



CONDICIONAMENTO MICROCLIMÁTICO EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO NO CERRADO¹

Caroline Carvalho de Oliveira², Nivaldo Karvatte Junior³, Allan Motta Couto⁴, Manuel C. M. Macedo⁵; Rodrigo da Costa Gomes⁵; Valdemir A. Laura⁵, Roberto Giolo de Almeida⁵

¹ Parte do projeto SEG 20.20.03.058.00.00, financiado pela Embrapa.

² Doutora em Zootecnia, Bolsista de Inovação (Faped) da Embrapa Gado de Corte, autora para correspondência: oliveiraccaroline@gmail.com

³ Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

⁴ Professor da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul.

⁵ Pesquisador da Embrapa Gado de Corte.

Resumo: Nos últimos anos, os sistemas agropecuários brasileiros têm se transformado significativamente para equilibrar produtividade, sustentabilidade e adaptação às mudanças climáticas. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar parâmetros climáticos que condicionam o microclima em dois sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, clone H 13), em arranjo espacial de 28 x 4 m (ILPF28) e de 22 x 4 m (ILPF22), comparados a um sistema de integração lavoura-pecuária (ILP). Foram quantificados os parâmetros climáticos: temperatura do ar (°C); temperatura do ponto de orvalho (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m/s), radiação solar (W/m²) e precipitação pluvial (mm), entre abril de 2022 a março de 2023, em intervalos de 15 minutos, durante 24 horas por dia. O agrupamento dos tratamentos e a análise de componentes principais demonstraram que o sistema ILP se associou a condições de maior temperatura do ar, radiação solar e velocidade do vento. O sistema ILPF22 esteve mais relacionado a maior umidade relativa do ar e a temperatura do ar mais baixa, enquanto o ILPF28 apresentou associação com valores médios dos parâmetros climáticos avaliados. Esses resultados indicam que as variações climáticas entre os sistemas de produção são fortemente determinadas pelo balanço entre temperatura, radiação e umidade.

Palavras-chave: Ambiência; Conforto térmico; Pastagens arborizadas; Sombra natural.

Introdução

Nos últimos anos, os sistemas agropecuários brasileiros têm se transformado significativamente para equilibrar produtividade, sustentabilidade e adaptação às mudanças climáticas. Entretanto, nas zonas intertropicais, a criação de gado é predominantemente realizada em pastagens, uma atividade econômica importante na maioria dos países tropicais, mas com uma variedade de diferenças climáticas entre biomas. Neste sentido, o clima é o principal fator determinante da produção animal nessa região, afetando diretamente a produção de pastagens e os animais (PEZZOPANE et al., 2019).



Nesse cenário, os sistemas de ILPF têm se destacado como uma estratégia sustentável para melhorar a eficiência do uso da terra e estão em permanente adaptação e desenvolvimento para tornar a produção animal baseada em pastagens adequada às atuais demandas ecológicas e de bem-estar (SANTOS et al., 2025). Nestes sistemas, um dos principais efeitos destacados é a mitigação do estresse térmico sobre os animais, por meio do sombreamento projetado pelos renques de árvores e pela atenuação da radiação solar direta na pastagem. A presença de árvores na pastagem altera o balanço de energia local e influencia variáveis como, temperatura do ar, umidade relativa do ar e amplitude térmica (KARVATTE JR. et al., 2020), melhorando o conforto térmico e promovendo maior frequência de pastejo, de ruminação e de descanso por bovinos, em comparação a áreas de pastagem sem árvores (OLIVEIRA et al., 2019).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar parâmetros climáticos que condicionam o microclima em sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta.

Metodologia

O estudo foi conduzido de abril de 2022 a março de 2023, na fazenda experimental da Embrapa Gado de Corte, localizada em Campo Grande, MS, Brasil (20°24'51"S, 54°42'36"W e 530 m de altitude). O clima da região encontra-se na faixa de transição entre temperado quente (Cfa) e tropical úmido (Aw), com precipitação pluvial anual média de 1.560 mm e temperatura média de 23,0 °C, segundo classificação de Köppen (BARBOSA, 2022).

A área experimental, com 18 ha, possui três sistemas de integração, implantados em 2008, com capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã), em doze piquetes de aproximadamente 1,5 ha cada, sendo: um sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) e dois sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com árvores de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, clone H 13) em linhas simples, sendo um sistema em arranjo espacial de 28 m x 4 m com 89 árvores por hectare (ILPF28) e outro sistema em arranjo espacial de 22 m x 4 m com 113 árvores por hectare (ILPF22). No período de avaliação, as árvores do sistema ILPF22 apresentavam altura média de 34,31 m e diâmetro à altura do peito (DAP) médio de 35,35 cm; e do sistema ILPF28, apresentavam altura média de 33,57 m e DAP médio de 37,19 cm.



Para a avaliação microclimática, os valores máximos, médios e mínimos de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$); temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m/s), radiação solar (W/m^2) e precipitação pluvial (mm), foram registrados simultaneamente em todos os sistemas utilizando-se estações meteorológicas automáticas (modelo $\mu\text{METOS}^{\circledR}$, ET0), instaladas a 1,5 m de altura em relação à superfície do solo e programadas para gravações contínuas em intervalos de 15 minutos, 24 horas por dia, durante todo o período experimental. Nos sistemas ILPF, os equipamentos foram alocados a 2,0 m das fileiras de árvores, na projeção da sombra (próximo das árvores) e no ponto central do espaço entre as fileiras de árvores (distante das árvores). No sistema ILP, foi instalada uma única estação no centro do piquete.

Foi realizada análise de componentes principais (ACP) com o objetivo de reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados, preservando ao máximo a variabilidade original. As variáveis foram padronizadas para média zero e variância unitária, minimizando o efeito de diferenças de escala. Calculou-se a matriz de covariância (ou correlação), a partir da qual foram extraídos os autovalores e autovetores que definem os componentes principais. Os componentes foram ordenados de acordo com a variância explicada, e aqueles que, cumulativamente, representaram a maior proporção da variabilidade total foram selecionados para interpretação. A projeção das observações nesses novos eixos ortogonais possibilitou identificar padrões, agrupamentos e relações latentes entre as variáveis originais, contribuindo para a interpretação e síntese das informações.

Resultados e Discussão

A análise de componentes principais (ACP), avaliando os sistemas, evidenciou que os dois primeiros eixos explicaram 75,0% da variabilidade total dos dados, sendo 42,2% atribuídos ao primeiro componente, representado pela dimensão 1 (Dim1) e 32,8% ao segundo, representado pela dimensão 2 (Dim2) (Figura 1). Desse modo, temperatura do ar máxima, temperatura do ar média e radiação solar estão fortemente correlacionadas entre si. Velocidade do vento máxima, velocidade do vento média e amplitude térmica também apresentam correlação positiva. Umidade relativa do ar média e umidade relativa do ar mínima estão correlacionadas negativamente com o grupo de variáveis de temperatura e radiação solar, caracterizando que locais mais quentes e ensolarados tendem a ter menor umidade.



A dimensão 1 separa ambientes térmicos mais quentes, ensolarados e ventilados versus ambientes mais úmidos, enquanto a dimensão 2 apresenta menor separação, mas ainda contribui para distinguir padrões associados às variáveis de temperatura do ar e radiação solar. O agrupamento dos tratamentos demonstrou que o sistema ILP se associou a condições de maior temperatura do ar, radiação solar e velocidade do vento. O sistema ILPF22 esteve mais relacionado a maior umidade relativa do ar e a temperaturas mais baixas, enquanto o ILPF28 apresentou associação com ambas as dimensões, demonstrando que os valores médios dos parâmetros microclimáticos avaliados apresentam mais efeito sobre este sistema. Esses resultados indicam que as variações microclimáticas entre os sistemas de produção são fortemente determinadas pelo balanço entre temperatura do ar, radiação solar e umidade relativa do ar.

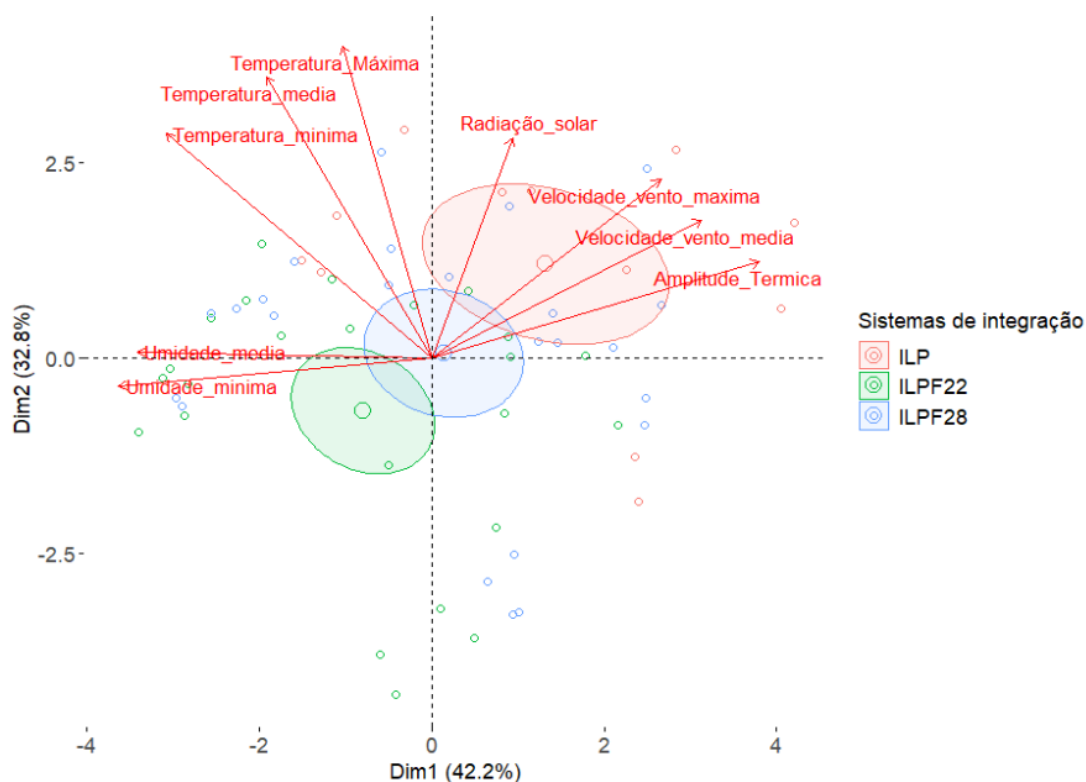


Figura 1. Biplot da Análise de Componentes Principais mostrando a distribuição dos sistemas ILP, ILPF22 e ILPF28 em função dos parâmetros microclimáticos.

Este efeito demonstra que sistemas com árvores (ILPF22 e ILPF28) apresentam condições microclimáticas com maior umidade relativa do ar, associada a temperaturas mais



baixas em detrimento da interceptação de radiação solar pelo dossel florestal. O estabelecimento de um microclima mais ameno entre fileiras de árvores, possibilita maior eficiência no equilíbrio térmico do animal em pastejo, por meio dos processos de convecção e evaporação, com menor gasto energético (OLIVEIRA et al., 2019). Outros autores relataram os benefícios do sombreamento em pastagens com fileiras alinhadas de árvores, demonstrando variações de 2 °C a 9 °C de temperatura do ar, quando comparados a pastagens sem árvores, no bioma Cerrado (SANTOS et al., 2025). No entanto, é destacado que o microclima não se estabelece de forma uniforme no interior de sistemas de ILPF, podendo ocorrer a formação de ilhas de calor na parte central entre as fileiras de árvores, principalmente, durante as horas definidas pela maior elevação solar.

Conclusões

O microclima em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta é condicionado por valores médios e mínimos de temperatura do ar e umidade relativa do ar, enquanto sistemas de integração lavoura-pecuária são mais associados a valores máximos de temperatura do ar, radiação solar e velocidade do vento.

Referências

- BARBOSA, R. T. **Potencial produtivo do capim-piatã e desempenho de novilhos Nelore em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**. Aquidauana, MS: UEMS, 2022. 77 p.
- KARVATTE JR., N.; MIYAGY, E. S.; OLIVEIRA, C. C.; BARRETO, C. D.; MASTELARO, A. P.; BUNGENSTAB, D. J.; ALVES, F. V. Infrared thermography for microclimate assessment in agroforestry systems. **Science of the Total Environment**, v. 731, e139252, 2020.
- OLIVEIRA, C. C. D.; ALVES, F. V.; MARTINS, P. G. M. D. A.; KARVATTE JR., N.; ALVES, G. F.; ALMEIDA, R. G.; MASTELARO, A. P.; SILVA, E. V. C. Vaginal temperature as indicative of thermoregulatory response in Nelore heifers under different microclimatic conditions. **PLoS ONE**, v. 14, n. 10, e0223190, 2019.
- 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.
- SANTOS, F. C.; KARVATTE JR., N.; ALMEIDA, R. G.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; VILELA, L.; CASTRO, R. V. O.; ROCHA, A. L. P. F.; SILVEIRA, M. C. T. Intensification of pasture-based livestock systems: environmental benefits, forage availability, nutritional value and Nelore cattle performance. **Agroforestry Systems**, v. 99, n. 88, 2025.