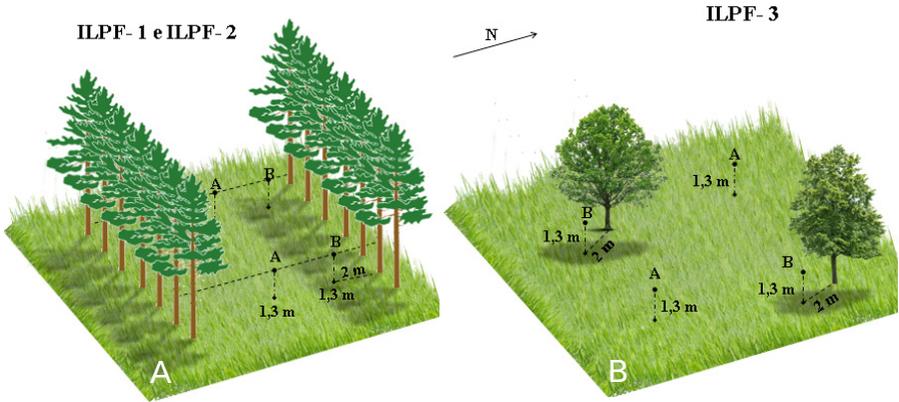
consecutivos, nos meses de julho, agosto e setembro (seca/inverno). Foram determinadas a temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e a umidade relativa do ar (%), utilizando termohigrômetros digitais com *datalogger*, marca Instrutherm, modelo HT-500 (Figura 3 A), inseridos em canos de PVC perfurados, conforme modelo proposto por Trumbo et al. (2012) (Figura 3 B). Para a mensuração da temperatura de globo negro ( $^{\circ}\text{C}$ ), o mesmo modelo de termohigrômetro foi disposto dentro de boias plásticas de PVC (com 0,15 m de diâmetro), pintadas de preto fosco, conforme descrito em Souza et al. (2002) (Figura 3 C). Para a temperatura de bulbo úmido ( $^{\circ}\text{C}$ ), foi utilizado o conjunto psicrométrico de leitura visual, marca Incoterm (Figura 3 D). Para a velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ ), foram utilizados anemômetros digitais portáteis (marca Homis, modelo HMM 489), com os sensores dos aparelhos voltados para a direção de ocorrência do vento, por três minutos, (Figura 3 E).



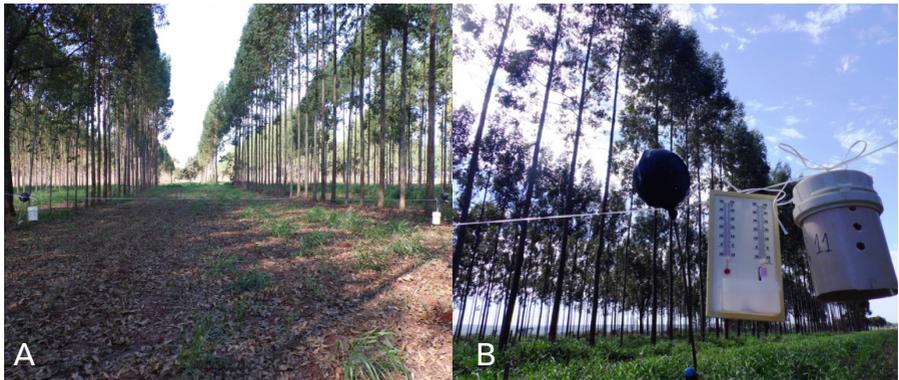
**Figura 3.** Equipamentos utilizados para registros dos parâmetros microclimáticos: termohigrômetro com *datalogger* (A); abrigo micrometeorológico (B); “globo negro” confeccionado com boia plástica (C); conjunto psicrométrico de leitura visual (D); e anemômetro digital (E).

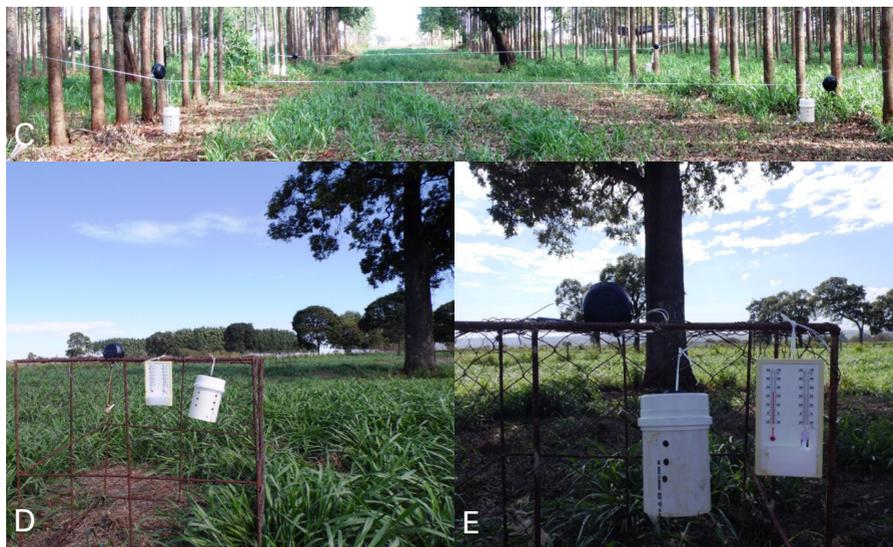
Os equipamentos foram alocados a pleno sol (A) e sob a sombra projetada (B), a 2 metros da linha das árvores e 1,3 m do solo (correspondente à altura do centro de massa de bovino adulto). Para a fixação nos sistemas com eucalipto, foi estendida uma fita de ráfia entre duas fileiras de árvores, em dois pontos de coleta, na qual foram pendurados os equipamentos já calibrados e programados. Na área com árvores

nativas, os mesmos foram alocados dentro de gaiolas de exclusão, de modo a formar uma estrutura de suporte à altura desejada (1,3m) e proteção contra possíveis danos causados pelos animais (Figuras 4 e 5). Os equipamentos foram deslocados diariamente, conforme a variação da projeção da sombra e do ângulo zenital, segundo metodologia descrita em Karvatte Junior et al. (2016).



**Figura 4.** Representação esquemática da alocação dos equipamentos em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucaliptos (ILPF-1 e ILPF-2) (a) e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com árvores nativas dispersas (ILPF-3) (b), alocados a pleno sol (A) e sob a sombra projetada (B), em duas repetições.





**Figura 5.** Fixação dos equipamentos: entre duas fileiras de eucaliptos (A), na fita ráfia (B), em dois pontos de coleta dentro do piquete (C), e em gaiola de exclusão ao sol (D) e sob a sombra de espécie arbóreas nativas (E).

## Índices de conforto térmico

Para a caracterização do conforto térmico, foram calculados, nos meses de julho, agosto e setembro, em três horários diários (09h00, 12h00 e 15h00), os índices de conforto térmico animal:

a) Índice de Temperatura e Umidade (ITU), proposto por Thom (1958):

$$ITU = t + (0,36 \times t_{po}) + 41,5$$

em que:

t - temperatura de bulbo seco, °C; e

t<sub>po</sub> - temperatura do ponto de orvalho, °C.

b) Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981):

$$ITGU = t_g + (0,36 \times t_{po}) + 41,5$$

em que:

$t_g$  - temperatura de globo negro, °C; e

$t_{po}$  - temperatura do ponto de orvalho, °C.

c) Carga Térmica de Radiação (CTR), segundo Esmay (1979), sendo:

$$CTR = \sigma (TRM)^4$$

em que:

$\sigma$  - constante de Stefan-Boltzmann  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ K}^{-4}$ ; e

TRM – temperatura radiante média, °K.

Onde: 
$$TRM = 100 \sqrt[4]{(2,51 \sqrt{vv}(t_g - t) + \left(\frac{t_g}{100}\right)^4)}$$

em que:

$vv$  - velocidade do vento,  $\text{m s}^{-1}$ ;

$t_g$  - temperatura de globo negro, °C; e

$t$  - temperatura de bulbo seco, °C.

## **Delineamento experimental e análise estatística**

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (correspondendo aos meses), em esquema de parcelas subsub-subdivididas, com quatro repetições (piquetes). A sub-parcela correspondeu aos sistemas de integração (ILPF-1, ILPF-2 e ILPF-3), a subsub-parcela aos locais (pleno sol e sombra), e a subsubsub-parcela aos horários (09h00,

12h00 e 15h00). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e regressão, utilizando o aplicativo estatístico SAS v. 9.0 (2002), adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

Para os dados referentes aos indivíduos arbóreos, foram considerados os níveis do fator horário com medidas repetidas dentro de cada ambiente e mês, utilizando, para isso, a metodologia de modelos mistos, admitindo-se efeitos fixos para os fatores ambiente e horário e efeito aleatório para o fator mês (blocos), utilizando o aplicativo estatístico R i386.

## Resultados e discussão

### Microclima

Neste estudo, valores mais elevados dos parâmetros microclimáticos (temperatura do ar, temperatura de globo negro, umidade relativa e velocidade do vento) foram encontrados no mês de setembro, às 12h00, nos três sistemas avaliados. Especificamente para a temperatura do ar, ressaltam-se picos de 37,8 a 38,7°C ao sol. Para a temperatura de globo negro, os picos foram de 48,3°C no sistema ILPF-1, 44,7°C no ILPF-3 e 43°C no ILPF-2, ao sol. O maior adensamento de árvores, no sistema ILPF-1, pode ter influenciado nas elevadas temperaturas de globo negro devido a menor circulação do ar no interior do sistema, impedindo trocas térmicas com o ambiente externo. No caso do sistema ILPF-3, o fato das árvores encontrarem-se dispersas (isoladas), a alta incidência de radiação solar nas áreas a pleno sol colaborou para maior radiação refletida e capturada pelo globo negro, caracterizando elevadas temperaturas de globo negro neste local de avaliação.

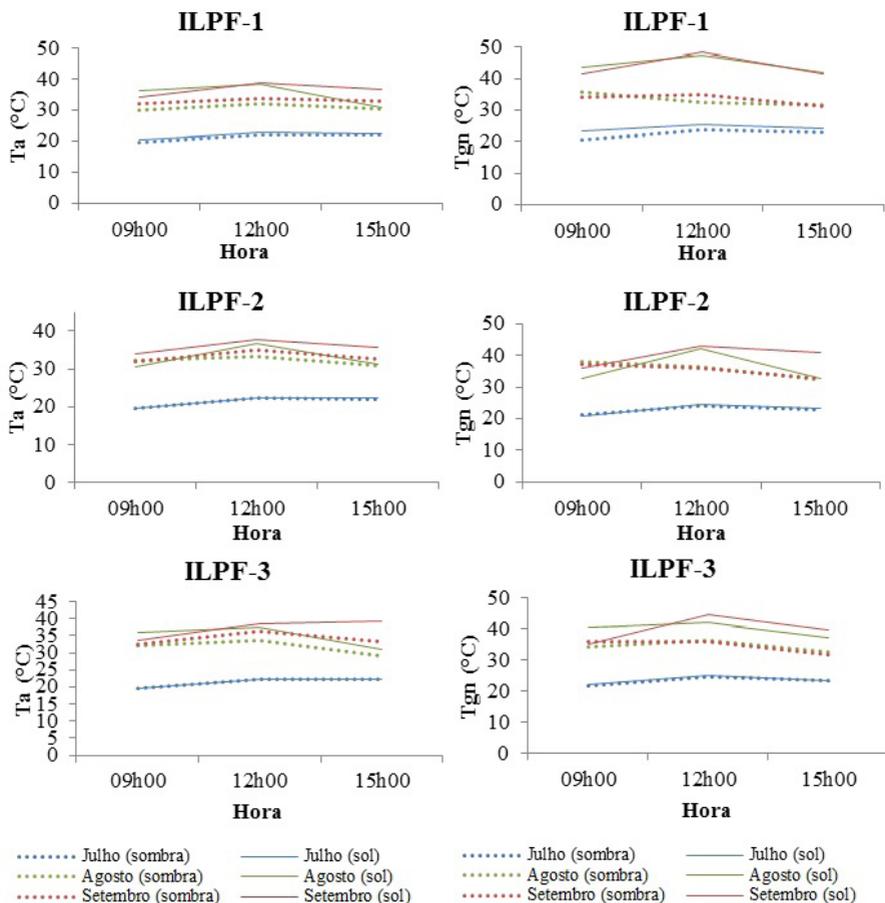
Silva (2008) e Baêta e Souza (2010) indicam 35°C como a temperatura (do ar) crítica superior para zebuínos, com possível condição de estresse térmico acima desta, em que são necessárias perdas do calor excedente por meio de processos fisiológicos. Ferreira et al. (2006), por sua vez, mencionam que tais mecanismos são ativados quando a temperatura de globo negro atinge valores iguais ou superiores aos 44°C. Neste experimento, tais condições foram atingidas ao sol em todos os sistemas avaliados, entretanto, com menor intensidade no sistema de ILPF-2 (arranjo 22 x 2m).

Observou-se, também, que o componente arbóreo exerce grande influência na melhoria do ambiente térmico, pois, à sombra, houve redução de, aproximadamente, 5,1°C (ILPF-1), 3,0°C (ILPF-2) e 2,4°C (ILPF-3) na temperatura do ar ( $T_a$ , °C), e 14,0°C (ILPF-1), 8,7°C (ILPF-3) e 7,0°C (ILPF-2) na temperatura de globo negro ( $T_{gn}$ , °C) (Figura 6). Comportamento semelhante foi observado por Pezzopane et al. (2015), avaliando o microclima e as condições de umidade do solo em um sistema silvipastoril, onde obtiveram máxima diária de temperatura do ar de 28,3°C em pleno sol, com redução de aproximadamente 1,0°C na sombra. Para a umidade relativa do ar, os mesmos autores registraram máxima de 73,8% ao sol, com incremento de 1,1 pontos percentuais à sombra. Navarini et al. (2009), avaliando o ambiente térmico para bovinos de corte criados sob diferentes condições de sombreamento natural, observaram reduções de 1,9 a 3,6°C, na temperatura do ar à sombra, em relação ao pleno sol, quando a máxima encontrada foi de 30,5°C.

Vários outros autores registraram menores temperaturas à sombra, independente da espécie estudada. Pezzopane et al. (2011), ao avaliarem as condições microclimáticas em sistema de produção de café conilon (*Coffea canephora*) a pleno sol, e arborizado com coqueiro-anão-verde (*Cocos nucifera*), encontraram temperatura do ar ao sol de 31°C e redução de 2°C à sombra. Silva et al. (2010) registraram temperaturas do ar de 26,7°C à sombra de acácia (*Acacia holosericea*), com aumento de 4,2°C ao pleno sol.

Estudos realizados em ambiente urbano apontam que árvores modificam o microclima em um raio de até 50m de distância da copa, extrapolando a área circunscrita à sombra projetada, contribuindo significativamente para melhorar a sensação de bem-estar (MORENO et al., 2007; ABREU, 2008; SHAMS e GIACOMELI, 2009; ABREU e LABAKI, 2010). Em ambiente rural, o componente arbóreo também é capaz de modificar o microclima circunstante, com redução de 6 a 8°C na temperatura do ar e incremento de até 4,5% de umidade relativa do ar à sombra (KARVATTE JUNIOR et al. 2016). Em ambas as situações, a densidade da copa é considerada, entre todas as características

dendrológicas, aquela determinante na sensação de conforto térmico proporcionado. Entretanto, deve-se ressaltar duas considerações importantes: (i) tal característica pode sofrer modificações ao longo das estações climáticas (árvores perenes ou decíduas), e; (ii) pode ser modificada pelo espaço disponível, conforme o arranjo no qual a árvore insere-se (isolado ou em renques).



**Figura 6.** Temperaturas do ar (°C) e de globo negro (°C), ao sol e a sombra, em sistemas de integração contendo eucalipto (ILPF-1 e ILPF-2) e árvores nativas (ILPF-3), para os meses de julho, agosto e setembro de 2013, nos horários das 09h00, 12h00 e 15h00 (horário local, GMT -04h00), em Campo Grande, MS. Fonte: Karvatte Junior (2014).

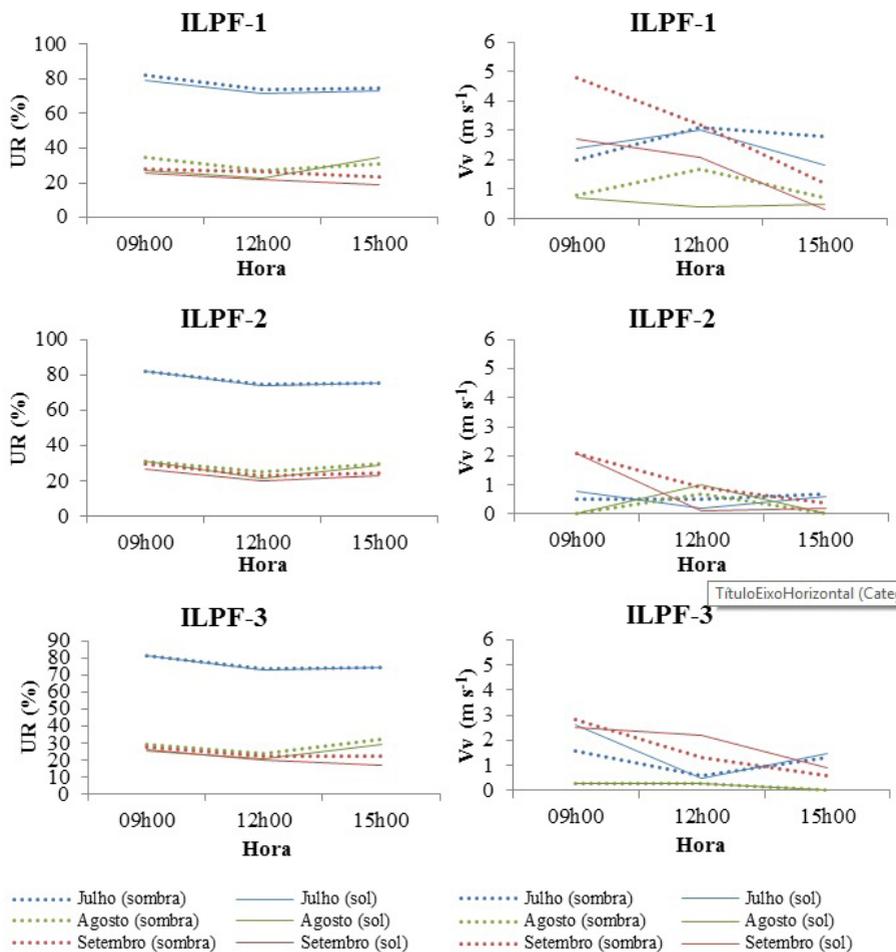
Assim, pode-se afirmar que as diferenças aqui observadas quanto à influência das árvores sobre o microclima são decorrentes das estruturas e formatos das copas das espécies avaliadas. O eucalipto (Figura 7 A), de forma elipsoidal e ramos mais afastados, facilita a incidência solar sob a copa e permite maior fluxo de energia sob a mesma. Já em árvores globosas (Figura 7 B), como Cambará e Cumbaru, a luz sofre absorção seletiva, alterando sua utilização e até mesmo os processos fotossintéticos, diminuindo a temperatura do ar sob a copa e promovendo maior incremento de umidade relativa do ar durante os períodos do dia onde ocorre abertura dos estômatos (SCHUMACHER e POGGIANI, 1993; ABREU e LABAKI, 2010).



**Figura 7.** Estrutura da copa: (A) eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, clone H 13) e (B) cumbaru (*Dipteryx alata*).

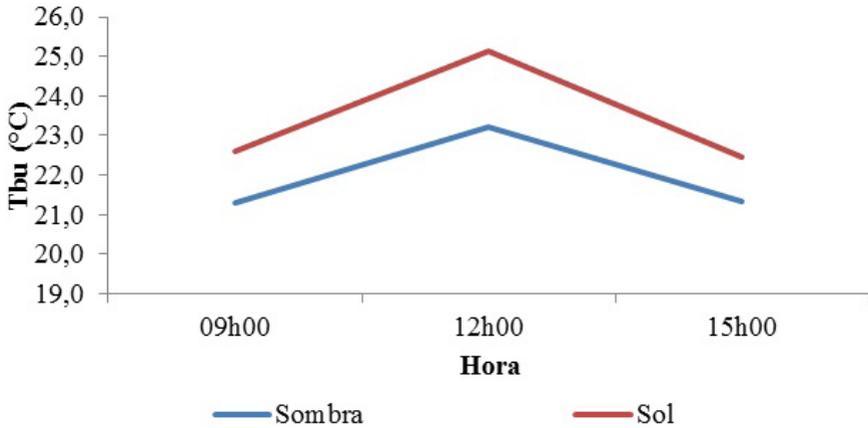
Para a umidade relativa do ar (UR, %), houve incremento, à sombra, de 4,3% (ILPF-1), 2,8% (ILPF-2) e 2,0% (ILPF-3) em relação ao pleno sol, com valores mínimos de 20,2% para ILPF-3 e ILPF-2, e 21,8% para ILPF-1 (Figura 7). A velocidade do vento foi bastante variável, em ambos os locais, durante todo o período experimental, mas manteve-se dentro do limite estabelecido por Baêta e Souza (1997) como confortável (1,38 a 2,22 m s<sup>-1</sup>). Tais valores são considerados ideais para que ocorram as trocas de temperatura entre o animal e o ambiente, de for-

ma a não ocorrer grandes perdas energéticas (Figura 8). Outros autores, como Pezzopane et al. (2011), também observaram grande variação na velocidade do vento ao longo do dia, no entanto, com médias mais elevadas a pleno sol. Navarini et al. (2009) obtiveram média de 61% na umidade relativa do ar, permanecendo dentro da faixa de conforto térmico (entre 60 e 70%), estabelecida por Baêta e Souza (1997).



**Figura 8.** Umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento ( $m s^{-1}$ ), ao sol e à sombra, em sistemas de integração contendo eucalipto (ILPF-1 e ILPF-2) e árvores nativas (ILPF-3), para os meses de julho, agosto e setembro de 2013, nos horários das 09h00, 12h00 e 15h00 (horário local, GMT -04h00), em Campo Grande, MS. Fonte: Karvatte Junior (2014).

Para a temperatura de bulbo úmido (T<sub>bu</sub>, °C), os valores mais elevados foram obtidos às 12h00, com picos de 25,1°C, ao sol. A presença de árvores nos sistemas em integração possibilitou a redução de 2,0°C na temperatura de bulbo úmido à sombra (Figura 9). Silva et al. (2010) registraram temperatura de bulbo úmido de 22,0°C à sombra de *Acacia holosericea*, com incremento de 0,7°C ao sol, durante o período seco/inverno. Oliveira (2013) obteve máxima de 22,5°C na temperatura de bulbo úmido ao sol e de 21,3°C no sistema sombreado com eucalipto, no período seco (inverno).



Sombra	$Y = -0,20x^2 + 5,03x - 7,05$	$R^2 = 0,99$
Sol	$Y = -0,28x^2 + 6,92x - 16,29$	$R^2 = 0,98$

**Figura 9.** Médias da temperatura de bulbo úmido (T<sub>bu</sub>, °C), ao sol e à sombra, nos horários das 09h00, 12h00 e 15h00 (horário local, GMT -04h00), em Campo Grande, MS. Fonte: Karvatte Junior (2014).

## Conforto térmico

Como já mencionado, o microclima do ambiente produtivo afeta o animal, pois provoca reações adaptativas em seu centro termorregulador. Para animais homeotérmicos, como bovinos, considera-se conforto térmico quando a temperatura corporal se mantém dentro

de uma faixa em que há mínimo esforço do sistema termorregulador (NICODEMO et al., 2004). Esta zona, denominada zona de conforto térmico (ZCT), é variável conforme a espécie, idade, nível de produção, entre outros, sendo que para bovinos indianos varia de 10°C a 26°C e, para bovinos europeus, de 0,5°C a 15°C-20°C (NICODEMO et al., 2004).



Figura 10. Bovinos sob a sombra de Cumbaru (*Dipteryx alata*). Foto: Camilla Diniz Barreto.

Diante da importância em se avaliar um sistema de produção quanto a sua condição de estresse/conforto térmico, vários índices foram desenvolvidos (SILVA e MAIA, 2013). Dentre eles, os mais utilizados são o Índice de Temperatura e Umidade, proposto por Thom (1958), o Índice de Temperatura de Globo e Umidade, proposto por Buffington et al. (1981), e a Carga Térmica de Radiação, de Esmay (1979).

Neste estudo, para a avaliação entre sistemas, a condição térmica para o índice de temperatura e umidade (ITU), variou de crítica (75), à sombra, às 09h00 e às 15h00, à perigosa (81), ao sol, às 12h00. No horário das 12h00, ao sol, todos os sistemas apresentaram situação alarmante de estresse térmico, de acordo com Baêta e Souza (2010). Com base nos mesmos autores, nenhum dos sistemas avaliados neste estudo pode ser considerado totalmente não estressante (valores inferiores a 70), em nenhum horário. Mesmo assim, pode-se afirmar que são notórios os efeitos causados pela presença das árvores na melhoria do ambiente, em termos de conforto térmico.

O sistema que apresentou melhor condição de conforto térmico à sombra, com diminuição de 4,0 % do ITU, foi o ILPF-3, seguido dos sistemas ILPF-2 (2,7%) e ILPF-1 (2,0%) (Figura 11), fato associado à menor densidade de árvores e, conseqüentemente, de sombra disponível no sistema ILPF-3. Desse modo, é possível observar maior variação nos valores dos parâmetros microclimáticos entre o pleno sol e a sombra em sistemas com árvores nativas, quando comparado aos sistemas com eucalipto (ILPF-1 e ILPF-2), em que maiores densidades de árvores disponibilizam maior quantidade sombra, e assim, menor variação de temperaturas nos mesmos.

Na comparação entre os meses, o mês de setembro obteve as maiores médias diárias, para o ITU, com máxima de 86 (emergência) às 12h00 (Figura 12).

Como era de se esperar, na avaliação entre indivíduos arbóreos, os valores mais elevados para o Índice de Temperatura e Umidade foram obtidos a pleno sol (ITU = 78 a 83), em todos os horários avaliados (Figura 13). À sombra, os valores máximos obtidos para o mesmo índice foram de 78,7 para Cambará, 78,8 para Cumbaru e 79,4 para Eucalipto, denotando as diferentes capacidades modificadoras do ambiente sob a copa. Vale ressaltar que a espécie Eucalipto encontra-se arranjada em linhas simples em duas densidades diferentes (227 e 357 árvores/ha), enquanto que as espécies Cambará e Cumbaru encontram-se isoladas; assim, devido as diferenças estruturas entre as espécies, o adensamento dos Eucaliptos influenciou notavelmente os resultados obtidos.

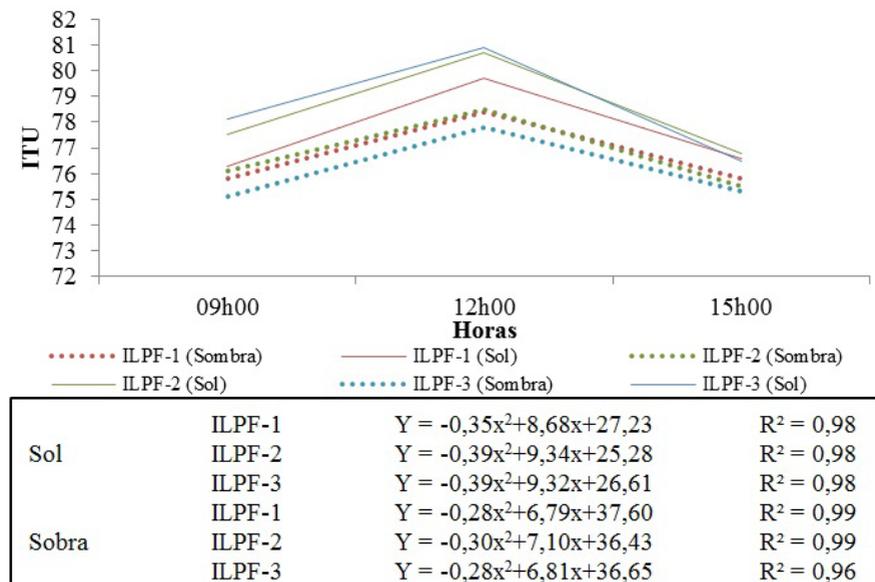


Figura 11. Índice de Temperatura e Umidade (ITU), ao sol e à sombra, às 09h00, 12h00 e 15h00, em sistemas de integração, em Campo Grande (MS).

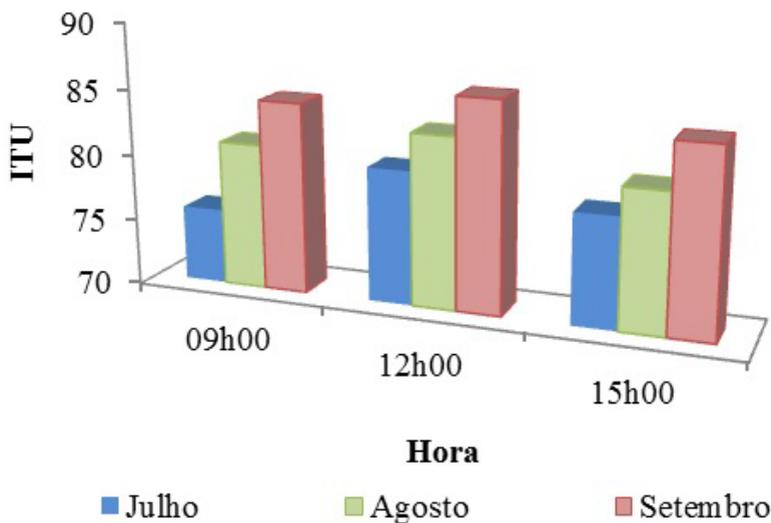
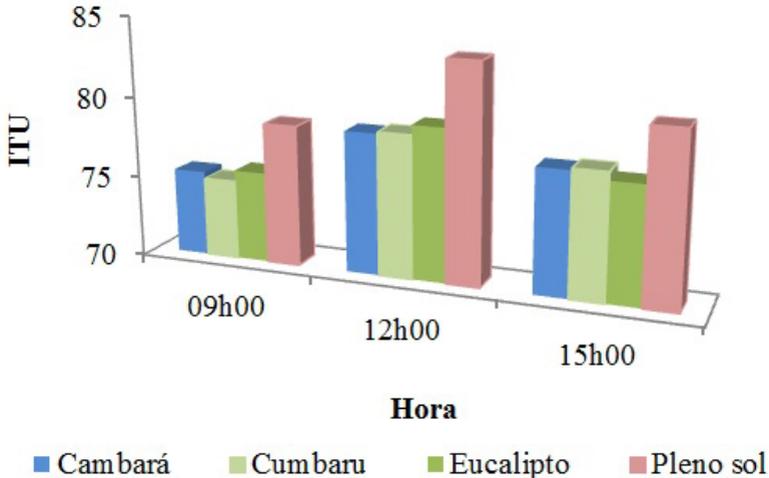


Figura 12. Valores médios do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), para os meses de julho, agosto e setembro de 2013 nos horários das 09h00, 12h00 e 15h00.



**Figura 13.** Valores médios do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), para as espécies avaliadas, nos horários das 09h00, 12h00 e 15h00.

Vários autores avaliaram o efeito de árvores nativas e exóticas com potencial para utilização em sistemas pecuários, visando o conforto térmico. Gurgel et al. (2012) avaliando a qualidade térmica do sombreamento de três espécies arbóreas – pau-terra-da-areia (*Qualea dichotoma*), chico-pires (*Pithecolobium incuriale*) e copaíba (*Copaifera langsdorffii*) - observaram que, tanto ao sol quanto à sombra das árvores, o pico máximo (75) foi obtido entre as 14h00 e 15h00. Ferreira et al. (2011), ao avaliarem as sombras das espécies angico (*Anadenanthera colubrina*), aroeira (*Schinus terebinthifolius*), jatobá (*Hymenaeacourbaril*), ipê (*Tabebuia alba*) e cumbaru (*Dipteryx alata*), dispersas em pastagens, determinaram valores médios para o ITU e entre 74 e 78. Navarini et al. (2009), no Noroeste do Paraná, encontraram sob a sombra de guajuvira (*Patagonula americana*) dispostas em pequenos bosques, e goiabeira (*Psidium guajava*) e laranjeira (*Citrus sinensis*) isoladas, ITU de 76 a 78. À pleno sol, o ITU foi de 80, indicando possível condição de estresse térmico para os animais. Leme et al. (2005), obtiveram variação do ITU de 61 a 70 (condição de conforto térmico), somente no inverno, em sistema silvipastoril constituído por angico-vermelho (*Anadenanthera sp.*), jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*), orelha-de-macaco (*Enterolobium contortisiliquum*),

pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*), angico-branco (*Piptadenia sp.*) e *Brachiaria decumbens*. Também Guiselini et al. (1999), ao determinarem a qualidade das sombras proporcionadas por santa bárbara (*Melia azedarach*), leucena (*Leucaena leucocephala*), chapéu de sol (*Terminalia catappa*) e bambu (*Bambusa vulgaris*), em pastagens, encontraram picos de ITU de 80 a 82, nos horários mais quentes do dia (14h00).

Para o Índice de Temperatura de Globo e Umidade, na condição de sistema, os valores mais elevados foram obtidos às 12h00, com variação de 79 a 81 à sombra, e 83 a 88 ao sol. O sistema que melhor apresentou condição de conforto térmico à sombra, atenuando 9,6% do ITGU, foi o ILPF-3, seguido do sistema ILPF-2 (5,1%) e do ILPF-1 (3,0%) (Figura 14). Conforme mencionado anteriormente, árvores são capazes de alterar o microclima em um raio de 50m ao seu entorno, resultando em uma melhor sensação de conforto térmico (ABREU e LABAKI, 2010). Desse modo, a diferença no ITGU observada, pode ser atribuída ao arranjo espacial das árvores, onde o efeito de copa foi menor no sistema com espécies nativas dispersas, devido ao menor número de árvores, elevando as temperaturas de globo negro ao sol (Figura 6), e por consequência resultando na maior eficiência em conforto térmico sob a sombra, quando comparado aos sistemas com eucalipto onde a incidência solar era menor (Figuras 15 A e B).

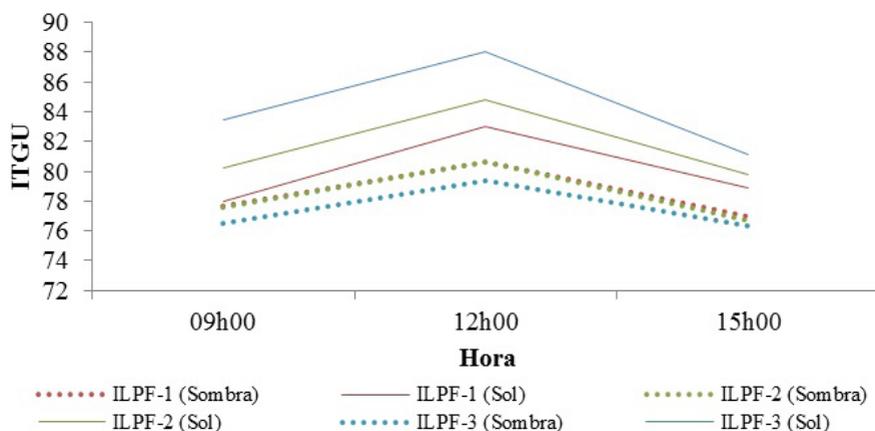


Figura 14. Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), ao sol e à sombra, às 09h00, 12h00 e 15h00, em sistemas de integração, em Campo Grande (MS).



**Figura 15.** Incidência solar e projeção da sombra em sistema com árvores nativas dispersas (A) e renques de eucalipto (B).

Na comparação entre os meses, o mês de julho apresentou os valores mais elevados, com máxima de 91,5 as 12h00 (Figura 16).

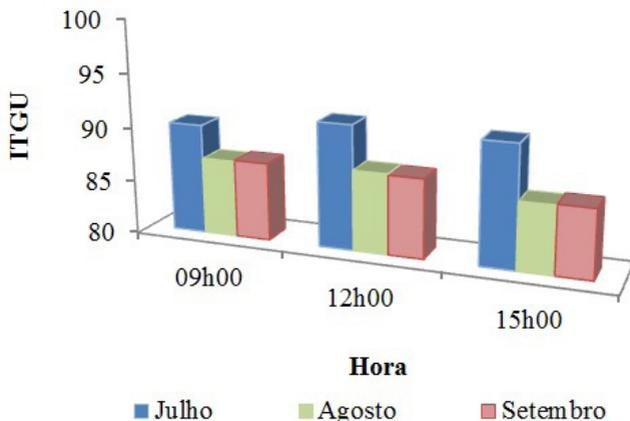


Figura 16. Valores médios do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), para os meses de julho, agosto e setembro de 2013 nos horários das 09h00, 12h00 e 15h00.

Neste sentido, os valores mais elevados para o Índice de Temperatura de Globo e Umidade, na comparação entre indivíduos arbóreos, foram obtidos a pleno sol (ITGU = 92,7 a 93,6), em todos os horários avaliados, às 12h00 (Figura 17). À sombra, os valores máximos obtidos foram de 89,4 para Cambará, de 89,7 para Eucalipto e 91,7 para Cumbaru.

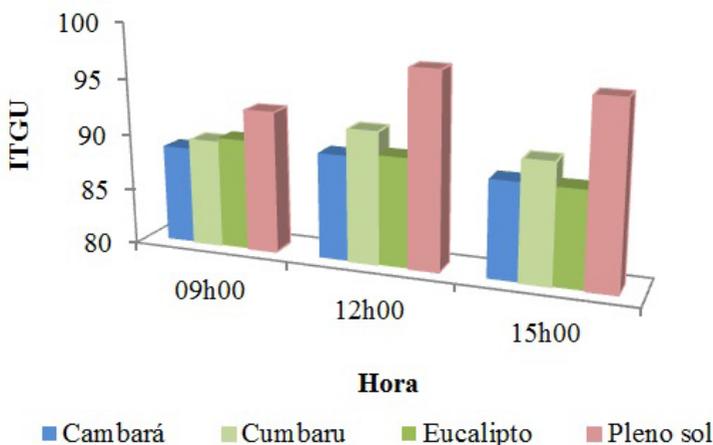
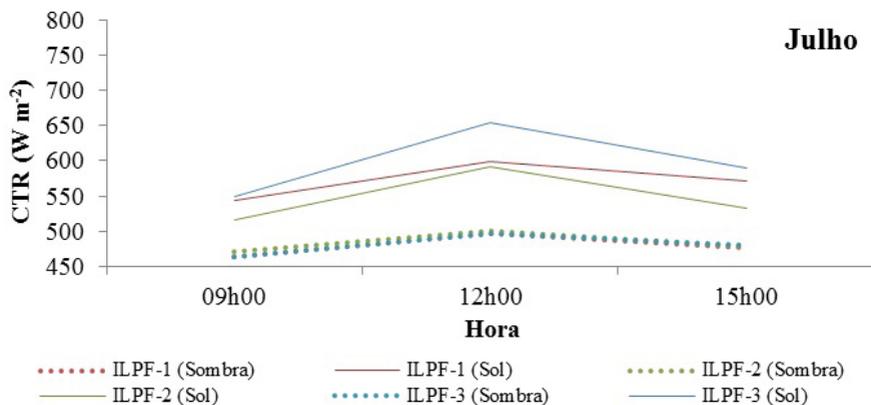


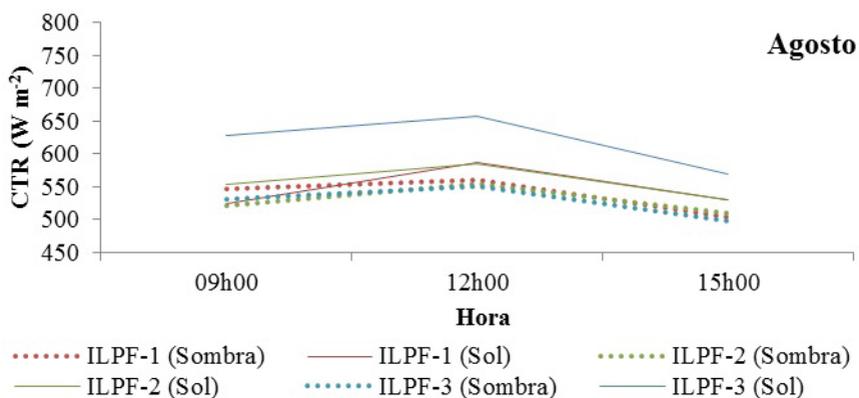
Figura 17. Valores médios do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), para as espécies avaliadas, nos horários das 09h00, 12h00 e 15h00.

ABLAS et al. (2007), ao avaliarem a sombra natural, em pastagens, encontraram valores de ITGU à sombra de 87, e ao sol de 89. Navarini et al. (2009), observaram que os valores de ITGU foram maiores em todos os tratamentos no período das 15h00, com pico de 88 para o tratamento a pleno sol, considerado situação de emergência. Titto (2006), avaliando o ITGU sob sombra natural, sombra artificial e sem disponibilidade de sombra, observou maiores valores de ITGU a partir das 12h00, sendo que em todos os tratamentos caracterizou-se condição de “emergência”. Da mesma forma, Kazama et al. (2008), verificaram menor variação no ITGU no período da tarde. Gurgel et al. (2012) observaram que as árvores promoveram considerável redução no ITGU (76 e 78) em relação ao ambiente exposto ao pleno sol (85), e que a espécie copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) apresentou o melhor desempenho entre as espécies estudadas. Oliveira et al (2014) afirmam que sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto apresentam melhores condições de conforto térmico (ITGU de 76 a 78), quando comparado a um sistema de integração lavoura-pecuária (ITGU igual a 80).

Segundo Morais (2002), a Carga Térmica de Radiação (CTR) traduz o total de energia térmica trocada entre o indivíduo e o ambiente e deveria ser a menor possível para se obter conforto térmico. Assim, ao longo do período experimental, a variação da CTR observada entre os sistemas foi de 463,6 a 784,3 W m<sup>-2</sup>, sendo observado ao sol e as 12h00, os valores mais estressantes. Por outro lado, em todos os meses, todas as espécies estudadas foram capazes de reduzir a CTR à sombra (Figura 17). As árvores dispersas (ILPF-3) proporcionaram redução na CTR em 24,0% em julho, 16,6% em agosto e 28,6% em setembro. Dentre as densidades, o sistema ILPF-2 se mostrou mais eficiente em relação ao ILPF-1, reduzindo 15,2% em julho, 5,3% em agosto e 16,1% em setembro, comparado ao sistema ILPF-1 com 17,0% em julho, 4,6% em agosto e 7,3% em setembro. A variação entre os sistemas foi de 463,6 a 653,8 W m<sup>-2</sup> em julho, de 498,2 a 656,8 W m<sup>-2</sup> em agosto, e de 521,4 a 784,3 W m<sup>-2</sup> em setembro (Figura 18).



Sol	ILPF-1	$Y = -4,61x^2 + 115,38x - 119,88$	$R^2 = 0,92$
	ILPF-2	$Y = -7,30x^2 + 178,15x - 494,55$	$R^2 = 0,92$
	ILPF-3	$Y = -9,33x^2 + 230,66x - 769,97$	$R^2 = 0,85$
Sombra	ILPF-1	$Y = -3,03x^2 + 75,04x + 33,87$	$R^2 = 0,92$
	ILPF-2	$Y = -2,97x^2 + 72,63x + 57,25$	$R^2 = 0,96$
	ILPF-3	$Y = -2,73x^2 + 68,44x + 69,47$	$R^2 = 0,88$



Sol	ILPF-1	$Y = -6,73x^2 + 162,42x - 392,01$	$R^2 = 0,90$
	ILPF-2	$Y = -4,78x^2 + 110,70x - 54,96$	$R^2 = 0,89$
	ILPF-3	$Y = -6,47x^2 + 145,55x - 156,79$	$R^2 = 0,91$
Sombra	ILPF-1	$Y = -3,96x^2 + 88,15x + 73,16$	$R^2 = 0,97$
	ILPF-2	$Y = -4,17x^2 + 98,32x - 24,74$	$R^2 = 0,99$
	ILPF-3	$Y = -3,98x^2 + 90,08x + 43,90$	$R^2 = 0,95$

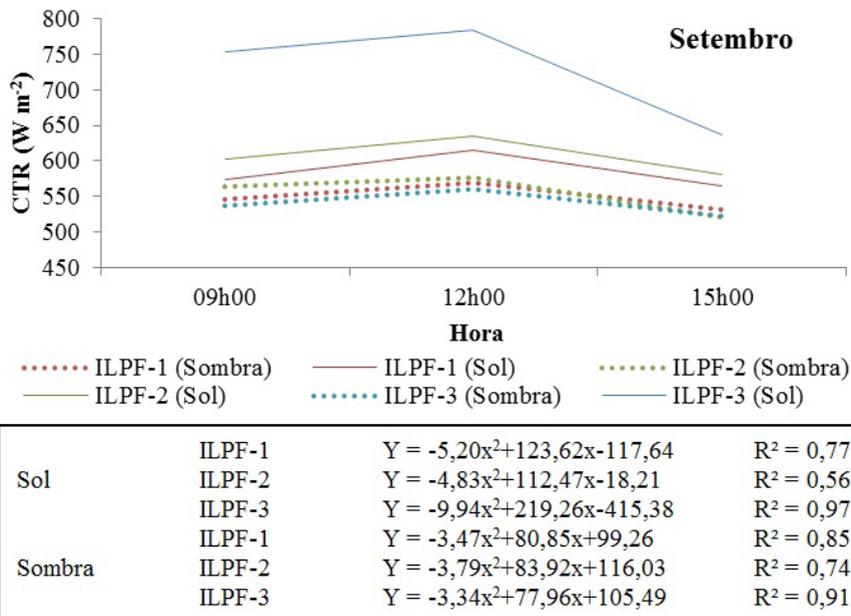


Figura 18. Carga térmica de radiação (CTR), nos meses de julho, agosto e setembro de 2013, ao sol e à sombra, às 09h00, 12h00 e 15h00 (horário local, GMT -04h00), em sistemas em integração, em Campo Grande (MS).

Entre os meses, setembro apresentou as maiores médias diárias, com variação de 554,9 W m<sup>-2</sup> a 590,0 W m<sup>-2</sup> (Figura 19).

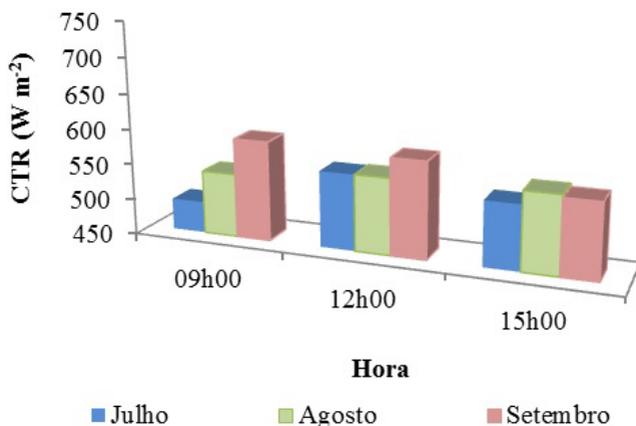


Figura 19. Valores médios da Carga Térmica de Radiação (CTR, W m<sup>2</sup>), para os meses de julho, agosto e setembro de 2013 nos horários das 09h00, 12h00 e 15h00.

Na comparação entre as espécies, os valores mais elevados para a CTR foram encontrados ao pleno sol, às 12h00, com máxima de  $704,5 \text{ W m}^{-2}$ , sendo observadas reduções de  $205,2 \text{ W m}^{-2}$  para a sombra do Cumbaru,  $199,2 \text{ W m}^{-2}$  do Cambará e  $185,7 \text{ W m}^{-2}$  para o eucalipto (Figura 20).

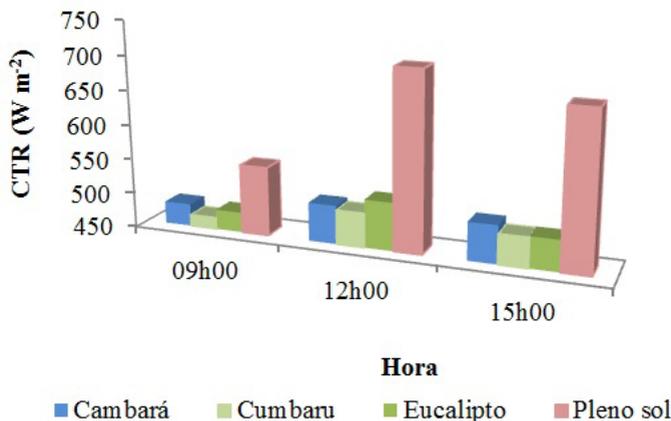


Figura 20. Valores médios da Carga Térmica de Radiação (CTR,  $\text{W m}^{-2}$ ), para as espécies avaliadas, nos horários das 09h00, 12h00 e 15h00.

Baliscei et al. (2013) também encontraram às 12h00 as maiores médias de CTR, com valores de  $639,8 \text{ W m}^{-2}$  em sistema silvipastoril com eucaliptos em renque duplo, e  $778,4 \text{ W m}^{-2}$  no tratamento sem sombra. Também Guiselini et al. (1999), ao avaliarem a qualidade das sombras proporcionadas por santa bárbara (*Melia azedarach*), leucena (*Leucaena leucocephala*), chapéu de sol (*Terminalia catappa*) e bambu (*Bambusa vulgaris*), em pastagem, encontraram média de  $546,7 \text{ W m}^{-2}$  às 14h00. Gurgel et al. (2012), determinaram CTR de  $750 \text{ W m}^{-2}$  em pleno sol, entre as 11h00 e 12h00, com reduções de 150 a  $200 \text{ W m}^{-2}$  sob a sombra, sendo que a espécie copaíba (*Copaifera langsdorffii*), apresentou o melhor desempenho entre as espécies (CTR de  $530 \text{ W m}^{-2}$ ).

## Conclusão

Modificações ambientais que consigam atenuar o estresse térmico dentro dos sistemas de produção, contribuem para um maior bem-estar animal, e são essenciais para o aumento da produtividade pecuária nos trópicos.

Em pastagens, a presença de árvores é uma das formas, se não a mais eficaz, capaz de modificar o ambiente circunstante, principalmente pelo bloqueio da radiação solar. De fato, independente do arranjo, densidade ou espécie arbórea, tem-se um microclima mais favorável, com redução das temperaturas do ar e de globo negro, e aumento da umidade relativa. Tais condições favorecem melhores índices de conforto térmico e a redução da Carga Térmica de Radiação.

Sugere-se que sistemas com maior espaçamento entre renques de árvores e aqueles com espécies arbóreas dispersas favoreçam ao bem-estar e o conforto térmico animal, devido à maior circulação dos ventos entre o seu interior e o entorno ao sistema, colaborando para as trocas térmicas.

Diante do exposto, no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta que preveem o componente arbóreo (silvipastoris ou agrossilvipastoris) são importantes alternativas para a sustentabilidade da pecuária em pastagens.

## Referências

ABLAS, D.S.; TITTO, E.A.L.; PEREIRA, A.M.F.; TITTO, C.G.; LEME, T.M.C. Comportamento de bubalinos a pasto frente à disponibilidade de sombra e água para imersão. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.2, p.167-175, 2007.

ABREU, L.V.; LABAKI, L.C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v.10, n.4, p.103-117, 2010.

ABREU, L. V. **Estudo do raio de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

AGGARWAL, A.; UPADHYAY, R. **Heat stress and animal productivity**. Springer, London. 2013. p.169-183.

ALVES, F. V. O componente animal em sistemas de produção em integração. In:

BUNGENSTAB, D. J. (2ªEd.). **Sistemas de integração, a produção sustentável**. Brasília: Embrapa, 2012. p.143-154.

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

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em Edificações Rurais: Conforto animal**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269 p.

BALISCEI, M. A.; BARBOSA, O. R.; SOUZA, W.; COSTA, M. A. T.; KRUTZMANN, QUEIROZ, E. O. Microclimate without shade and silvopastoral system during summer and winter. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.35, n.1, p.49-56, 2013.

BROOM, D. M.; GALINDO, F. A.; MURGUEITIO, E. Sustainable efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. **Proceedings of the Royal Society**, v.280, n.1771, 2013.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. Black globe humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

BUFFINGTON, D.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shade management Systems to reduce heat stress for dairy cows in hot humid climates. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 26, p. 1798-1802, 1983.

ESMAY, M. L. **Principes of animal environment**. Porto Oeste: Avi Publishing, 1979.

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; COELHO, S. G.; CARVALHO, A. U.; FERREIRA, P. M. FACURY FILHO, E. J.; CAMPOS, W. E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p. 732-73, 2006.

FERREIRA, L. C. B.; MACHADO FILHO, L. C. P.; HOETZEL, M. J.; LABARRÊRE, J. G. O efeito de diferentes disponibilidades de sombreamento na dispersão de fezes dos bovinos nas pastagens. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, p.137-146, 2011.

GUISELINI, C.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. Avaliação da qualidade do sombreamento arbóreo no meio rural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.380-384, 1999.

GURGEL, E. M.; SERAPHIM, O. J.; SILVA, I. J. O. Método de avaliação bioclimática da qualidade da sombra de árvores visando ao conforto térmico animal. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.27, n.2, p.20-34, 2012.

KARVATTE JUNIOR, N. **Microclima em sistemas de integração e características quantitativas da sombra de espécies arbóreas nativas e cultivada, no Cerrado**. 81f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon. 2014.

KARVATTE JUNIOR N.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G. de; MESQUITA, E. E.; OLIVEIRA, C. C. de.; ALVES, F. V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v.60, p.1-9, 2016.

KAZAMA, R.; ROMA, C. F. C.; BARBOSA, O. R.; ZEOULA, L. M.; DUCATTI, T.; TESOLIN, L. C. Orientação e sombreamento do confinamento na temperatura da superfície do pelame de bovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.30, n.2, p.211-216, 2008.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México. 1948, p 479.

LEME, T. M. S. P.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, L. J. M. Comportamento de vacas mestiças Holandês-Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 668-675, maio/jun., 2005.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; COSTA, H. C. Sazonalidade e distribuição espaço-temporal das chuvas no bioma do cerrado do estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n.1, p.77-86, 2012.

MORAIS, D. A. E. F. **Variação de características do pelame, níveis de hormônios tireoideanos e produção de vacas leiteiras em ambiente quente e seco**. 2002. 123 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, SP.

MORENO, M. M.; NOGUCHI, E.; LABAKI, L. C. Índice de Conforto Térmico para áreas externas em clima tropical de altitude. In: ENCONTRO NACIONAL DE E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ANTAC, 2007. CD-ROM.

NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. A., ALMEIDA, C. P.

Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.4, p.508-517, 2009.

NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; THIAGO, L. R. L. de S.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. A. Sistemas silvipastoris-Introdução de árvores na pecuária do Centro-Oeste brasileiro. In: Documentos, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, p. 1-37, 2004.

OLIVEIRA, C. C. **Desempenho e comportamento ingestivo diurno de novilhas nelore em sistemas integrados de produção no Cerrado brasileiro**. 84f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuris, Diamantina. 2013.

PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; NICODEMO, M. L. F.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G.; PARMEJANI, R. S. Microclimate and soil moisture in a silvipastoral system in southeastern Brazil. **Bragantia**, v.74, n. 1, p.110-119, 2015.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; SOUZA, J. M.; PEZZOPANE, J. E. M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com nogueira macadâmia. **Ciência Rural**, v.40, n.6, p. 1258-1263, 2011.

PORFIRIO-DA-SILVA, V. Sistemas silvipastoris em Mato Grosso do Sul. Para quê adotá-los?. In: Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, 2003, Campo Grande, MS. **Anais...** Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável. Campo Grande, MS: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2003. v. CD-Rom. p. 1-13.

SAS - INSTITUTE INC. STATISTICAL. **Analysis system user's guide**. Version 9.0. Cary. Statistical Analysis System Institute, 2002. 1025p.

SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Caracterização microclimática no interior dos talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, localizados em Anhembi, SP. **Revista Ciência Florestal**. v.3, n.1, p.9-20, 1993.

SCHÜTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; COX, N. R.; TURCKER, C. B. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behavior and body temperature. **Applied Animal Behaviour Science**, v.116, p.28-34, 2009.

SILVA, R.G. Predição da configuração de sombra de árvores em pastagens para bovinos. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p. 268-281, 2006.

SILVA, R. G. **Biofísica ambiental**: os animais e seu ambiente. Jaboticabal: Funep, 2008, 393 p.

SILVA, L. C.; LUCAS, F. T.; BORGES, B. M. M. N.; SILVA, W. J. Influência da radiação fotossinteticamente ativa no crescimento e desenvolvimento de forrageiras tropicais. **FAZU em Revista**. n. 7, p. 63-67, 2010.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. The environment. In: [SI.: s.n]. **Principles of animal biometeorology**. 2013, p.1-37.

SOUZA, C. F.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; FERREIRA, W. P. M.; SILVA, R. S. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência Agrotecnologica**, v.26, n.1, p.157-164, 2002.

TITTO, C.G. **Comportamento de touros da raça Simental a pasto com recurso de sombra e tolerância ao calor**. 2006. 54 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

THOM, E. C. Cooling degrees: day air-conditioning, heating and ventilating. **Transaction of the American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers**, v.55, n.7, p.65-72, 1958.

THORNTON, P. K.; VAN DE STEEG, J.; NOTENBAERT, A.; HERRERO, M. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: a review of what we know and what we need to know. **Agricultural Systems**, v.101, p.113-127, 2009.

TRUMBO, B. A.; WISE, L. M.; HUDY, M. Influence of protective shielding devices on recorded air temperature accuracy for a rugged outdoor thermal sensor used in climate change modeling. **National Environment Science**, v.3, n.1, p.42-50, 2012.

**Embrapa**

---

*Gado de Corte*

CGPE 13234



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

