

AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS NA CARACTERIZAÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO EM BOVINOS NELORE CRIADOS A PASTO NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

**EVALUATION OF BIOCLIMATIC INDICES FOR CHARACTERIZING HEAT
STRESS IN PASTURE-RAISED NELLORE CATTLE IN THE WESTERN
AMAZON**

Ciências Agrárias • 12/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/791780778](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/791780778)

Francisco Lopes Dantas¹

Antonio Jhonata da Silva Pinto²

Mario Binelli³

Rafael Augusto Satrapa⁴

Audrey Bagon⁵

Wilson Gonçalves de Faria Junior⁶

Cassio Toledo Messias⁷

Anderson Azevedo Mesquita⁸

Eduardo Mitke Brandão Reis⁹

RESUMO

As características climáticas representam um dos fatores que podem ser considerados limitantes para produtividade pecuária. A região Amazônica apresenta elevadas temperaturas, pluviosidade, e níveis de insolação, ausência de estação fria, podendo comprometer a produção e a reprodução dos animais, com alterações comportamentais e fisiológicas. O estudo, avaliou os índices bioclimáticos para a estimativa de estresse térmico em bovinos nelore criados a pasto na Amazônia Ocidental. O estudo ocorreu, em uma propriedade de ciclo completo, na região de Boca do Acre no Amazonas. Foram aferidos o ITU e o ITGU em 5 períodos: de agosto a novembro, durante a estação reprodutiva. A coleta de dados acontecia em dois períodos no D0 (início do protocolo reprodutivo) e D10 (inseminação). Os valores médios de ITU variaram de 78,7 e 85,2, com a maior média 85,2 (D10 setembro lote 3) e a menor média 78,7 (D0 setembro, lote 2), considerando os valores extremos de máximo absoluto: 85,7 (outubro – D10) e mínimo absoluto 74,3 (agosto – D0). Todos os períodos avaliados permaneceram dentro da faixa de estresse térmico. Os valores médios de ITGU, variaram entre 81,9 e 89,9, com a maior média 89,9 (setembro, lote 3) e a menor média (setembro D0, lote 2), considerando os valores máximo absoluto: 96,4 (agosto – D0) e o mínimo absoluto 76,9 (novembro – D10). Os índices ambientais demonstraram que todos os períodos avaliados apresentaram condições de estresse térmico para os animais, especialmente nos meses de setembro e outubro, com ITGU ultrapassando frequentemente valores superiores a 90.

Palavras-chave: Conforto térmico; Estresse ambiental; Sistema de pastejo.

ABSTRACT

Climatic characteristics are among the factors that can limit

livestock productivity. The Amazon region is characterized by high temperatures, rainfall, and solar radiation levels, as well as the absence of a cold season; these conditions can compromise animal production and reproduction, leading to behavioral and physiological changes. This study evaluated bioclimatic indices to estimate heat stress in pasture-raised Nellore cattle in the Western Amazon. The study was conducted at a full-cycle cattle farm in the Boca do Acre region of Amazonas state. The Temperature-Humidity Index (THI) and the Black Globe-Humidity Index (BGHI) were measured across five periods between August and November, coinciding with the breeding season. Data collection took place at two time points: D0 (start of the reproductive protocol) and D10 (insemination). Mean THI values ranged from 78.7 to 85.2, with the highest mean being 85.2 (D10, September, Lot 3) and the lowest 78.7 (D0, September, Lot 2); absolute extremes were 85.7 (October – D10) and 74.3 (August – D0). All evaluated periods fell within the heat stress range. Mean BGHI values ranged from 81.9 to 89.9, with the highest mean being 89.9 (September, Lot 3) and the lowest (September D0, Lot 2); absolute extremes were 96.4 (August – D0) and 76.9 (November – D10). The environmental indices demonstrated that heat stress conditions existed for the animals during all evaluated periods—particularly in September and October—with BGHI values frequently exceeding 90.

Keywords: Thermal comfort; Environmental stress; Grazing system.

1. INTRODUÇÃO

O Acre, integrante da Amazônia Ocidental, é caracterizado por um clima do tipo equatorial, quente e úmido, marcado por altas temperaturas, elevados índices de precipitação pluviométrica e alta umidade relativa do ar. A temperatura média anual está em torno de

24,5 °C, enquanto a máxima fica em aproximadamente 32 °C, uniforme para todo o estado, e alta umidade, que é maior na estação chuvosa (outubro-abril, média de 88%) e mais baixa na seca (maio-setembro, média de 75%), com picos de umidade em março e baixos em agosto (Boletim Climático do Estado do Acre, 2025).

A pecuária de corte desenvolvida no Acre vem passando por várias transformações ao longo dos anos. Os dados, apontam que efetivo bovino apresentou uma evolução em cabeças passando de 2.697.489 milhões de cabeça, para 4.908.956 milhões de cabeça, distribuídos em 35.000 estabelecimentos rurais. Mesmo assim, o sistema de produção na sua maioria é caracterizado como tradicional, onde se observa baixo nível tecnológico e apresentam baixos índices zootécnicos e consequentemente, baixa produtividade e rentabilidade (Sá *et al.*, 2008; IDAF, 2023; Ibge-Ppm, 2024).

Nesse contexto, a pecuária brasileira passa por transformações significativas, onde se evidencia o setor pecuário buscando alternativas mais produtivas, entrando em um ciclo de intensificação produtivo, evidenciado pelo abate de cerca de 45 milhões de cabeça. A capacidade brasileira de produzir em sistemas extensivos com pastagens naturais e semiextensivos, aliada a clima favorável, confere ao país vantagens competitivas estruturais aos principais concorrentes internacionais (Abiec, 2025).

O fator climático é uma condição determinante na criação de animais de produção, especialmente em regiões tropicais e subtropicais. Esse aspecto deve ser considerado como parte do planejamento pelo produtor rural, uma vez que os animais necessitam de um ambiente que favoreça seu metabolismo e bem-

estar. Assim, as condições de instalação e manejo devem ser adequadas a cada tipo de criação e às características do local (Abreu *et al.* 2011; Avila *et al.* 2013; Polli *et al.* 2020).

As variáveis meteorológicas exercem influência determinante sobre a pecuária, especialmente em áreas de clima tropical e subtropical, onde o calor intenso pode comprometer a produtividade. Por esse motivo, a análise bioclimática deve ser integrada ao planejamento estratégico de qualquer propriedade rural, uma vez que o desempenho biológico dos animais depende de um ambiente que facilite a manutenção de sua temperatura interna e de seus processos metabólicos. Para assegurar que o rebanho alcance seu potencial, é indispensável que as instalações e as estruturas físicas sejam adaptadas e constantemente ajustadas, levando-se em conta não apenas as particularidades climáticas da região, mas também o sistema de manejo escolhido e as necessidades específicas de cada categoria animal. (Baêta; Souza, 2010; Kemer *et al.*, 2020).

Souza *et al.* (2023), em um estudo avaliou condições bioclimáticas em Rio Branco (AC), Manaus (AM) e Boa Vista (RR). Para Rio Branco, os autores encontraram ITU médio anual entre 73 e 77 ao longo da série de 1993–2020, indicando condições de estresse térmico leve segundo a classificação utilizada. O trabalho caracteriza a Amazônia Ocidental como ambiente quente e úmido e destaca a importância das condições climáticas para a criação de ruminantes

As características climáticas representam um dos fatores que podem ser considerados limitantes para produtividade pecuária. A região amazônica apresenta elevadas temperaturas e pluviosidade, e níveis de insolação considerados altos (Nogueira, 2010).

A associação entre elevadas temperaturas, alta umidade do ar e radiação solar pode acarretar alterações comportamentais e fisiológicas em diferentes espécies leiteiras (Alam *et al.*, 2013; Dash *et al.*, 2016; West *et al.*, 2003). Nesse sentido, os efeitos climáticos do ambiente podem favorecer a diminuição dos índices produtivos e reprodutivos, pois com o aumento dos parâmetros fisiológicos, pode ocorrer a redução da produção de leite, ganho de peso, além de interferir nas taxas de concepção (Borburema *et al.*, 2013).

A avaliação do bem-estar animal frente às variações do clima é frequentemente realizada por meio de índices bioclimáticos, os quais sintetizam diversos dados ambientais em um parâmetro numérico correlacionado às respostas fisiológicas e condutas dos bovinos. Conforme destacado por diversos pesquisadores (Neves *et al.*, 2009; Avila *et al.*, 2013; Marins *et al.*, 2020), ferramentas como o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e o Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU) consolidaram-se como métodos eficazes para mensurar o impacto do ambiente sobre o rebanho (Santos e Cabral, 2021). Enquanto o ITU baseia-se primordialmente na temperatura do ar, o ITGU permite uma análise mais precisa da influência direta da radiação solar sobre os animais.

Segundo as observações de Abreu *et al.* (2011), o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) apresenta limitações por não considerar a incidência da radiação solar, o que torna sua aplicação mais apropriada para animais mantidos em galpões ou ambientes protegidos. Por outro lado, em cenários de criação a pleno sol ou onde a carga térmica é intensa, o Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU) e a Carga Térmica Radiante (CTR) surgem como alternativas mais precisas.

Equações matemáticas, com base em variáveis climáticas, já foram conduzidas em alguns estudos de monitoramento bioclimático de diferentes espécies animais. A modelagem da temperatura do globo negro (TGN) tem sido objeto de diversos estudos que buscam simplificar sua obtenção por meio de variáveis meteorológicas complementares. Turco *et al.* (2008), por exemplo, desenvolveram equações preditivas distintas para cada período do dia, utilizando a umidade relativa do ar (UR) e a temperatura do ar (TA) para estimativas diurnas, enquanto o cálculo noturno fundamenta-se exclusivamente na TA.

Em uma linha de pesquisa similar, Ishan *et al.* (2024), demonstraram a viabilidade de estimar a temperatura de globo negro (TGN) através do modelo neuro-fuzzy, integrando dados de umidade e temperatura de bulbo seco (TBS). Complementarmente, Abreu *et al.* (2011) estabeleceram correlações diretas entre a TBS e a TGN para prever o índice tanto em áreas sombreadas quanto em ambientes abertos com variação térmica de 0 a 35°C, facilitando a análise do conforto térmico mesmo na ausência de equipamentos específicos. Entretanto raros são os estudos na Amazônia Ocidental.

Nesse contexto, o efeito marginal do incremento de uma unidade no Índice de Temperatura e Umidade (ITU), amplamente utilizado para mensurar a resistência animal aos efeitos climáticos, sobre o rendimento de carne bovina é, em média, de -0,7% em países de baixa renda, enquanto, em países de alta renda, aproxima-se de zero. Esse cenário evidencia a necessidade urgente de que países de baixa e média renda, como o Brasil, desenvolvam e implementem tecnologias de adaptação em seus sistemas produtivos para mitigar os impactos de ambientes térmicos mais extremos no futuro próximo. (Salman; Teixeira; Karvatte Junior, 2025).

Em regiões como a Amazônia Ocidental brasileira, onde existem sistemas de produção de ruminantes, o estresse térmico pode representar um desafio significativo. O aumento das temperaturas decorrente do aquecimento global pode contribuir para a ocorrência mais frequente de condições de estresse térmico nessas localidades. Além disso, a elevada umidade relativa do ar, comum na região, pode agravar ainda mais o estresse térmico em ruminante (SILVA et. al, 2023)

Nesse sentido, desenvolver uma pecuária sustentável, eficiente e assertiva na Amazônia torna-se ainda mais desafiadora, com isso objetivou-se mensurar Índices bioclimáticos para estimativa do estresse por calor em bovinos nas condições da Amazônia Ocidental.

2. MATERIAL E METODOS

O experimento foi realizado em uma propriedade de ciclo completo, situada no estado do Amazonas, no município Boca do Acre-AM. A propriedade possui latitude: -9.355171 e longitude: -67.786190 e a propriedade é composta por uma área de aproximadamente de 10.000 ha, sendo 6.000 ha de pasto com predominância de capim *Urochloa sp.*

Os protocolos utilizados de manejo, sanidade e reprodução foram estabelecidos pela fazenda. Os lotes foram formados conforme o período de parição, após 60 dias pós-parto. O manejo sanitário foi realizado por diferenciação de categoria animal. As práticas sanitárias são iniciadas com o lote de animais da maternidade e se estendem aos demais lotes. O manejo nutricional de todas as categorias era predominante a pasto com sal mineral com 60 de

fósforo, ofertado por categoria animal, com disponibilidade de água de açude.

Foi estabelecido pela fazenda o manejo reprodutivo de IATF e repasse com touros após 30 dias de inseminação. Foi utilizado o protocolo de sincronização da ovulação de 3 manejos, no primeiro dia (D0) com aplicação intramuscular de 2mL de RicBE[®] (benzoato de estradiol – 2/mg), associado com a inserção de um dispositivo intravaginal de progesterona Primer Monodose[®] (0,5 g de progesterona). Oito dias após, no (D8) o implante foi removido e simultaneamente e administrado 2,0 ml de Estron[®] (Cloprostenol sódico - 0,500 mg), associado a 1,0mL de Cipiotecp[®] (Cipionato de estradiol - 1 mg), juntamente com 1,5 ml de Novormon[®] (Gonodotrofina coriônica equina – 400 UI) para todas as fêmeas protocoladas. E no dia dez (D10) foi realizada a Inseminação artificial. Após 30 dias iniciava-se o repasse com os touros no lote, numa proporção de 30-40 vacas:1 touro. O diagnóstico de gestação era feito com aproximadamente 45-60 dias após a realização da inseminação.

O manejo de curral com os animais iniciava-se entre 6h00 e 7h00, com intervalo às 11h00 e retomada às 13h00, estendendo-se até a avaliação de todos os animais do lote, conforme estabelecido pela fazenda.

3. RESULTADOS

Foi estabelecido o período de coleta (D0 e D10), durante a estação de monta, que compreendeu aproximadamente 122 dias de serviço, entre os meses de agosto a novembro de 2023. As aferições das variáveis microclimáticas do ambiente tronco e curral, iniciavam-se

ao entrar o primeiro animal e eram intervaladas de hora em hora até a conclusão da tarefa. Essas aferições foram realizadas em dois períodos, no D0 que caracteriza o início da tarefa do protocolo hormonal e no D10 que caracterizava a conclusão do protocolo hormonal e inseminação.

Foram mensuradas as seguintes variáveis: temperatura ambiente (TA), temperatura de globo (TG), umidade relativa do ar (U%) e temperatura de globo úmido (WBGT), temperatura de ponto de orvalho (TPO), para cálculos dos índices da temperatura e umidade (ITU), índice da temperatura de globo e umidade (ITGU), conforme descritos na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros ambientais

Parâmetro	Descrição
Temperatura ambiente (TA)	Corresponde à temperatura do ar medida no local onde os animais se encontram, geralmente registrada por termômetros em °C
Temperatura de Globo (TG)	Representa a carga térmica total incidente sobre o animal
Umidade relativa do ar (U%)	Corresponde à relação percentual entre a quantidade de vapor de água presente no ar e a quantidade máxima que o ar poderia conter na mesma temperatura
Temperatura de Globo Úmido (WBGT)	É um índice composto que integra três variáveis ambientais principais: temperatura do ar, temperatura de globo negro, temperatura de bulbo úmido. Considera simultaneamente os efeitos da radiação solar, temperatura ambiente e umidade do ar.
Temperatura de Ponto de Orvalho	Corresponde à temperatura na qual o ar precisa ser resfriado para que ocorra saturação do vapor de água,

(TPO)	resultando na condensação (formação de orvalho). Indica a quantidade absoluta de umidade presente no ar
Índices de Temperatura e Umidade (ITU)	É um dos indicadores mais utilizados para avaliar o nível de estresse térmico em bovinos, sendo calculado a partir da temperatura do ar e da umidade relativa.
Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU)	É considerado um indicador mais completo da carga térmica ambiental, pois incorpora: temperatura de globo negro, umidade do ar, efeitos da radiação solar

Fonte: Adaptado pelo autor

Para as aferições ambientais foi utilizado um monitor digital portátil WBGT-8758 (termômetro de globo). As resoluções e precisões foram de 0,1°C e $\pm 1^\circ\text{C}$ para temperatura, 0,1% e $\pm 5\%$ para umidade relativa e $\pm 2^\circ\text{C}$ IN (interno) e $\pm 3^\circ\text{C}$ OUT (externo) para temperatura de globo. Por fim, o índice de bulbo úmido do termômetro de globo (TBU) apresentou resolução de 0,1°C.

Figura 1. Termômetro de globo



Fonte:

<https://www.formis.com.br/laboratorio/termometro-de-globo-wbgt8778?>

Em seguida os dados foram transferidos para o programa Excel, para posterior análise descritiva dos dados em planilhas e gráficos específicos.

Com base nos dados coletados, foram calculados os índices de: de temperatura e umidade (ITU) do curral e do tronco, utilizando a fórmula recomendada por THOM. (1959):

Foi utilizada a classificação proposta por Ferreira (2015) para a análise dos dados de ITU e ITGU, os quais foram interpretados de acordo com Baêta (1985), conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação e interpretação de ITU e ITGU.

Indicador	Fórmula	Avaliação	Interpretação
ITU ¹	$ITU = TBS + 0,36TPO + 41,5^4$	TBS: temperatura de bulbo seco (°C) TPO: temperatura de ponto de orvalho (C°)	≤ 68: conforto térmico 69 - 71: estresse leve; 72-79: estresse ameno; 80-88:estresse moderado 90-98 estresse grave.
ITGU ²	$ITGU = TG + 0,36TPO + 41,5$	TG: temperatura de globo negro (°C) TPO: temperatura de ponto de orvalho (C°).	≤ 74: conforto ³ , 75-78:estresse leve ³ 79-84: estresse perigoso ³

Fonte: Adaptado por Ferreira (2015)¹, Buffington *et al.* (1981)², Baêta (1985)³, Fórmula recomendada por THOM. (1959)⁴

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores bioclimáticos são ferramentas fundamentais para analisar a relação entre o ambiente e o animal, permitindo medir o grau de conforto ou estresse térmico (IDRIS, *et al.* 2021; Oliveira *et al.* 2025; NEVES *et. al.* 2022)

Nesse estudo, os valores médios de Temperatura Ambiente (TA), no D0 e no D10 tanto no tronco como no curral variaram de 31,6°C a 32°C, caracterizando uma faixa de desconforto térmico. A média da temperatura de globo (TG), variou de 32,9 a 34,5, enquanto a variação média da umidade relativa do ar (U%), oscilou entre 59,9 a 63,1%. Já para o índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (WBGT), a variação foi de 27,5 a 28,1, o que caracteriza situação de estresse perigoso.

Assim, aplicando o teste de Wilcoxon, comparando os valores de (D0 e D10) nos ambientes (tronco e curral): o ITU, variou entre 81 a 82,6 na faixa de estresse perigoso. A mesma faixa de estresse perigoso, também observada para o ITGU, que oscilou entre 84,6 a 86,3.

Durante todo o período do experimento, tanto a variável ITU e ITGU, variaram entre a faixa de estresse perigoso e de emergência, caracterizando severo estresse ambiental (tabela 3).

Tabela 3. Indicadores climáticos médios aferidos em dois períodos D0 e D10, no curral e tronco

			TG	TA	U%
Curral	D0	Média	34,0	31,6	63,1

	Mínimo	26,3	24,8	36,2
	Máximo	43,9	37,4	86,1
D10	Média	34,3	32,6	59,9

△ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizar <https://revistatopicos.com.br/artigos/avaliacao-dos-indices-bioclimaticos-na-caracterizacao-de-amazonia-ocidental?noblockage>

Fonte: Dados da pesquisa, adaptado de ^{1,2} BAÊTA *et al.*, (1985); FERREIRA (2015).

Na criação animal, os estudos bioclimáticos possibilitam a escolha da espécie que melhor se adapte a certa condição climática e por conseguinte, eleva as chances de sucesso na produção (Turco *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2008; Mendes *et al.*, 2014).

De acordo o National Environment Science (2012), para o bovino, o ITGU de até 74 indica condição de bem estar; de 74 a 78, a condição é de cautela; de 79 a 84, a condição é perigosa e acima de 85, o estado é de emergência. Nesta pesquisa, os dados corroboram com essa classificação de estresse ambiental, onde se observou a variação de ITU na faixa perigosa, 81-82,6.

Estudos preditivos para estimar os valores de ITGU de até 74 são tradicionalmente associados à condição de conforto térmico; valores entre 75 e 78 indicam estado de alerta; entre 79 e 84, situação de perigo; e valores superiores a 84 caracterizam condição de emergência (Baêta; Souza, 2010; Marins *et al.*, 2020; Salman *et al.*, 2025).

Valores de ITGU inferiores a 74 indicam condição de conforto térmico para os animais, enquanto valores entre 74 e 79 representam estado de alerta e valores superiores a 84 caracterizam situação de emergência (Brown-Brandl, 2018). No presente estudo, foram registrados valores médios de ITGU entre 84,6 e 86,3, enquadrando-se na faixa considerada perigosa, o que indica estresse térmico severo.

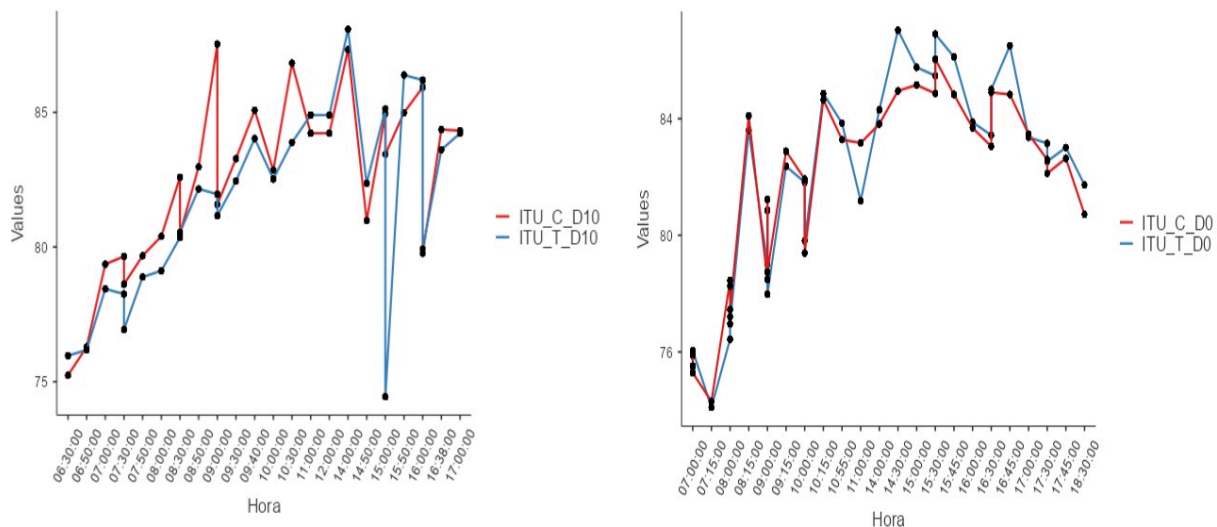
Na pesquisa, foram identificados valores médios de ITU entre 84,6-86,3, entre agosto e novembro de 2023, superiores reportados por Teixeira *et al.* (2025), no município de Alegre -ES, no período de 01 de janeiro de 2020 a 31 de dezembro de 2023, observou-se que os valores de ITU em relação às diferentes estações do ano variaram entre 65 a 76, sendo perceptível o aumento gradativo do ITU com a passagem das estações, abaixo dos valores encontrado no estudo. Na região do estudo foram identificados valores superiores, caracterizando severo estresse ambiental.

Rosanova *et. al* (2020), em um estudo realizado no Estado de Tocantins, utilizando-se dados referentes ao período de janeiro de 2009 a dezembro de 2010. Descreveu que a região apresentou valores médios de ITU altos, com média de 75,70, sendo classificado como ambiente estressante e que demanda providências técnicas e de manejo necessárias para evitar perdas na produção leiteira, propiciando bem estar e conforto térmico aos animais. Foram identificados valores superiores de ITU na região da pesquisa, entre 84,6-86,3.

Nas figuras 2 e 3, são descritos os valores de ITU entre 06h00 e 18h30. No D0 (Figura1), variação máxima entre 78 e 86, entre 08:00h e 18:30h, na faixa de estresse perigoso. Já no D10 (Figura 2), a variação

foi entre 80 e 86, entre 08:00 e 14:00h, também na faixa de estresse perigoso. A variação entre os intervalos de dia são bem discretas, mas mantém a situação de estresse perigoso.

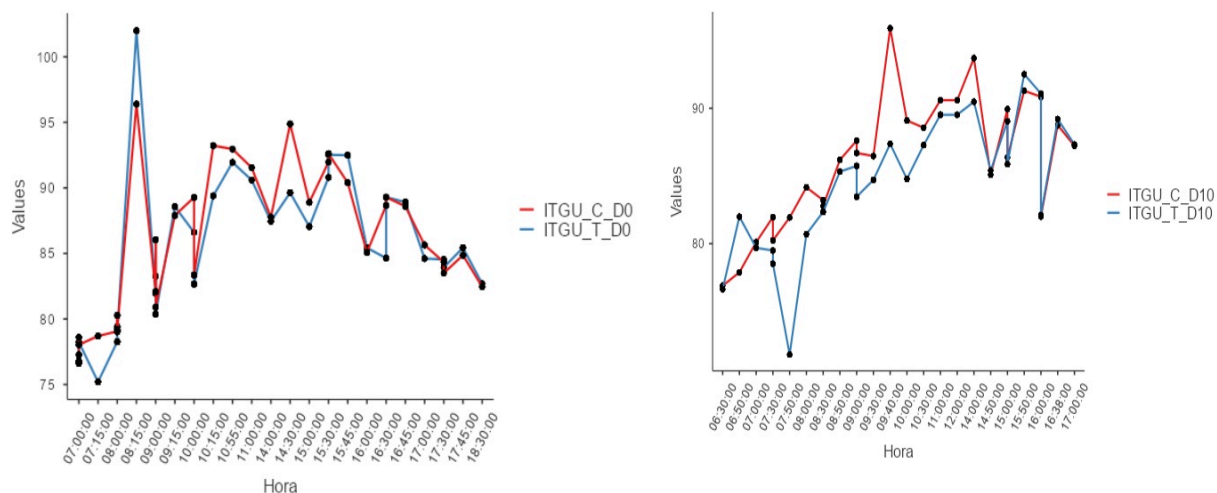
Figura 2. Variação média do índice de temperatura e umidade – ITU D0 / **Figura 3.** Variação média do índice de temperatura e umidade – ITU D10



Fonte: Dados da pesquisa

A variável ITGU está apresentada nos Figuras 4 e 5. No D0, os valores variaram entre 85 e 95, no intervalo das 07h30 às 16h45. Já no D10, a variação foi de 82 a 92, também caracterizando condição de estresse térmico. De modo geral, as médias observadas foram semelhantes entre os períodos e enquadraram-se na faixa de risco elevado.

Figura 4. Variação média de índice de temperatura de globo e umidade ITGU no D0 / **Figura 5.** Variação média de índice de temperatura de globo e umidade ITGU no D10



Fonte: Dados da pesquisa

Resultados pouco semelhantes são descritos Navarini *et al.* (2009), em estudo no Paraná, entre os meses de janeiro e fevereiro do ano de 2007. Verificou-se uma variação de branda (72 a 78) a moderada (79 a 88), observando-se a maior variação no mesmo intervalo do estudo entre 10:00h e 16:30h.

Oliveira *et al.* (2021), ao analisarem a variação do ITU no Rio Grande do Sul entre os anos de 2000 e 2020, em diferentes horários do dia com intervalos de três horas, observaram valores médios mínimos de 53 entre 5h00 e 6h00 e máximos de 73 entre 15h00 e 16h00, com destaque para os intervalos entre 8h00 e 10h00 e entre 20h00 e 22h00. No presente estudo, foram registrados valores superiores, variando entre 78 e 86, no período das 08h00 às 18h30.

Achados semelhantes aos deste estudo foram relatados por Pinto *et al.* (2025), ao avaliarem um sistema de confinamento do tipo compost barn em Rio Branco, Acre. Tanto no ambiente interno quanto no externo, as condições ambientais analisadas não atenderam aos padrões ideais de bem-estar animal

Oliveira *et al.* (2021) no Rio Grande do Sul, descreveram valores médios de ITU mínimo de 53 entre 73, dentro da faixa de conforto

térmico. Nessa região ocorre a influência de massas polares em grande parte do ano, o que reduz os índices de estresse térmico por calor, contrário aos achados na pesquisa na região Amazônica.

Kemer *et al.*, (2020), analisando a Plataforma GeoInfo (EMBRAPA, 2022), relataram para a variável ITU no Sudeste do Brasil, entre os meses de maio e setembro, há predominância da classe de $ITU \leq 70$. Por outro lado, nos meses de janeiro há predominância de $ITU \geq 72$. Valores diferentes dos achados na pesquisa.

Kemer *et al.*, (2020); Garcia et al. (2022), ao analisarem mapas mensais de ITU elaborados a partir de dados meteorológicos referentes ao período de 2007 a 2021, disponibilizados na plataforma GeoInfo da Embrapa, observaram valores de $ITU \leq 70$ entre os meses de maio e setembro no Sudeste do Brasil. Entretanto, durante os meses de dezembro a março, especialmente em janeiro, predominaram classes de $ITU \geq 72$, indicando condições ambientais menos favoráveis ao conforto térmico de bovinos leiteiros.

Muitos trabalhos correlacionam as variáveis climáticas, ambientais e fisiológicas para prever a taxa de conforto térmico dos animais. Embora, cada região apresente suas particularidades de temperatura, umidade do ar, vento, radiação e atividade pluviométrica, além das raças estabelecidas que possuem maior tolerância ou não ao desconforto térmico, por calor ou por frio.

Essa correlação de valores de ITU e ITGU, e seus efeitos na produção animal na região Amazônica, necessitam ser minuciosamente estudadas. Afim de se estabelecer parâmetros toleráveis na exploração pecuária, tanto no bem estar animal como na intensificação da produção.

Na tabela, são descritos as médias dos índices climáticos por lote e por dia (D0 e D10). Na análise desses dados, ITU (81,3-82,9) e ITGU (85,6-86,4), fica evidenciado um cenário de estresse térmico, com pequenas variações entre os lotes estudados.

Para a variável ITU, O G2, apresentou a maior variação entre os dias destacou com o menor índice 78,7-85, indicando o agravamento das condições térmicas no D10. O G5, apresentou a menor variação entre os lotes 80,4-81,1.

Já para a variável ITGU, os valores médios foram mais evidenciados. O G1, 88,3-86,3, apresentou diminuição no D10. E o G2 81,9-85, com a maior variação. Além disso foram registrados valores máximos superior a 95, caracterizando estresse emergencial.

Tabela 4. Índices climáticos do Curral por lote nos dias D0 e D10 do protocolo IATF

	LOTE	ITU		ITGU	
		D0	D10	D0	D10
Média	1	82,0	81,8	88,3	86,3
	2	78,7	83,0	81,9	85,0
	3	84,2	85,2	88,3	89,8
	4	81,3	83,8	86,5	86,7
	5	80,4	81,1	83,3	85,4

△ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualiz <https://revistatopicos.com.br/artigos/avaliacao-dos-indices-bioclimaticos-na-caracterizacao-de-amazonia-ocidental?noblockage>

Fonte: Dados da pesquisa

Os dados referentes às variáveis ambientais foram submetidos à análise estatística descritiva, considerando os índices de temperatura e umidade (ITU), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), temperatura do ar (TA) e umidade relativa do ar (U%). As avaliações foram realizadas nos dias D0 e D10 do protocolo de inseminação artificial em tempo fixo (IATF), considerando-se os cinco lotes avaliados.

Para cada variável ambiental foram determinados os valores reais, observados nos diferentes lotes e momentos de avaliação. Essa abordagem permitiu caracterizar a amplitude das condições microclimáticas às quais os animais estiveram submetidos durante as etapas inicial (D0) e final (D10) do protocolo de IATF.

A análise comparativa dos valores obtidos entre D0 e D10 permitiu verificar a variação temporal das condições ambientais e identificar a persistência ou intensificação das condições de estresse térmico ao longo do protocolo. Adicionalmente, a comparação entre os lotes possibilitou identificar a heterogeneidade das condições ambientais no curral, considerando que diferenças na exposição à radiação solar, ventilação, sombreamento e umidade podem contribuir para a variação dos índices bioclimáticos.

Os valores de ITU e ITGU foram posteriormente interpretados segundo as faixas de classificação de conforto e estresse térmico descritas na literatura, permitindo caracterizar o nível de desafio térmico ambiental imposto aos animais. A interpretação conjunta desses índices com a temperatura do ar e a umidade relativa foi

utilizada para estabelecer uma avaliação integrada das condições de ambiência durante a realização do protocolo de IATF.

Considerando a natureza dos dados apresentados na tabela, a análise descrita possui caráter predominantemente descritivo. Dessa forma, diferenças numéricas observadas entre lotes e entre os momentos D0 e D10 não devem ser interpretadas como diferenças estatisticamente significativas na ausência de análise inferencial baseada nos dados individuais.

Isso permite uma interpretação que houve elevação média do ITU, ITGU e temperatura do ar de D0 para D10, acompanhada de discreta redução da umidade relativa.

Além disso, os valores máximos são particularmente relevantes. O ITU atingiu 86,0 em D0 e 87,5 em D10, enquanto o ITGU alcançou 96,4 e 95,9, respectivamente. A temperatura do ar chegou a 37,2–37,8 °C nos diferentes lotes.

Achados diferentes de ITU, foi reportado por, Mylostyyi e Izhboldina, (2025), em 2024, em comparação com 2023, identificou e estresse térmico moderado (72–79,9).

Este estudo visa avaliar de forma abrangente como os índices térmicos existentes estimam a resposta da produção leiteira nos EUA ao estresse térmico, tanto por frio quanto por calor, no período de 1981 a 2020.

Oliveira *et al* (2025), descrevem um limite aceitável de ITU para vacas leiteiras de alta produção de até 68 (LESO, *et al.* 2020). Esse intervalo de conforto térmico não foi encontrado entre os lotes da pesquisa. Para Garner *et al.* (2017), condições termo neutras variam entre 55 e

61, e de estresse entre 74 e 84 de ITU, valores de estresse semelhantes foram identificados na pesquisa.

Rolando *et al* (2022) em Lima PE, descreve taxas máxima e mínima de ITU entre 75 e 78, e Morton *et al.*, (2007) entre 72 e 77, esses valores inferiores ao da pesquisa, que caracterizou estresse térmico acentuado. Valores inferiores para vacas leiteiras são reportados por Kendall *et al.* (2007) sugeriram que o limite 67-72.

Shu *et al.* (2021), em diversos estudos estabeleceram limiares de ITU variando entre 65 e 76, considerando o valor elevado de estresse térmico

Diversos estudos em regiões distintas apontam uma variação considerável de valores de ITU, onde consideram a principalmente a região e o período do ano (inverno e verão). Estes invariavelmente são valores inferiores aos identificados na região da pesquisa. Como o estudo de Moran, (2005); McGowan *et al.*, (2014), que consideraram o valor máximo de 79, o limite de estresse térmico agudo.

No Bioma Amazônico, pela sua extensão territorial e características peculiares de ser região de mata densa e de rios caudalosos, possuem elevada taxa de pluviometria e temperatura elevada entre 27 a 30°C, e a principal raça trabalhada ser uma zebuína (Nelore), observa-se conforme o estudo realizado que os índices e desconforto térmicos variam na faixa de perigoso a emergência e os parâmetros fisiológicos, acima do que a literatura considera confortável e saudável, caracterizando que o animal está em estresse térmico. Mesmo assim, a atividade pecuária torna-se cada vez mais pujante, alcançando índices de regiões com menos estresse térmico caracterizado. Sabendo-se que nessas condições

ocorre a diminuição do potencial produtivo e reprodutivo, não se observa discrepância de índices de prenhes e ganho de peso quando comparados a outras regiões produtivas.

Assim, entender a complementariedade entre raças, ambientes, e período de trabalho pode ser a condicionante de impulsiona a produção nesse Bioma, onde ocorrem compensações: como a possibilidade de produção de forragem durante todo o ano, a ausência de períodos frios, a disponibilidade de água em grande parte da região, além do uso de raças adaptadas que possuem uma excelência conversão produtiva e reprodutiva.

Poucos são os estudos na região, para estimar os índices e parâmetros ambientais, pertinentes ao desconforto térmico e calórico dos animais, sobretudo na raça nelore criados a pasto. Assim, novos estudos são preponderantes para determinar taxas específicas na região Amazônica e o verdadeiro impacto na produção e reprodução dos animais nessa região.

5. CONCLUSÃO

Durante todo o período do estudo, foi identificado taxas elevadas de estresse térmico ambiental, levando ao desconforto térmico dos animais, podendo interferir no processo produtivo e reprodutivo destes. Dessa maneira, caracterizar intervalos dos parâmetros bioclimáticos na região pode ser um diferencial para novos valores de indicadores de estresse térmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P. G., ABREU, V. M. N., FRANCISCON, L., COLDEBELLA, A., & DO AMARAL, A. G. (2011). Estimativa da temperatura de globo negro

a partir da temperatura de bulbo seco. *Revista Engenharia Na Agricultura*,19(6), 557-563

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES (ABIEC). Beef Report 2024: Perfil da Pecuária no Brasil.

São Paulo: ABIEC, 2025. Disponível.

<https://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2025-perfil-da-pecuaria-no-brasil/>

AVILA, A. D., JÁCOME, I. M. T. D., FACCENDA, A., PANAZZOLO, D. M., & MÜLLER, E. R. (2013). Avaliação e correlação de parâmetros fisiológicos e índices bioclimáticos de vacas holandês em diferentes estações. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*,14(14), 2878-2884

BAÊTA, F. da C.; SOUZA, C. de F.. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal*. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2010. 269 p.

BOLETIM CLIMÁTICO DO ESTADO DO ACRE (2025). Disponível em:

<https://panorama.sipam.gov.br/painel/meteorologia/boletimclimatico>

BROWN-BRANDL, Tami M. Understanding heat stress in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 47, p. 521–529, 2018. National Environment Science. (2012). 3(1), 42–50.

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

FERREIRA, J. L.; LOPES, F. B.; LIRA, T. S. de; GARCIA, J. A. S.; LÔBO, R. B.; SAINZ, R. D. Interação genótipo-ambiente de características sob efeito maternal em bovinos Nelore criados no trópico úmido do

Brasil por meio de norma de reação. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2787–2798, 2015. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n4p2787

GARNER, J.B.; DOUGLAS, M.; WILLIAMS, S.R.O.; WALES, W.J.; MARETT, L.C.; DIGIACOMO, K.; LEURY, B.J.; HAYES, B.J. Responses of Dairy Cows to Short-Term Heat Stress in Controlled-Climate Chambers. *Anim. Prod. Sci.* **2017**, 57, 1233. [CrossRef]

IDAF. Instituto de Defesa Agropecuário e Florestal do Acre, Declaração de rebanho etapa Novembro 2023.

IDRIS M, UDDIN J, SULLIVAN M, MCNEILL DM, PHILLIPS CJ. Non-invasive physiological indicators of heat stress in cattle. *Animals*. (2021) 11:71.doi: 10.3390/ani11010071.

IHSAN, A.; CHENG, J.; WIDODO, N. P.; WANG, E.-Y.; WALY, F. Z.; SYACHRAN, S. R.; FADILLAH, T.; KHAMIDAH, H. N. Hybrid method for analyzing air thermal conditions in underground mines. *Expert Systems with Applications*, v. 245, 123026, 2024. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.123026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Pesquisa da Pecuária Municipal 2024*. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: Pesquisa da Pecuária Municipal – IBGE. Acesso em: 9 set. 2026

KEMER, A.; GLIENKE, C. L.; BOSCO, L. C. Índices de conforto térmico para bovinos de leite em Santa Catarina, Sul do Brasil. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 5, p. 29655-29672, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-426.

KENDALL PE, VERKERK GA, WEBSTER JR, TUCKER CB. Irrigation systems and shade cool cows and reduce insect avoidance behavior in pasture-based milk production systems. *J Dairy Sci* 2007; 90: 3671–3680.

LESO, L.; BARBARI, M.; LOPES, M.A.; DAMASCENO, F.A.; GALAMA, P.; TARABA, J.L.; KUIPERS, A. Invited Review: Compost-Bedded PackBarns for Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* **2020**, 103, 1072–1099. [CrossRef] [PubMed]

MARINS, T. N. et al. Índices de estresse e conforto térmico associados aos parâmetros fisiológicos e perfil energético em vacas Girolando criadas a pasto na savana tropical. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, e111973672, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.3672

MCGOWAN, M., K. MCCOSKER, G. FORDYCE, D. SMITH, P. O'ROURKE, N. PERKINS, T. BARNES, L. MARQUET, J. MORTON AND T. NEWSOME. 2014 Northern Australian Beef Fertility Project: Cash Cow. Final Report, Project B. NBP. 0382, Meat and Livestock Australia, Sydney.

MORAN, J. 2005. Tropical dairy production: feed management for small milk producers in the humid tropics. Collingwood, Vic: Csiro Publishing.

MORTON JM, TRANTER WP, MAYER DG, JONSSON NN. Effects of environmental heat on conception rates during vacation lactating dairy cows: critical exposure periods. *J Dairy Sci* 2007, 90: 2271–2278.

MYLOSTYVYI, R.; IZHBOLDINA, O.. An integrated approach using temperature–humidity index, productivity, and welfare indicators for herd-level heat stress assessment in dairy cows. *Animals*, v. 15, n. 3341, 2025

NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. de A.; ALMEIDA, C. P. 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, 2009. DOI: 10.1590/S0100-69162009000400001

NEVES SF, SILVA MC, MIRANDA JM, STILWELL G, CORTEZ PP. Predictive models of dairy cow thermal state: a review from a technological perspective. *Vet Sci.* (2022) 9:416. doi: 10.3390/vetsci9080416

OLIVEIRA C. P, SOUSA FCD, SILVA ALD, SCHULTZ EB, VALDERRAMA-LONDONO RI, SOUZA PARD. Heat stress in dairy cows: impacts, identification, and mitigation strategies—a review. *Animals.* (2025) 15:249. doi: 10.3390/ani15020249

OLIVEIRA, A.de F. de. P., G. M., SOUZA, B. B. de., SILVA, A. M. de A., ROBERTO, J. V. B., & SILVA, C. M. B. A. de. (2011). *Avaliação do comportamento fisiológico de caprinos da raça Saanen no semiárido paraibano. Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, 6(1), 21.

OLIVEIRA, Z. B. de; KNIES, A. E.; RADONS, S. Z.; BOTTEGA, E.L. Análise da variabilidade espacial do índice de temperatura e umidade no Rio Grande do Sul em diferentes horários. *BioEng – Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 15, n. 2, p. 220–234, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2021v15n2p220-234>.

PEREIRA, M. H. C. et al. Influência da categoria animal no desempenho reprodutivo em programas de IATF. *Boletim de Indústria Animal*, v. 80, p. 1-15, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17523/bia.2023.v80.e000>

PINTO, A. J. da S.; REIS, E. M. B.; DANTAS, F. L.; OLIVEIRA, A. V. D. de; LINHARES, L. P.; MACIEL, O. J. S.; POMBOLO, J. P. Avaliação dos índices de conforto térmico de vacas leiteiras em um sistema de confinamento do tipo compost barn na Amazônia Ocidental. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, Curitiba, v. 23, n. 8, e11255, 2025. DOI: 10.55905/oelv23n8-183

POLLI, V. A., COSTA, P. T., GARCIA, J. A. B., RESTLE, J., DUTRA, M. M. M., & VAZ, R. Z. (2020). Estresse térmico e qualidade da carne ovina –uma revisão. *Research, Society and Development*, 9(9), e595997578. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7578>.

ROLANDO, P. L.; SANDOVAL-MONZÓN, R. S.; MONTENEGRO, M. P.; RUIZ-GARCÍA, L. F. Temperature-humidity index and reproductive performance of dairy cattle farms in Lima, Peru. *Open Veterinary Journal*, v. 12, n. 3, p. 399–406, 2022. DOI: 10.5455/OVJ.2022.v12.i3.14.

ROSANOVA, C.; REBOUÇAS, G. F.; SILVA, M. das M. P. da; REZENDE, D. M. L.C.; ROCHA, A. S. da; PEREIRA JUNIOR, A.; ISMAR, M. G.; FERREIRA, C. C. B.; SILVA, E.W.da. Determinação do ITU – índice de temperatura e umidade da região de Araguaína-TO para avaliação do conforto térmico de bovinos leiteiros. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 69254-69258, set. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n9-391. ISSN 2525-8761.

SÁ, C. P. de ; BAYMA, M. M. A.; CARNEIRO JUNIOR, J. M. Aspectos Econômicos e Ambientais da Utilização do Forrageiro Amendoim para Recria-Engorda de Bovinos de Corte no Acre. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco – Acre, 20 a 23 de julho de 2008.

SALMAN, A. K. D.; TEIXEIRA, O. de S.; KARVATTE JUNIOR, N. (ed.). *Sistemas integrados e bem-estar animal no contexto das mudanças climáticas*. Brasília, DF: Embrapa, 2025. 159 p. ISBN 978-65-5467-110-1.

SANTOS, G. C.; CABRAL, A. M. D. Índices bioclimáticos, modelagem matemática e índices estatísticos para avaliação de modelos utilizados na estimativa do conforto térmico animal..*Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, p. e20910313328-e20910313328,2021.

SHU H, WANG W, GUO L, BINDELLE J (2021) Recent advances in early detection of heat stress in dairy cows using animal-based indicators: a review. *Animals* 11:980. <https://doi.org/10.3390/ani11040980>.

SIANI, S. R.; HAYASHI, C.; REIS, N. de S. J. Desenvolvimento sustentável regional: uma análise da pecuária na Amazônia. *Revista DELOS*, v. 18, n. 75, e7955, 2025. DOI: 10.55905/rdelosv18.n75-121

SILVA, W. C. da; PRINTES, O. V. N.; LIMA, D. O.; SILVA, É. B. R. da; SANTOS, M. R. P. dos; CAMARGO JÚNIOR, R. N. C; B. A. V. C.; SILVA, J. A. R. da; SILVA, A. G. M. e; S., L. K. X.; ARAÚJO, C. V. de; BRITTO, E. N.; LOURENÇO-JÚNIOR, J. de B. Evaluation of the temperature and humidity index to support the implementation of a rearing system for ruminants in the Western Amazon. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 10, 1198678, 2023. DOI: 10.3389/fvets.2023.1198678

TEIXEIRA, I. da C.; C., W. de S.; MOULIN, da R. M.; LINS, U. Q.; OLIVEIRA, A.de F.. M. de; FERRARI, J. L. Determinação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do município de Alegre – ES para a avaliação do conforto térmico de bovinos leiteiros. *Caderno Pedagógico*, Curitiba:

THOM, E. C. The discomfort index. *Weatherwise*, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959. Available from:

<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00431672.1959.9926960>.

TURCO, S. H. N.; SILVA, T. G. F. da; OLIVEIRA, G. M. de; LEITÃO, M. M. V. B. R.; MOURA, M. S. B. de; PINHEIRO, C.; PADILHA, C. V. da S. Estimating black globe temperature based on meteorological data. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING; BRAZILIAN CONGRESS OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 37.; INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM – ILES, 8., 2008, Foz do Iguaçu. *Proceedings...* Foz do Iguaçu: SBEA, 2008. DOI: 10.13031/2013.25593

¹ Doutorando Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Produção Animal Sustentável na Amazônia Ocidental – PPGESPA-UFAC.

Docente Universidade Federal do Acre. ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-0647-7120>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Mestrando Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Produção Animal Sustentável na Amazônia Ocidental – PPGESPA-UFAC.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4966-8869>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Doutor em Engenharia Agrônômica. Docente University of Florida.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5995-3944>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Doutor em Medicina Veterinária. Docente Universidade Federal do Acre. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0827-7501>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁵ Doutora em Medicina Veterinária. Universidade Federal do Acre. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5422-1308>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁶ Doutor em Medicina Veterinária. Docente Universidade Federal de Roraima. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0455-2481>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁷ Doutor em Medicina Veterinária. Docente Universidade Federal do Acre. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1423-1267>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁸ Doutor em Geografia. Docente Universidade Federal do Acre. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0947-8070>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁹ Doutor em Medicina Veterinária. Docente Universidade Federal do Acre. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8513-4398>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)