



## Índices microclimáticos em diferentes sistemas de produção à pasto: Sistema pleno sol e silvipastoril

### Microclimatic indices in different pasture production systems: Full sun and silvopastoral systems

Lucas Amorim Oliveira<sup>1</sup>, Aysha Rafaela da Silva Borga<sup>2</sup>, Diéli Patrícia de Souza<sup>3</sup>,  
Leonardo Piffer de Borba<sup>4</sup> Vicente de Paulo Macedo<sup>5</sup>

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os índices microclimáticos de dois sistemas de produção à pasto. A pesquisa foi realizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos, região caracterizada por clima subtropical úmido mesotérmico (Cfa). A área experimental é dividida em duas grandes áreas: o sistema pleno sol (PS) e sistema silvipastoril (SSP), sendo estes, os tratamentos avaliados. O SSP foi implantado sentido Leste-Oeste, sendo cada piquete constituído por fileiras duplas de louro-pardo (*Cordia trichotoma*) ou canafístula (*Peltophorum dubium*), dispostas com distanciamento de 1 m entre linhas, 2 m entre árvores e 10 metros entre renques. Foram avaliadas as variáveis microclimáticas: Temperatura do ar e da relva, umidade relativa do ar, velocidade do vento. A partir dos valores obtidos, foram realizadas mensurações de temperatura radiante média e carga térmica radiante. Houve diferença estatística entre as variáveis de temperatura do ar e relva ao longo do dia. Além disso, umidade relativa, carga térmica radiante e temperatura radiante média também apresentaram diferir. O SSP proporciona maior nível de umidade relativa do ar e menor temperatura do ar e da relva, bem como, valores reduzidos de temperatura média radiante e carga térmica radiante em comparação ao sistema à PS.

**PALAVRAS-CHAVE:** Carga térmica radiante; sombreamento; sistema silvipastoril.

#### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the microclimatic indices of two pasture production systems. The research was carried out at the Federal Technological University of Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos, a region characterized by a humid subtropical mesothermal climate (Cfa). The experimental area is divided into two large areas: the full sun system (PS) and the silvopastoral system (SSP), these being the treatments evaluated. The SSP was implemented in an East-West direction, with each paddock consisting of double rows of brown laurel (*Cordia trichotoma*) or canafístula (*Peltophorum dubium*), arranged with a distance of 1 m between rows, 2 m between trees and 10 meters between rows. The microclimatic variables were evaluated: Air and grass temperature, relative air humidity, wind speed. From the values obtained, measurements of average radiant temperature and radiant thermal load were carried out. There was a statistical difference between the air and grass temperature variables throughout the day. Furthermore, relative humidity, radiant heat load and mean radiant temperature also differed. The SSP provides a higher level of relative air humidity and lower air and grass temperatures, as well as reduced values of average radiant temperature and radiant thermal load compared to the PS system.

**KEYWORDS:** Radiant thermal load; shading; silvopastoral system.

<sup>1</sup> Bolsista de Iniciação Tecnológica pela UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: lucasoliveira.1993@alunos.utfpr.edu.br.

<sup>2</sup> Bolsista de Iniciação Tecnológica pela UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: aysharafaela@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 0108674418012538.

<sup>3</sup> Bolsista de Iniciação Tecnológica pela UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: dielipatricia@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 9293214150133933.

<sup>4</sup> Discente no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – PPZ-Unioeste/UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: leopborba@yahoo.com. ID Lattes: 0065422643507482.

<sup>5</sup> Docente no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – PPZ-Unioeste/UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: vicentepmacedo@utfpr.edu.br. ID Lattes: 9526381455999207.



## INTRODUÇÃO

O clima é um componente principal para a produção animal. Em sistemas extensivos, os animais ficam expostos a altas temperaturas, levando-os a quadros de estresse térmico e redução da produtividade (PASTAL et al., 2015). Como alternativa, o sistema silvipastoril vem se tornando um modelo produtivo amplamente difundido, com foco na ambiência e bem-estar dos animais.

Os modelos silvipastoris são caracterizados por apresentar componentes lenhosos (árvores e arbustos), herbáceos (gramíneas e leguminosas) e animais herbívoros (MURGUEITIO et al., 2011), além disso, possuem como prioridades a sustentabilidade e a rentabilidade das áreas produtivas (HUERTAS et al., 2021). Nesta interação, as árvores possuem potencial de redução significativa da radiação solar direta e podem atenuar a temperatura do ambiente, proporcionando um microclima favorável aos animais (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2009), potencializando o desempenho animal.

A realização de pesquisas que busquem elucidar a ação das diferentes espécies arbóreas, bem como, de seus arranjos, sobre as variáveis microclimáticas de sistemas silvipastoris permitem reduzir prejuízos (KRETZER, 2019), além de permitir a melhoria das condições em que os animais estão sendo submetidos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os índices microclimáticos de dois sistemas de produção à pasto.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Unidade de Ensino e Pesquisa (UNEPE) em Ovinocaprinocultura da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos/PR. A instituição está localizada a 25°42'52" de latitude e longitude de 53°03'94", 520 metros acima do nível do mar. A região é caracterizada por clima subtropical úmido mesotérmico (Cfa), segundo a classificação de Köppen (IAPAR, 2011), o solo é caracterizado como latossolo vermelho distroférrico e o terreno apresenta, aproximadamente, 5% de declividade. O experimento foi realizado entre os meses de dezembro de 2023 e abril de 2024.

A área experimental é constituída pela forrageira *Megathyrus maximus* Jacq. cv. Aruana e dividida em duas grandes áreas: o sistema pleno sol (PS) e sistema silvipastoril (SSP), sendo estes, os tratamentos avaliados. As áreas à pleno sol e silvipastoril são compostas, separadamente, por 0,24 ha, subdividida em seis piquetes de 0,04 ha. O sistema silvipastoril foi implantado em setembro de 2013, no sentido Leste-Oeste, sendo cada piquete constituído por fileiras duplas de louro-pardo (*Cordia trichotoma*) ou canafístula (*Peltophorum dubium*), dispostas com distanciamento de 1 m entre linhas, 2 m entre árvores e 10 metros entre renques (conjunto de árvores formado pelas linhas duplas).

O microclima dos diferentes sistemas (pleno sol e silvipastoril) foi analisado a partir da aferição das variáveis ambientais, temperatura do ar (°C), temperatura da relva (°C), velocidade do vento (m/s<sup>-1</sup>) e umidade relativa do ar (%). As variáveis de temperatura e umidade relativa foram avaliadas com auxílio de data loggers (Akso), com faixa de medição de temperatura entre -20 e 70 °C (acurácia de ± 0,35°C) e faixa de medição de umidade relativa entre 5 e 95% (com acurácia de ± 2,5%). Os equipamentos foram instalados a 1,5 m de altura nas áreas de ambos os sistemas. Essas variáveis foram determinadas a cada



minuto por um período de 12 horas (07h00min as 19h00min), durante 3 dias consecutivos e intervalos de 15 dias.

A velocidade do vento foi mensurada por meio de anemômetro digital (Mastech) com de precisão de 0,8 a 30,0 m.s<sup>-1</sup>, com resolução de 0,01 m.s<sup>-1</sup> e acurácia de ± 2%. A temperatura da relva (°C) foi avaliada por meio de termômetro de infravermelho de mira a laser (Incoterm). Estas variáveis foram mensuradas durante o período diurno (12 horas), juntamente com o uso dos data loggers.

Para obtenção dos valores de carga térmica de radiação (CTR), foi utilizada a equação proposta por Esmay (1978) (equação 1):

$$CTR = \sigma(TRM)^4 \quad (1)$$

Onde: CTR = é dada em W m<sup>-2</sup>;  $\sigma$  = constante de Stefan-Boltzman (5,67.10<sup>-8</sup> W m<sup>-2</sup> K<sup>-4</sup>); TRM = temperatura radiante média, K.

Para obtenção da temperatura radiante média (TRM) foi utilizada equação proposta por Bond et al. (1954) apud Ribeiro et al. (2008) (equação 2).

$$TRM = 100.\{ [ 2,51.\sqrt{v}.(Tgn - Ta) ] + [ \left(\frac{Tgn}{100}\right)^4 ] \}^{1/4} \quad (2)$$

Onde: TRM é dada em K e a velocidade do vento em m.s<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental foi o inteiramente Casualizado (DIC), com fatorial 2x2 (pastagem com e sem sombreamento x suplementação de capsaicina ou não) totalizando quatro tratamentos com 24 repetições. A análise dos dados foi realizada por meio de modelos mistos, sendo os tratamentos os efeitos fixos. Dias e horários foram tratados como efeitos aleatórios. Os dados foram ajustados pelos mínimos quadrados ordinários, para examinar a precisão de transformação das variáveis respostas quanto ao possível desvio das pressuposições de um modelo linear. As variáveis respostas foram transformadas utilizando estas premissas, o modelo ajustado para os dados e os parâmetros estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita. Será realizada a análise de variância e o teste F tipo III será utilizado para os fatores fixos do modelo. Os graus de liberdade serão obtidos utilizando a aproximação de Satterthwaite. Quando as médias forem diferentes, foi realizado o teste de Tukey, com significância declarada a  $P < 0,05$ . Todas as análises serão realizadas no software estatístico R (R CORE TEAM, 2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação a umidade do ar, houve diferença estatística entre os sistemas. O SSP apresentou média superior em 2%, quando comparado ao PS. Isso se deve a baixa incidência de radiação solar, aliada ao processo evapotranspirativo das árvores (CAETANO e CAETANO JUNIOR, 2015). Esses valores são confirmados por Santos Neto et al. (2022), que avaliaram diferentes distanciamento de árvores em sistema silvipastoril e obtiveram valores crescentes de umidade, de acordo com o aumento da região sombreada.

A temperatura radiante média diferiu entre os sistemas de produção, sendo o menor valor encontrado no SSP. Isso se deve a presença das árvores neste sistema, que influencia diretamente a irradiância solar e ao ângulo de declinação solar (CONCEIÇÃO; MARTIN, 2009).



A carga térmica radiante diferiu entre os tratamentos. Os valores de PS foram superiores ao de SSP. Esta resposta pode estar diretamente relacionada com a presença de árvores, que possuem alta capacidade de interceptação de radiação incidente (SILVA, 2006), criando ambiente com menor carga (SANTOS NETO et al. 2022). Os resultados obtidos por Pezzopane et al. (2019), que avaliaram diferentes modelos de sistema silvipastoril, encontraram menores valores de CTR correlacionados a maior presença de árvores. Já a variável velocidade do vento não diferiu entre os tratamentos ou horários.

**Tabela 1 – Médias marginais estimadas (média  $\pm$  erro-padrão da média) das variáveis microclimáticas medidas em diferentes sistemas de produção.**

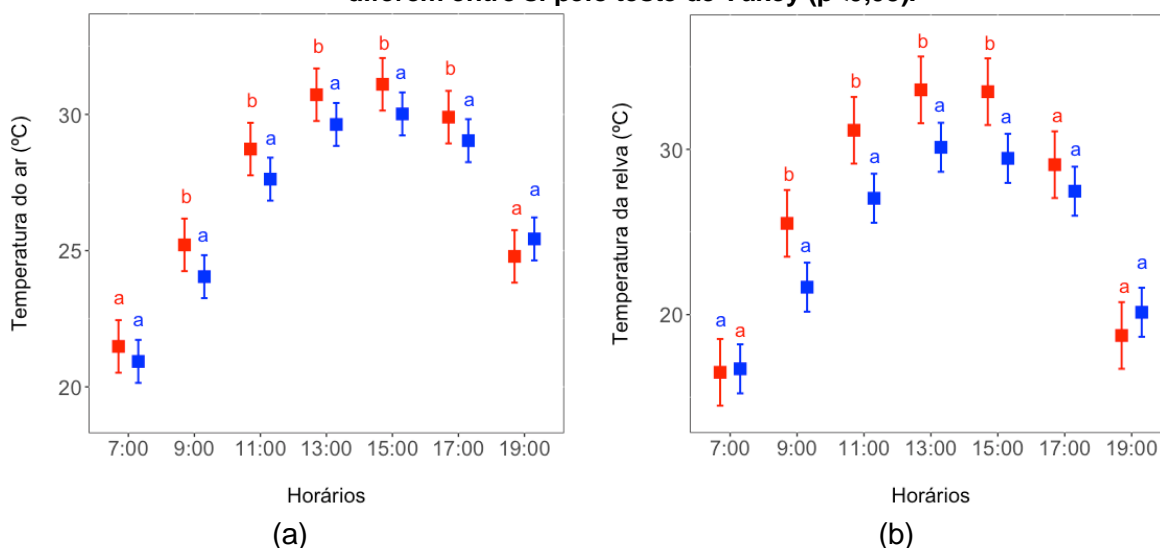
Variáveis	Sistemas de produção	
	Pleno sol	Silvipastoril
Umidade relativa do ar (%)	64 $\pm$ 1,75 b	66 $\pm$ 1,71 a
Temperatura radiante média (°C)	47,0 $\pm$ 1.16 a	44,3 $\pm$ 0.94 b
Carga térmica radiante (W/m <sup>2</sup> )	602,0 $\pm$ 8,12 a	582,0 $\pm$ 6,59 b

Letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).  
Fonte: Autores, 2023.

A temperatura do ar não diferiu entre os sistemas nos horários 7:00 e 19:00, nos demais horários, houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ). De acordo com Czekoski (2018), essa variação do ar pode ocorrer devido a incidência de radiação solar ao longo do dia, principalmente em sistemas sem sombreamento, como por exemplo, o sistema PS. Além disso, a temperatura do ar pode ser reduzida a partir da evapotranspiração das árvores introduzidas na área (CAETANO e CAETANO JUNIOR, 2015).

A temperatura da relva não diferiu entre sistemas nas horas 7:00, 17:00 e 19:00. Entretanto, houve diferença nos demais horários, com valores superiores no sistema PS. Estes resultados foram influenciados pela incidência solar direta sobre a pastagem. No início da manhã, a radiação solar é pouco intensa (CZEKOSKI, 2018), o mesmo ocorre ao final da tarde.

**Figura 1 – Médias marginais estimadas da temperatura do ar (a) e temperatura da relva (b), nos sistemas pleno sol (em vermelho) e silvipastoril (em azul). Letras iguais entre os sistemas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).**





Fonte: Autores, 2023.

## CONCLUSÃO

O sistema silvipastoril proporciona maior nível de umidade relativa do ar e menor temperatura do ar e da relva, bem como, valores reduzidos de temperatura média radiante e carga térmica radiante em comparação ao sistema à pleno sol.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Grupo de Estudos em Biometeorologia - GEBIOMET, ao Grupo de Estudos em Ovinos e Caprinos - GEOVICAPRI, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil - CAPES (Código de Financiamento - 001) por todo apoio na realização desta pesquisa.

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

CAETANO, G. A. O.; CAETANO JÚNIOR, M. B. Influência do sistema silvipastoril na puberdade de novilhas. **Revista Pubvet**, Maringá, v. 9, n. 5, p. 232-239, mai. 2015.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; MARIN, F. R.; Condições microclimáticas em um parreiral irrigado coberto com tela plástica. **Revista brasileira de fruticultura**, v.31, n. 2, p. 423 – 431, jun. 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000200016>

CZEKOSKI, Z. M. W. **Termorregulação e comportamento de ovinos Dorper X Santa Inês mantidos em diferentes sistemas de produção em clima subtropical**. 111 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Westport: AVI, 1978. 358 p. (Environmental engineering in agriculture and food series).

HUERTAS, S. M.; BOBADILLA, P. E.; ALCÁNTARA, I.; AKKERMANS, E.; VAN EERDENBURG, F. J. C. M. Benefits of silvopastoral systems for keeping beef cattle. **Animals**, v. 11, n. 4, p. 992, 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11040992>

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**, 2011.

KRETZER, S. G. **Influência do sistema silvipastoril com núcleos de alta biodiversidade na dinâmica e microclima forrageiro**. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2019.



MURGUEITIO, E.; CALLE, Z.; URIBE, F.; CALLE, F.; SOLORIO, B. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1654-1663, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027>

PASTAL, D.; CRISTO, A. B.; FUJISAWA, F. M.; MAIER, G. S.; GUIRRO, E. C. B. P. Papel do sombreamento no conforto térmico de vacas leiteiras criadas a pasto - Revisão de literatura. **Revista Veterinária em Foco**, v. 12, n. 2, 2015.

PEZZOPANE, J. R. M.; NICODEMO, M. L. F.; BOSI, C.; GARCIA, A. R.; LULU, J. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. **Journal of thermal biology**, v. 79, p. 103-111, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.015>

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. O sistema silvipastoril e seus benefícios para a sustentabilidade pecuária. Uberaba: **Embrapa florestas**, 02, mai. 2009.

RIBEIRO, N. L.; FURTADO, D. A.; MEDEIROS, A. N.; RIBEIRO, M. N.; SILVA, R. C. B.; SOUZA, C. M. S. Avaliação dos índices de conforto térmico, parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de ovinos nativos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.614-623, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000400001>

SANTOS NETO, C. F.; SILVA, R. G.; MARANHÃO, S. R.; TORRES, A. F. F.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; MACEDO, V. H. M.; CÂNDIDO, M. J. D. Microclimate and animal thermal comfort indexes in different silvopastoral system arrangements in Caatinga. **International Journal of Biometeorology**, v. 66, n. 3, p. 449-456, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02182-1>

SILVA, R. G. Predição da configuração de sombras de árvores em pastagens para bovinos. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 268-281, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162006000100029>