

MÉTODO DE AVALIAÇÃO BIOCLIMÁTICA DA QUALIDADE DA SOMBRA DE ÁRVORES VISANDO AO CONFORTO TÉRMICO ANIMAL¹

ESTELITA MARIA GURGUEL²; ODIVALDO JOSÉ SERAPHIM³ & IRAN JOSÉ OLIVEIRA DA SILVA⁴

RESUMO: As altas temperaturas e a radiação solar direta causam grandes prejuízos aos animais em pastagens e para aliviá-los desses estressores climáticos a melhor estratégia é a provisão de sombra de árvores. Este trabalho propõe uma metodologia para caracterizar e avaliar a qualidade térmica do sombreamento de algumas espécies arbóreas visando o conforto térmico animal. O método foi testado no município de Botucatu, SP, onde foram avaliadas as sombras de exemplares de três espécies arbóreas: pau-terra-da-areia (*Qualea dichotoma* (Warm.) Stapf.), chico-pires (*Pithecolobium incuriale* (Vell.) Benth.) e copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.). A temperatura do ar, a umidade relativa, a temperatura de ponto de orvalho e a temperatura de globo negro foram registradas em mini dataloggers durante 15 dias de verão, das 8 às 17 horas, ao sol e à sombra das espécies. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições. Foram utilizados os índices de conforto térmico ITU, ITGU e CTR para avaliar a qualidade das sombras, com resultados que diferiram entre as espécies. Concluiu-se que a metodologia proposta foi eficiente para esse tipo de avaliação e pode ser recomendada.

Palavras-chave: Metodologia, sombreamento natural, ambiência animal.

¹ Parte da dissertação de mestrado do 1º autor, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Energia na Agricultura, intitulada: Qualidade do sombreamento natural de três espécies arbóreas visando ao conforto térmico animal

² Arquiteta, doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu - SP, Fone: (14) 3811 7165, estelitagurgel@yahoo.com.br

³ Orientador, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu - SP, Fone: (14) 3811 7165, seraphim@fca.unesp.br

⁴ Co-orientador, Prof. Dr., Núcleo de Pesquisa em Ambiência - NUPEA, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba - SP, Fone: (19) 3447 8563, ijosilva@esalq.usp.br

METHOD OF BIOCLIMATIC EVALUATION OF TREES SHADE QUALITY TARGETING THE ANIMAL THERMAL COMFORT

SUMMARY: *High temperatures and direct solar radiation cause significant harm to animals on pastures and to relieve them from the weather stress, the best strategy is to provide them trees shade. This work proposes a methodology to characterize and evaluate the thermal quality of shading of some species of trees focusing on the animal thermal comfort. The method was tested in Botucatu/ SP, Brazil. Samples of three trees species shades were evaluated: *Qualea dichotoma* (Warm.) Stafl., *Pithecolobium incuriale* (Vell.) Benth., and *Copaifera langsdorffii* Desf.. The variables air temperature, relative humidity, dew point temperature, and black globe temperature were registered in mini data loggers for 15 summer days, from 8am to 5pm, under the sun and under the shade of those species. The statistical design was completely randomized with four treatments and three repetitions. The thermal comfort indexes THI, BGHI and CTR were used to evaluate the shades qualities, which differed between species. It can be concluded that the proposed methodology was efficient for this type of evaluation and it can be recommended.*

Keywords: *Methodology, natural shade, animal environment.*

1 INTRODUÇÃO

A maior parte do território brasileiro situa-se na faixa intertropical, considerada a mais quente do planeta e que recebe a maior quantidade de radiação solar. O uso do sombreamento, principalmente, nessas regiões é uma das práticas mais eficientes para reduzir os efeitos indesejáveis do clima e as árvores constituem os melhores e mais econômicos recursos para proteger os animais em campo aberto.

A temperatura e a radiação solar são estressores climáticos que, de acordo com muitos autores, podem afetar o crescimento, a produção de leite e a reprodução dos animais. Segundo Baccari (2001), vários experimentos realizados em regiões de clima quente demonstraram que vacas que dispõem de acesso à sombra, durante as horas mais quentes dos dias de verão, podem produzir até 25% a mais de leite que aquelas expostas ao sol. Em pesquisas, Glaser (2008) observou que bovinos utilizaram as sombras como primeiro recurso contra as temperaturas elevadas e a radiação solar direta; Titto (2006) verificou que o sombreamento da pastagem alterou positivamente o comportamento de pastejo, ruminação e ócio de touros Simental, e que a sombra natural apresentou vantagens sobre a artificial; Ablas et al. (2007) ressaltaram que o sombreamento natural nas pastagens poderia favorecer também os bubalinos. Comparando com

o tratamento a pleno sol, Silva (2008) verificou que a sombra das árvores reduziu em 26% a carga de calor sobre bovinos a pasto. Navarini et al. (2009) avaliaram o efeito do estresse térmico na produção bovina ao sol e sob diferentes condições de sombreamento (com árvores isoladas e em pequenos bosques) no oeste do Paraná e o ambiente que se mostrou mais propício foi o sombreado por pequenos bosques de guajuvira. Em um sistema silvipastoril, Leme et al. (2005) observaram que no verão, as vacas mestiças Holandês-Zebu preferiram manter-se à sombra, especialmente de espécies arbóreas com copas globosas e densas. Para Oliveira et al. (2008) uma das grandes vantagens desse sistema é o conforto térmico do gado, porém orientam para a implantação de espécies arbóreas adequadas.

A percepção de que determinadas características das árvores podem interferir no conforto térmico de pessoas ou de animais têm motivado diversos estudos de campo no Brasil numa tentativa de se classificar as espécies segundo sua capacidade modificadora do microclima. Alguns exemplos são: Bueno (1998), Bueno-Bartholomei (2003) e Abreu (2008) no meio urbano; e no meio rural: Waldige (1994), Ayres (2004), Guiselini et al. (1999) e Martins (2001), sendo os dois últimos em pastagem.

Assim, o presente trabalho propôs uma metodologia para caracterizar e avaliar a qualidade térmica do sombreamento de três espécies arbóreas, pau-terra-da-areia (*Qualea dichotoma* (Warm.) Stafl.), chicopires (*Pithecolobium incuriale* (Vell.) Benth.) e copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), visando o conforto térmico do animal no pasto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

Definiu-se como adequada uma área não pavimentada, coberta por vegetação rasteira e diversas espécies arbóreas isoladas, livres de interferências de edificações ou outros obstáculos; considerando-se ainda a facilidade de acesso, a localização das árvores (bem distribuídas no campo) e a distância entre elas, visando à exequibilidade do trabalho. Assim, conduziu-se o experimento numa propriedade rural no município de Botucatu, SP (latitude entre 22° 50'48" e 22° 51'05" S, longitude entre 48° 26' 11" e 48° 26'26" W e altitude média de 820 m) com topografia suavemente ondulada coberta por pastagem. O clima, segundo Köppen, caracteriza-se como Cfa (temperado (mesotérmico), úmido com temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C) e a normal climatológica da precipitação pluviométrica igual a 1.428 mm (CUNHA; MARTINS, 2009).

2.2 Seleção das espécies e dos indivíduos arbóreos

Após o levantamento das espécies arbóreas no local foram selecionados apenas os exemplares “isolados no campo” considerando-se: provimento de boa sombra; altura sob a copa (suficiente para a aproximação de bovinos); projeção da sombra (livre da interferência de outras árvores ou construções); idade adulta; tamanho dos frutos (para evitar riscos aos animais, se ingeridos); folhas, frutos ou cascas não tóxicos e sem raízes expostas, conforme Silva et al. (1998), Guiselini et al. (1999) e Martins (2001).

Definiu-se que três exemplares de cada espécie seria o número mínimo para que se obtivesse resultado confiável e condicionou-se a seleção a esse número; porém a distância entre elas não poderia dificultar o trabalho do pesquisador que deveria percorrê-las durante o dia todo, deslocando os equipamentos de hora em hora para garantir sua permanência no eixo da projeção de cada sombra.

Das espécies encontradas no local apenas três apresentaram aparência íntegra e atenderam aos critérios preestabelecidos: pau-terra-da-areia (*Qualea dichotoma* (Warm.) Staf.), chico-pires (*Pithecolobium incuriale* (Vell.) Benth.) e copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), conforme Figuras 1, 2 e 3; e a distância média aproximada entre as árvores era de 300m.



Figura 1 - Exemplares (1a, 1b, 1c) da pau-terra-da-areia (*Qualea dichotoma* (Warm.) Staf.).



Figura 2 - Exemplares (2a, 2b, 2c) da chico-pires (*Pithecolobium incuriale* (Vell.) Benth.).



Figura 3 - Exemplares (3a, 3b, 3c) da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.).

Os exemplares eram adultos e providos de folhas durante todo o período experimental, porém sem flores ou frutos. Suas características individuais: altura, altura de fuste, diâmetro da copa e diâmetro do tronco à altura do peito (DAP) estão dispostos na Tabela 1; e suas características gerais podem ser encontradas em Lorenzi (2000).

Tabela 1 - Características das árvores selecionadas para o estudo (medidas aproximadas).

Espécie	Figura	altura (m)		diâmetro (m)	diâmetro (cm)
		árvore	fuste	copa	DAP
pau-terra-da-areia (<i>Qualea dichotoma</i> (Warm.) Stafl.)	6 (1a)	9,5	3,5	10,0	39
	6 (1b)	8,5	2,5	7,0	33
	6 (1c)	7,0	2,5	10,0	22; 19; 23 (*)
chico-pires (<i>Pithecolobium incuriale</i> (Vell.) Benth.)	7 (2a)	13,0	4,0	8,0	43
	7 (2b)	11,5	4,0	7,0	40
	7 (2c)	9,0	3,0	5,5	19; 27 (*)
copaíba (<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.)	8 (3a)	7,5	3,0	7,0	30
	8 (3b)	10,0	3,0	8,5	34; 32 (*)
	8 (3c)	7,5	2,5	6,0	25; 17 (*)

(*) árvore com tronco ramificado abaixo de 1,30m de altura do solo.

2.3 Demarcação dos pontos de coleta de dados

Após a seleção das árvores observou-se o deslocamento de suas sombras ao longo do dia de acordo com a movimentação do sol, segundo Silva et al. (1996), Guiselini et al. (1999) e Martins (2001). Nas “horas cheias”, entre 8 e 17 horas, foram demarcados no solo os centros geométricos das sombras projetadas (pontos de coleta de dados) com estacas numeradas correspondentes às 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17 horas. Ao lado de cada estaca introduziu-se no solo um tubo de aproximadamente 30 cm para facilitar a fixação do suporte com os equipamentos de medição (Figura 4).

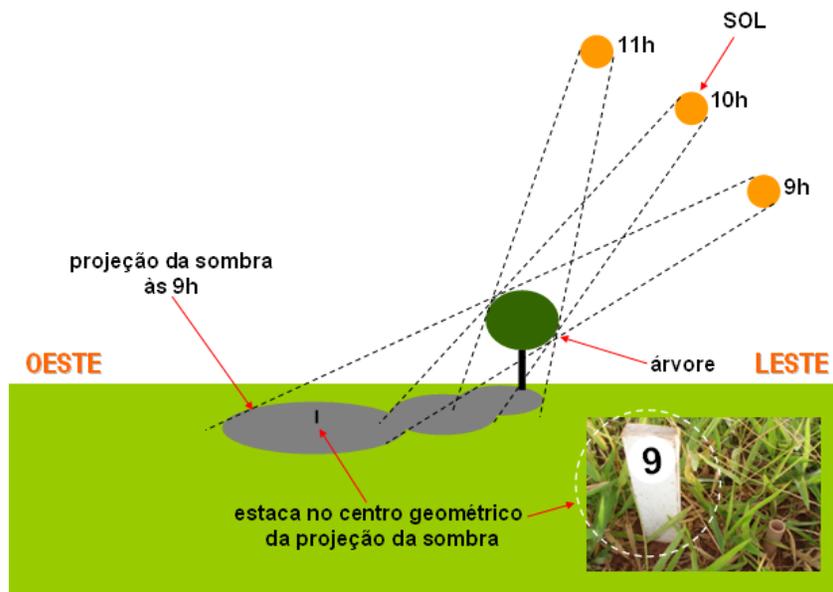


Figura 4 - Esquema do deslocamento da projeção da sombra ao longo do dia e detalhe de estaca utilizada para demarcação dos horários de registro de dados.

No horário em que o centro geométrico da sombra coincidiu com o tronco da árvore (entre 12 e 13h) a estaca foi colocada a uma distância de aproximadamente 50 cm do tronco. Assim foram demarcados dez pontos de coleta à sombra de cada uma das árvores e, num local próximo a elas demarcou-se mais um ponto, este, fixo e exposto ao sol (testemunha a céu aberto).

Durante o período experimental houve necessidade de se remarcar por mais duas vezes os pontos de medição, em função da alteração da posição do sol em relação a terra.

2.4 Equipamentos de medição e registro dos dados

Para a coleta e registro dos dados foram utilizados mini dataloggers HOB0[®] providos de sensores de temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de ponto de orvalho e duas entradas para equipamentos externos, onde se conectou o globo negro por meio de um cabo. Esses mini dataloggers são práticos, relativamente baratos e apresentam diversas vantagens sobre os psicrômetros, pois permitem que um pesquisador sozinho em campo instale diversos desses equipamentos em locais distintos, programados para o registro simultâneo de muitas variáveis por um longo período e com intervalos de tempo bastante reduzidos.

Para garantir a confiabilidade dos dados coletados os mini dataloggers foram programados para registrar a cada quinze minutos. E para evitar o comprometimento dos resultados, estes foram protegidos

da radiação solar direta com abrigos elaborados de forma simples e com materiais baratos (pratinhos plásticos para vasos), conforme a Figura 5. E por se tratar de equipamentos eletrônicos, passíveis de falhas, foram utilizados sempre em duplicatas. Assim, em cada ponto de medição (ao sol e à sombra das árvores) instalou-se um suporte móvel contendo: dois mini dataloggers e dois globos negros, a 1,60 m do solo, simulando o dorso do bovino, segundo Silva et al. (1996), Guiselini et al. (1999) e Martins (2001).



Figura 5 - Vista geral do suporte com os equipamentos e detalhes do abrigo do mini datalogger.

2.5 Registro de dados

Os registros foram programados para as 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17 horas, de acordo com Silva et al. (1998). Considerando-se o número reduzido de equipamentos, para viabilizar a coleta simultânea dos dados ao sol e à sombra das nove árvores selecionadas (três exemplares de cada uma das três espécies) foi necessário organizá-las em grupos. Estes foram compostos por um exemplar de cada espécie e mais a testemunha a céu aberto (ao sol, sempre no mesmo ponto fixo).

Assim, as árvores foram organizadas em três grupos, **A**, **B** e **C**, da seguinte forma: **Grupo A**: 1a + 2a + 3a + testemunha; **Grupo B**: 1b + 2b + 3b + testemunha; **Grupo C**: 1c + 2c + 3c + testemunha. Onde, **1**, **2** e **3** são as espécies: **1** (pau-terra-da-areia), **2** (chico-pires) e **3** (copaíba) e, **a**, **b** e **c** são os exemplares das respectivas espécies.

Cada grupo foi avaliado durante cinco dias utilizando-se simultaneamente um conjunto de equipamentos à sombra de cada árvore (no centro geométrico de sua projeção) e outro conjunto ao sol (Figura 6). Os equipamentos à sombra foram deslocados de hora em hora, de acordo com a movimentação do sol. O mesmo procedimento se repetiu nos três grupos, somando no final do período, quinze dias (não consecutivos) de coleta.

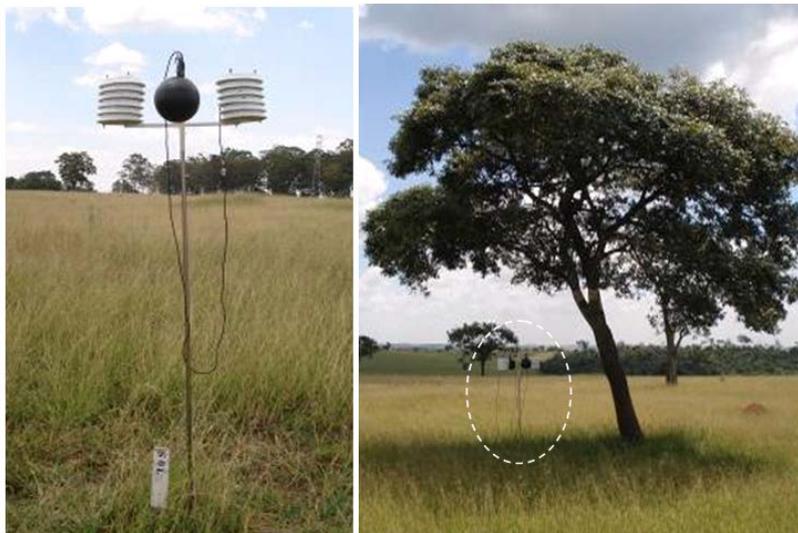


Figura 6 - Vista do suporte com equipamentos instalados a céu aberto (ao sol) e no centro geométrico da projeção da sombra de uma das árvores.

Os registros ocorreram nos meses de janeiro, fevereiro e março, em dias límpidos e/ou parcialmente nublados e, embora parte deles tenha ocorrido no período em que vigorava o horário de verão, para a análise dos dados fez-se uma padronização.

As variáveis registradas foram: temperatura do ar (°C), temperatura do ponto de orvalho (°C), umidade relativa do ar (%) e temperatura de globo negro (°C). A velocidade do vento (m/s) foi registrada em estação meteorológica próxima a área do experimento.

2.6 Avaliação térmica da qualidade do sombreamento natural

Para a caracterização térmica das diferentes espécies arbóreas foram utilizados os valores das medições das propriedades psicrométricas do ar (temperatura, umidade relativa, temperatura de ponto de orvalho) e da temperatura de globo negro à sombra das mesmas, conforme Silva et al. (1996), Guiselini et al. (1999) e Martins (2001). Para a avaliação do microclima proporcionado pela sombra dessas espécies fez-se, segundo esses mesmos autores, um estudo comparativo (tomando-se como referência a condição a céu aberto) utilizando-se os índices de conforto térmico ITU, ITGU e a CTR descritos abaixo.

I. *Índice de temperatura e umidade* (ITU ou THI) desenvolvido por Thom (1958);

$$THI = Ta + 0,36.Tpo + 41,5 \quad (1)$$

onde:

THI = índice de temperatura e umidade (adimensional)

Ta = temperatura do ar (°C)

Tpo = temperatura de ponto de orvalho (°C)

II. *Índice de globo e umidade* (ITGU ou BGHI); proposto por Buffington et al. (1981).

$$BGHI = Tg + 0,36.Tpo + 41,5 \quad (2)$$

onde:

BGHI = índice de globo e umidade (adimensional)

Tg = temperatura de globo negro (°C)

Tpo = temperatura de ponto de orvalho (°C)

III. *Carga térmica radiante* (CTR), proposta por Esmay (1979).

$$CTR = \sigma.(TMR)^4 \quad (3)$$

$$TMR = 100.\left\{ \left[2,51.(VV^{0,5}).(Tg - Ta) + \left(\frac{Tg}{100} \right)^4 \right]^{0,25} \right\} \quad (4)$$

onde:

CTR = carga térmica radiante (Wm²)

σ = constante de Stefan-Boltzman (5,67.10⁻⁸ Wm⁻² °K⁻⁴)

TMR = temperatura radiante média (°K)

VV = velocidade do vento (m/s)

Ta = temperatura ambiente (°K)

Tg = temperatura de globo negro (°K)

A classificação das espécies, segundo sua capacidade de retenção de carga térmica radiante, foi apresentada em percentual a partir do valor da CTR ao sol.

2.8 Delineamento Estatístico

Foi constituído de quatro tratamentos (três espécies arbóreas mais a testemunha a céu aberto) com três repetições (três exemplares de cada espécie). Cada conjunto (A, B e C, conforme descrito anteriormente), composto dos quatro tratamentos, foi avaliado durante cinco dias totalizando quinze dias amostrais. Para a análise dos dados utilizou-se o programa estatístico SAS. Verificou-se a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk (P<0,05) e a homogeneidade de variância pelo método de Box-Cox. Os valores que apresentaram heterocedasticidade foram analisados por meio de transformação dos dados seguindo as recomendações de Box-Cox, ou por meio do teste não paramétrico Kruskal-Wallis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando-se que o ambiente é composto de estressores que interagem e podem afetar a produção e a reprodução dos animais que nele vivem, de acordo com Silva (2000) e Baccari (2001), para adequá-lo e melhor avaliá-lo sobre o conforto e desempenho desses animais, diversos índices de conforto térmico foram idealizados baseados em medidas ambientais.

A utilização do índice de temperatura e umidade (ITU) para avaliar o conforto do animal com relação ao ambiente é bastante difundida na literatura. Segundo Silva (2000), ele foi desenvolvido para avaliar o conforto humano, porém tem sido usado para animais desde que Johnson et al. (1962, 1963) e Cargill e Stewart (1966) associaram significativas quedas na produção de leite de vacas a aumentos no valor desse índice. Observa-se que, de maneira geral, é considerado estressante para vacas de alta produção um ambiente com ITU acima de 72. Neste trabalho, tanto ao sol quanto à sombra das árvores o referido valor foi ultrapassado antes das 10 horas, como mostra a Figura 7 e nota-se que praticamente não houve diferenças entre o microclima proporcionado pelas três espécies. Os resultados apresentados na mesma figura ainda sugerem o ambiente ao sol era mais confortável do que os sombreados. Porém, Silva (2000) adverte que esse índice só leva em conta a temperatura e a umidade do ar desconsiderando a radiação térmica, que assim como Baccari (2001), afirma ser este fator ambiental o mais importante a se considerar para animais em campo aberto. E observa que, dessa forma, não se notará diferenças entre o ITU medido no interior de um abrigo, à sombra ou ao sol direto; o que pode justificar os estranhos resultados obtidos nesta pesquisa.

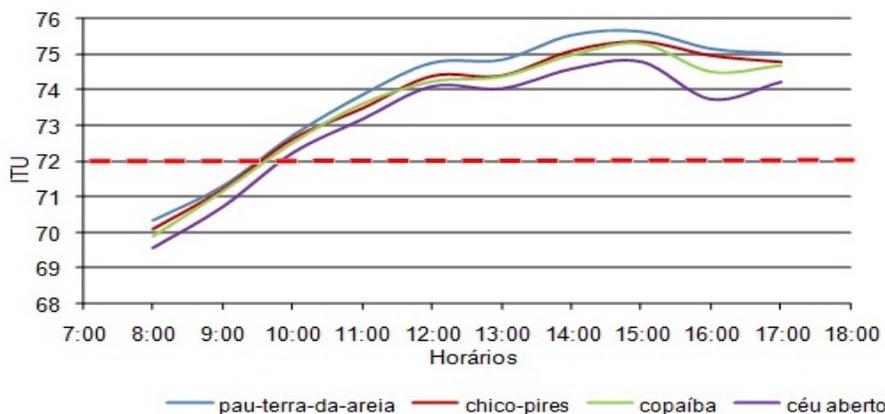


Figura 7 - Valores médios do ITU ao sol e à sombra das árvores analisadas nos horários do período estudado. Destaque para o valor considerado limite entre conforto e estresse para vacas de alta produção.

Já o índice de globo e umidade (ITGU) foi desenvolvido para vacas expostas à radiação térmica, a partir da substituição da temperatura do ar pela temperatura de globo negro em uma das equações do ITU e, comparado a este, é considerado um indicador mais acurado do conforto de animais sob condições seve-

ras de estresse pelo calor (SILVA, 2000 e BACCARI, 2001). Na Figura 8 observa-se que as árvores promoveram uma considerável redução no ITGU em relação ao ambiente exposto ao sol (a céu aberto) e que a espécie copaíba apresentou o melhor desempenho entre as espécies. Apesar disso, nota-se na mesma figura que após as 10 horas o ITGU à sombra das espécies chico-pires e pau-terra-da-areia ultrapassou a faixa (74-78) estabelecida por Baêta (1985) como “valor de alerta”, acima da qual as vacas Holandesas sofreriam de estresse calórico, conforme cita Silva (2008).

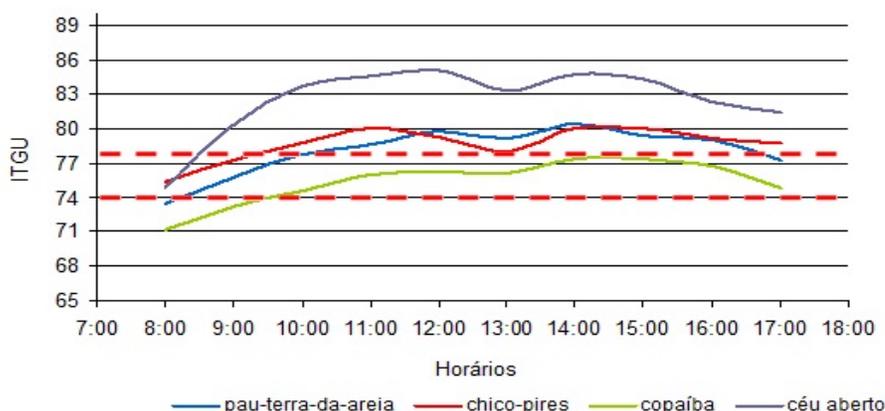


Figura 8 - Valores médios do ITGU ao sol e à sombra das árvores analisadas nos horários do período estudado com faixa (74-78) estabelecida por Baêta (1985) como “valor de alerta” para vacas holandesas.

Para Silva (2000) e Baccari (2001) as trocas térmicas entre os animais e o seu ambiente são de fundamental importância para o seu conforto em climas tropicais e, de acordo com o primeiro autor, elas podem constituir a diferença entre um ambiente tolerável e outro insuportável. Daí a importância de se determinar a CTR, que segundo Waldige (1994) e Silva (2000) é a quantidade total de energia térmica trocada entre um indivíduo e o ambiente por meio de radiação. Silva (2000) aponta para o globo negro (utilizado neste trabalho) como um dos melhores instrumentos para a sua determinação e explica que a temperatura por ele indicada provê uma estimativa dos efeitos combinados da energia térmica radiante proveniente do ambiente em todas as direções possíveis, da temperatura do ar e da velocidade do vento.

Na Figura 9 verificam-se significativas diferenças entre os valores médios da carga térmica radiante (CTR) medida ao sol e à sombra de qualquer espécie estudada e que os valores também diferiram de uma espécie para outra. Nota-se ainda a nítida superioridade no desempenho da copaíba, considerando-se que em um ambiente tropical o valor da CTR deve ser o menor possível (WALDIGE, 1994). Nas condições estudadas, a capacidade de retenção da carga térmica dessa espécie em relação ao céu aberto foi de 28,6% enquanto que da espécie chico-pires foi de 21,5% e da pau-terra-da-areia foi de 18,3%. Waldige (1994), Guiselini et al. (1999) e Martins (2001) também se utilizaram da CTR para avaliar o sombreamen-

to proporcionado por diversas espécies arbóreas em outras regiões visando o conforto do animal e também notaram diferenças significativas entre elas.

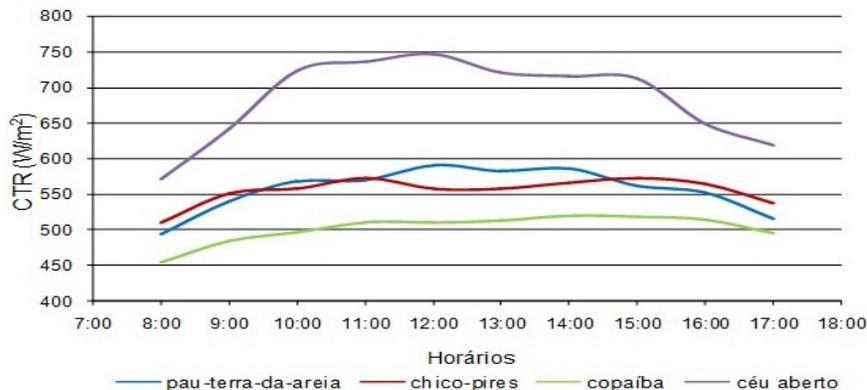


Figura 9 - Valores médios da CTR ($W.m^{-2}$) ao sol e à sombra das espécies arbóreas avaliadas nos horários do período estudado.

O estudo foi desenvolvido no verão por se tratar da estação mais crítica para os animais que vivem em país de clima quente, porém, para se obter um resultado mais completo é interessante que a metodologia seja utilizada nas demais estações do ano. Também é interessante o acréscimo de critérios que permitam avaliar possíveis interferências das características morfológicas das espécies arbóreas na qualidade térmica de sua sombra.

Nesta pesquisa optou-se por alternativas que além de assegurar mais confiabilidade aos resultados (como a adoção de no mínimo três exemplares de cada espécie), também facilitasse a execução do experimento em campo, pois, estes costumam ser trabalhosos e apresentam uma série de dificuldades que constituem verdadeiros desafios para o pesquisador, começando pela identificação da área experimental que deve reunir um grande número de quesitos, como os já descritos. Pode-se considerar que os minidataloggers HOBO[®] substituíram de forma prática e eficiente os tradicionais psicrômetros.

4 CONCLUSÕES

A metodologia proposta é eficiente para a avaliação térmica do sombreamento promovido por espécies arbóreas visando o conforto de animais e pode ser recomendada. Entretanto, o ITU não demonstrou ser um índice adequado para essa finalidade.

A qualidade térmica das sombras proporcionadas pelas espécies pau-terra-da-areia, chico-pires e copaíba difere entre si e nas condições estudadas a da espécie copaíba é superior à das demais.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa concedida (Processo nº 134887/2009-3) para o desenvolvimento desta pesquisa, ao Núcleo de Pesquisa em Ambiência (NUPEA) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da USP, Piracicaba, SP, ao Prof. Dr. Flávio Baccari Jr. e ao engenheiro agrônomo Dr. Antonio Ribeiro da Cunha pela valiosa colaboração.

6 REFERÊNCIAS

- ABLAS, D. S. et al. Comportamento de bubalinos a pasto frente a disponibilidade de sombra a água para imersão. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 2, p. 167-175, abr./jun. 2007.
- ABREU, L. V. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo/Arquitetura e Construção)-Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- AYRES, M. C. R. **Influência do sombreamento natural de duas espécies arbóreas na temperatura de edificações**. 2004. 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.
- BACCARI JR., F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em clima quente**. Londrina: Editora UEL, 2001. 142 p.
- BUENO, C. L. **Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas**. 1998. 177 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil/Saneamento e Ambiente)-Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.
- BUENO-BARTHOLOMEI, C. L. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo/Saneamento e Ambiente)-Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows.

Transaction of the ASAE, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP.

Irriga, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, jan./mar. 2009.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport: AVI, 1979. 325 p.

GLASER, F. D. **Aspectos comportamentais de bovinos das raças Angus, Caracu e Nelore a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão**. 2008. 117 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

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**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 380-384, 1999.

LEME, T. M. S. P. et al. Comportamento de vacas mestiças holandeses x zebu, em pastagem de *Bracharia decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 668-675, maio/jun. 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2000. v. 1, 352 p.

MARTINS, J. L. **Avaliação da qualidade térmica do sombreamento natural de algumas espécies arbóreas, em condição de pastagem**. 2001. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Água e Solos)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

NAVARINI, F. C. et al. Conforto térmico de bovinos da raça Nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 508-517, out./dez. 2009.

OLIVEIRA, T. K.; OLIVEIRA, T. C.; LUZ; S. A. **Arborização de pastagens: tecnologia para assegurar o bem-estar animal e a sustentabilidade das pastagens**. Rio Branco: EMBRAPA Acre, 2008. Disponível em: <http://www.cpaafac.embrapa.br/prodleite/pdf/arborizacao_Tadario.pdf>. Acesso em: 23 out. 2009.

SILVA, L. L. G. G. **Influência da arborização de pastagens no sistema solo-planta-animal**. 2008. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Ciência do Solo)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SILVA, I. J. O.; SILVA, K. O.; NÄÄS, I. A. Arborização: uma metodologia para avaliação da qualidade de sombras por meio dos índices de conforto térmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 1998. p.277-283.

SILVA, I. J. O. et al. Redução da carga térmica de radiação através do sombreamento natural. In: CONGRESSO DE INGENIERIA RURAL, 4.; CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERIA RURAL, 2., 1996, Neuquen. **Memórias...** Neuquen: Universidad Nacional del Comahe; Universidad Nacional de La Plata; INTA Centro Regional Patagonia Norte, 1996. p. 799-807.

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

TITTO, C. G. **Comportamento de touros da raça Simental à pasto com recurso de sombra e tolerância ao calor**. 2006. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007.

WALDIGE, V. **Avaliação do sombreamento proporcionado por alguns tipos de árvores em pastagens**. 1994. 30f. Monografia (Graduação em Zootecnia)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.