

ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO DO ESTADO DO MARANHÃO PARA A OVINOCULTURA

WANDERLEY DA SILVA ROCHA ¹, ANDREZA MACIEL DE SOUSA ²,
FRANCISCA LARISSA DE CARVALHO BASTOS ³, ISLAYNNE MARIA DE
OLIVEIRA ROCHA ⁴, WELLINGTON CRUZ CORRÊA ⁵, NÍTALO ANDRÉ FARIAS
MACHADO⁶

¹ Engenheiro Agrícola, Universidade Federal do Maranhão, e-mail: wanderley.rocha@discente.ufma.br

² Engenheira Agrícola, Universidade Federal do Maranhão.

³ Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Maranhão.

⁴ Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Maranhão.

⁵ Engenheiro Agrícola. Mestrando em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Maranhão.

⁶ Agrônomo. Dr. Engenharia Agrícola, Prof. da Universidade Federal do Maranhão.

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: O estresse térmico é um fator limitante na produção de ovinos, especialmente no contexto das mudanças climáticas. Objetivou-se realizar um zoneamento bioclimático para a ovinocultura do Maranhão via big data. Um total de 100 pontos amostrais georreferenciados foram obtidos para o período de 2012 a 2022 na plataforma *TerraClimate*. O zoneamento bioclimático foi realizado pela espacialização do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) via *krigagem* ordinária. Foi realizado uma análise de cluster com valores máximo, mínimo e médio do ITU das mesorregiões do Maranhão. Observa-se um aumento do risco de estresse térmico no Leste e Norte do estado, atingindo seu ponto máximo na mesorregião Norte e uma redução a partir da mesorregião Centro a Sul do estado. A análise de cluster revelou a formação de três grupos bioclimáticos distintos, o grupo I engloba as mesorregiões Oeste e Norte, o grupo II abrange as mesorregiões Leste e Centro. A mesorregião Sul maranhense foi alocada exclusivamente para o grupo III. O Maranhão oferece condições bioclimáticas propícias para a criação de ovinos deslançados, exceto na mesorregião norte, onde valores elevados de ITU foram registrados durante a maior parte do período estudado.

PALAVRAS-CHAVE: conforto térmico, mapas temáticos, bioclimatologia

BIOCLIMATIC ZONING OF THE STATE OF MARANHÃO FOR THE SHEEP FAULTY

ABSTRACT: Thermal stress is a limiting factor in sheep production, especially in the context of climate change. The aim was to perform a bioclimatic zoning for sheep farming in Maranhão using big data. A total of 100 georeferenced sampling points was obtained for the period from 2012 to 2022 on the TerraClimate platform. The bioclimatic zoning was carried out by spatializing the Temperature and Humidity Index (THI) via ordinary kriging. A cluster analysis was performed with maximum, minimum, and mean THI values for the mesoregions of Maranhão. An increase in thermal stress risk is observed in the East and North of the state, reaching its maximum point in the Northern mesoregion and decreasing from the Central to the Southern mesoregions of the state. The cluster analysis revealed the formation of three distinct bioclimatic groups: Group I include the Western and Northern mesoregions; Group II encompasses the Eastern and Central mesoregions. The Southern mesoregion of Maranhão was exclusively allocated to Group III. Maranhão offers favorable bioclimatic conditions for

the breeding of woolless sheep, except in the Northern mesoregion, where high THI values were recorded for most of the studied period.

KEYWORDS: thermal comfort, thematic maps, bioclimatology

INTRODUÇÃO: A necessidade de preservar a sustentabilidade da produção ovina diante das mudanças climáticas, com impactos na lucratividade e no bem-estar dos animais, destaca a importância da implementação de ferramentas para o monitoramento do conforto térmico de ovinos (SEJIAN et al., 2018). No estado do Maranhão, tal condição é ainda mais grave pois uma grande parcela dos sistemas produtivos pode ser classificada como extensivos, em pastagens com pouca ou nenhuma sombra e baixo potencial de investimento, o que aumenta a demanda do sistema de termorregulação devido à intensa exposição à radiação solar (TULU; GADISSA; HUNDESSA, 2023). Nesse contexto, pesquisadores se dedicam ao desenvolvimento e validação de diversos índices térmicos, com o objetivo de avaliar a carga de calor e o risco de estresse em animais. Destaca-se, entre esses índices, o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), reconhecido como um dos índices térmicos mais aceitos em escala global (EKINE DZIVENU et al., 2020). Considerando que o estresse térmico é um fator limitante no processo produtivo de ovinos no estado do Maranhão, o zoneamento bioclimático torna-se essencial para alcançar melhores índices de produtividade. Dessa forma, objetivou-se realizar um zoneamento bioclimático para a ovinocultura do estado do Maranhão via *big data*.

MATERIAL E MÉTODOS: A área de estudo compreende o estado do Maranhão, situado na região Nordeste do Brasil. Esse estado possui 5 Mesorregiões: Norte Maranhense, Oeste Maranhense, Centro Maranhense, Leste Maranhense e Sul Maranhense. O clima do tipo (Aw) tropical sub-úmido, (Am) clima equatorial e (As) clima de monção, de acordo com *Köppen*, com temperatura média anual em torno de 30°C (ALVARES et al., 2013). O banco de dados foi obtido a partir da base de dados *TerraClimate*, com frequência mensal e resolução espacial 4 km (1/24°). Para o presente estudo, foram utilizadas temperaturas máxima e mínima do ar (T_{máx} e T_{mín}, °C) e velocidade média do vento (V_v. m.s⁻¹). Foram realizados *download* de 100 pontos georreferenciados para o período de 2012 a 2022, sendo amostrados por todo o estado do Maranhão. A temperatura média do ar dos pontos amostrais foi obtida a partir dos valores de temperatura máxima e mínima. Os dados da temperatura do ar e velocidade do vento foram utilizados na obtenção do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), ao longo do período analisado. O cálculo do ITU foi realizado usando a equação 1, conforme proposto por Silva et al. (2020).

$$ITU = (6,3952 + 0,08964 * T_a + 0,01018 * V_v^2) \quad (1)$$

Onde: ITU é o Índice de Temperatura e Umidade; T_A é a temperatura do ar (°C); V_v é a velocidade do vento (m.s⁻¹).

Os dados do ITU georreferenciados foram transferidos em formato *shapefile* no *software* QGIS 3.22.4. O método da interpolação na construção dos mapas temáticos de ITU foi a krigagem ordinária e a estrutura e a dependência espacial estabelecida pelo semivariograma (Tabela 1), usando o modelo linear via algoritmo SAGA 7.8.2. Por fim, uma análise de agrupamento foi realizada usando o procedimento cluster, com objetivo de verificar a similaridade multivariada entre as mesorregiões do Maranhão, realizadas no *Statistical Analysis System*® (SAS Institute Inc. 2012).

TABELA 1. Desempenho dos modelos teóricos de variogramas.

Modelos teóricos de variogramas	Coefficiente de determinação
Modelo Linear	0,907
Modelo Linear (sem pepita)	0,969
Modelo Logaritmo	0,707
Modelo Exponencial	0,846
Modelo Gaussiano	0,966
Modelo Esférico	0,866
Modelo Cúbico	0,921

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os mapas temáticos da distribuição espaço-temporal do ITU anual no estado do Maranhão são apresentados na Figura 1.

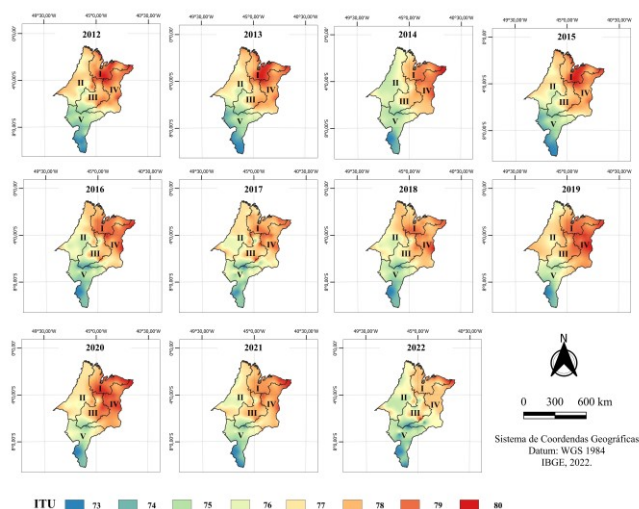


FIGURA 1. Mapas temáticos do ITU para os anos 2012 a 2022 das mesorregiões do estado do Maranhão, Brasil. Legenda: I – Norte Maranhense; II – Oeste Maranhense; III – Centro Maranhense; IV – Leste Maranhense; e V – Sul Maranhense.

Ao analisar a Figura 1, observa-se um aumento de estresse térmico em direção ao Leste e Norte Maranhense chegando ao extremo na mesorregião Norte durante a maior parte dos anos mencionados. Além disso, uma redução nos valores do ITU a partir da mesorregião Oeste em direção a mesorregião Sul do Maranhão pode ser visualizada. De maneira evidente, pode-se constatar que a mesorregião Sul Maranhense exibiu os menores valores de ITU, situando-se entre 73 e 76 unidades. É possível destacar que nos anos de 2012, 2013, 2015, 2016, 2019 e 2020, houve um aumento nos valores mais de ITU, principalmente nas mesorregiões Centro, Leste e Norte do Maranhão. Em contra partida os anos de 2017, 2018 e 2022, obtiveram menores valores de ITU nas mesorregiões estudadas. Esses resultados corroboram com (CUNHA NETO et al. 2021), afirma que o estado do Maranhão foi impactado pelo fenômeno climático La Niña, de intensidade moderada, enquanto em 2015, 2016 e 2019, o El Niño exerceu sua influência. A análise de cluster aplicada aos valores do ITU mostrou uma estrutura marcante nas mesorregiões do Maranhão, identificando a formação de três grupos bioclimáticos distintos entre as mesorregiões com base nos valores médios, mínimos e máximos do ITU (Figura 2). O primeiro grupo engloba as mesorregiões Oeste e Norte, indicando uma similaridade notável nas condições térmicas e higrométricas entre essas áreas. O segundo grupo, composto pelas mesorregiões Leste e Centro, sugere uma homogeneidade climática distinta daquela observada no primeiro grupo. Essa diferenciação pode ser influenciada por influências climáticas particulares a essas localidades em virtude da transição do bioma

amazônico e cerrado. O terceiro grupo é formado exclusivamente pela mesorregião Sul, sugerindo condições climáticas únicas do ponto de vista bioclimático, diferenciando-a significativamente das demais.

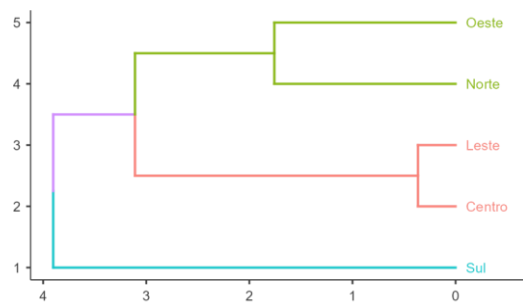


FIGURA 2. Análise de Cluster para as mesorregiões do estado do Maranhão

Ao analisar o zoneamento bioclimático, não apenas contribui para uma compreensão da variabilidade do risco de estresse térmico para ovinos no Maranhão, mas também fornece subsídios importantes para futuras investigações sobre os fatores que moldam essas distintas características climáticas regionais.

CONCLUSÕES: O Maranhão, em sua maior parte, oferece condições bioclimáticas para a criação de ovinos, com exceção da mesorregião Norte, onde valores elevados de ITU foram elevados na maior parte do período estudado. Em contrapartida a mesorregião Sul destaca-se como uma área com grande potencial para a criação, em relação ao ITU.

REFERÊNCIAS:

- ALVARES, C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P.C.; MORAES, G. J. L.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- CUNHA NETO, E. M; BEZERRA, J. C. F.; MOURA, M. M.; ARAUJO, E. C. G.; MELO, M. R. S.; SANTOS, N. F. A.; BORGES, L. S. Identificação espaço-temporal dos padrões de focos de calor no estado do maranhão. *Ciência e Natura*, v. 43, p. e99, 2021. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X64834>
- EKINE-DZIVENU, C. C.; MRODE, R.; OYIENG, E.; KOMWIHANGILO, D.; LYATUU, E.; MSUTA, G.; OJANGO, J. M. K.; OKEYO, A. M. Evaluating the impact of heat stress as measured by temperature-humidity index (THI) on test-day milk yield of small holder dairy cattle in a sub Sahara African climate. *Livest Ciência*, v. 242, p.104314, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104314>
- SEJIAN, V.; BHATTA, R.; GAUGHAN, J. B.; DUNSHEA, F. R.; LACETERA, N. Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, v. 12, p. s431-s444, 2018. <https://doi.org/10.1017/s1751731118001945>
- SILVA, M. V.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; JARDIM, A. M. R.F.; BATISTA, P. H. D.; SILVA, R. A. B.; LOPES, I.; OLIVEIRA, M. E. G.; SILVA, J. L. B.; SOUZA, A. Spatial variability and exploratory inference of abiotic factors in barn compost confinement for cattle in the semiarid. *Journal of Thermal Biology*, v. 94, p. 102782, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102782>
- TULU, D.; GADISSA, S.; HUNDESSA, F. Impact of water stress on adaptation and performance of sheep and goat in dryland regions under climate change scenarios: a systematic review. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v. 11, n. 2, p. 1-13, 2023. <http://dx.doi.org/10.31893/jabb.23012>