

PADRÕES DE ALVOS EM SISTEMA PECUÁRIO EXTENSIVO DIAGNOSTICADOS POR TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO NO OESTE DO PARÁ

Gersica Camargo Pilato^{1*}; Lucieta Martorano Gurreiro^{2*}; Lílian Kátia Ximenes Silva³; Troy Patrick Beldini⁴; Kedson Alessandri Lobo Neves⁵.

¹ Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil, gersica_camargo@hotmail.com

² Embrapa Amazônia Oriental, Santarém, Pará, Brasil, lucieta.martorano@embrapa.br

³ Universidade da Amazônia, Santarém, Pará, Brasil, silva_lilian@yahoo.com.br

⁴ Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil, tpbeldini@yahoo.com

⁵ Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil, kedson_neves@hotmail.com

RESUMO: Objetivou-se identificar padrões térmicos no sistema solo-planta-animal usando a termografia infravermelho para subsidiar estratégias de melhoria no sistema pecuário em propriedade rural no oeste do Pará. Foram realizadas capturas de imagens termográficas dos seguintes alvos: animal, pastagem, solo e floresta secundária, no mês de agosto de 2017. Dados climáticos foram analisados, considerando-se a série histórica homogênea (1979 a 2009), bem como dados agrometeorológicos para avaliar as condições de tempo no dia das coletas de campo. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi utilizado para avaliar se os animais se encontravam em condições de conforto térmico. Os termogramas gerados foram analisados no programa Flir Tools, 6.3v sendo considerados padrões térmicos em ordem decrescente, identificados pelas cores: branco, amarelo, vermelho e verde. O mês de agosto, de acordo com a climatologia da região, marca a redução das chuvas reforçando que as imagens termográficas por volta das 15h00min local apresentavam respostas sob a condição térmico-hídrica nos alvos imageados. O alvo mais quente foi o solo, apresentando temperatura superior, confirmada pelas maiores amplitudes térmicas. As perdas energéticas do animal também foram elevadas em decorrência da falta de vegetação arbórea, condicionado os animais a estresse térmico, confirmado pelo ITU. Conclui-se que nas áreas com floresta secundária e de pastagem apresentam temperaturas inferiores que os alvos animal e solo exposto. A termografia infravermelho apresenta-se como ferramenta de diagnóstico preciso sob as condições em que os alvos se encontram, indicando reduzidas amplitudes térmicas em alvos vegetados e altas variações em solo exposto ou pastagem em vias de degradação.

PALAVRAS-CHAVE: Homeotermia, Pastagem degradada, Regulação térmica.

THERMOGRAPHIC PATTERNS IN AN EXTENSIVE LIVESTOCK SYSTEM DIAGNOSED BY INFRARED THERMOGRAPHY IN WESTERN PARÁ STATE, AMAZONIA, BRAZIL

ABSTRACT: The objective was to identify thermal patterns in the soil-plant-animal system using infrared thermography to subsidize strategies for improvement of livestock management techniques in a rural property in western Pará. We carried out the capture of thermographic images of the following targets: animal, pasture, soil and secondary forest, in August. We analyzed climatic data, considering the homogeneous historical series (1979 to 2009), as well as agrometeorological data to evaluate the weather conditions on field collections days. The Temperature and Humidity Index (THI) was used to evaluate if the animals were in conditions of thermal comfort. The generated thermograms were analyzed in the program Flir Tools, 6.3v, with thermal patterns considered in decreasing order, identified by the colors: white, yellow, red and green. The month of August, according to the climatology of the region, marks the reduction of rainfall, reinforcing that the thermographic images at around 3:00 p.m. local time presented responses coherent with the thermal-water condition in the imaged targets at that moment in time. The hottest target was the soil, confirmed by the higher thermal amplitudes. The energetic losses of the animals were also high due to the lack of arboreal vegetation, conditioning the animals to thermal stress, confirmed by the THI. We concluded that areas with secondary forest and pasture present lower temperatures than the animal and exposed soil targets. Infrared thermography was shown to be a precise diagnostic tool under the conditions in which the targets are found, indicating reduced thermal amplitudes in vegetated targets and high variations in exposed soil or degraded pastures.

KEYWORDS: Degraded pasture, Homeothermia, Thermal regulation.

PATRONES DE BLANCOS EN SISTEMA PECUARIO EXTENSIVO DIAGNOSTICADOS POR TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN EL OESTE DE PARÁ

RESUMEN: El objetivo fue identificar patrones térmicos en el sistema suelo-planta-animal usando la termografía infrarroja para subsidiar estrategias de mejora en el sistema pecuario em propiedad rural en el oeste de Pará. Se realizaron capturas de imágenes termográficas de los siguientes objetivos: animal, pastoreo, suelo y bosque secundario, en el mes de agosto. Los datos climáticos fueron analizados, considerando la serie histórica homogénea (1979 a 2009), así como datos agrometeorológicos para evaluarlas condiciones de tiempo en el día de las colectas

de campo. El Índice de Temperatura y umedad (ITH) se utilizó para evaluar si los animales se encontraban en condiciones de confort térmico. Los termogramas generados fueron analizados en el programa Flir Tools, 6.3v siendo considerados patrones térmicos em orden decreciente, identificados por los colores: blanco, amarillo, rojo y verde. El mes de agosto de acuerdo con la climatología de la región marca la reducción de las lluvias reforzando que las imágenes termográficas alrededor de las 15h00min horario local presentaban respuestas bajo la condición térmico-hídrica em los blancos. El blanco que tuvo temperatura superior fue el suelo, confirmada por las mayores amplitudes térmicas. Las pérdidas energéticas del animal también fueron evaluadas debido a la falta de vegetación arbórea, condicionado a los animales a estrés térmico, confirmado por el ITH. Se concluye que em las áreas con bosque secundario y de pastoreo presentan temperaturas inferiores que los blancos animales y suelo expuesto. La termografía infrarroja se presenta como herramienta de diagnóstico preciso bajo las condiciones en que los blancos se encuentran, indicando reducidas amplitudes térmicas em blancos vegetados y altas variación e sen suelo expuesto o pastoreo en vías de degradación.

PALABRAS CLAVE: Homeotermia, Pasto degradado, Regulación térmica.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos novas técnicas têm sido introduzidas na agropecuária visando à implantação de estratégias de manejo que promovam a saúde e o bem-estar animal e a avaliação de indicadores de sustentabilidade em sistemas de produção. Além disso, devido às constantes flutuações climáticas que ocasionam escassez de água no solo em períodos prolongados de falta de chuva na Amazônia, a manutenção da cobertura do solo reduz as trocas nos processos

evaporativos das superfícies que recebem diretamente a radiação solar, como no caso de solo exposto e corpos hídricos sem a proteção de sua vegetação ripária, principalmente.

Dentre os sistemas de produção na região, inclui-se nesse contexto a pecuária extensiva, sendo observado em muitas propriedades rurais extensas áreas com pastagens em vias de degradação. Novos sistemas de produção vêm sendo estudados e testados com adoção de técnicas de recuperação e manejo das pastagens,

melhoramento genético do rebanho, que incentive o setor produtivo a adotar sistemas de baixa emissão de carbono, permitindo aumento da produção de carne e leite em menores áreas de pastagens (DIAS FILHO, 2014). Os sistemas integrados de produção surgem como formas de uso da terra com alternativas de solução para a melhoria da produção agrícola e pecuária, inclusive adotando boas práticas com segurança alimentar e promovendo a sustentabilidade (MARTORANO et al., 2016).

A presença da floresta em sistema de produção integrado tem sido adotada para fornecer melhoria nos índices de conforto térmico animal e agregação de valor e de renda. Além disso, proporciona redução dos impactos das gotas de chuva e, conseqüentemente atenua o processo erosivo, mantendo carbono no solo, reduzindo a densidade e aumentando capacidade de resiliência dos solos, com melhoria da qualidade da pastagem e mitigação dos gases de efeito estufa (LEITE et al., 2010; TONUCCI et al., 2010). Paciuлло et

al. (2009) demonstraram a eficiência em área com sombra moderada, aumentando a oferta de proteína bruta, densidade de perfilhos e matéria seca da forrageira, sendo este um fator adicional à incorporação do componente arbóreo em sistema pecuário integrado.

Para avaliar padrões de respostas em sistemas de produção, vem sendo utilizada a termografia infravermelho por auxiliar na identificação de condições térmicas relacionadas às características fisiológicas (animal) e ambientais (pastagem, solo e floresta). Por ser um método rápido e não invasivo, detecta a temperatura de superfícies e seus gradientes, formando imagens termográficas, a partir de radiação infravermelho (SYKES et al., 2012; MENEGASSI et al., 2015). As imagens auxiliam na compreensão da termorregulação a partir de mudanças na temperatura superficial e o impacto das condições ambientais sobre o conforto animal (KOTRBA et al., 2007; ZOTTI, 2010), além de otimizar o uso das pastagens, uma vez que avalia de

forma precisa o estado fisiológico das mesmas (COSTA et al., 2013).

Em ambientes de temperaturas elevadas, a eficiência de perda de calor do animal para o meio diminui, em razão do menor gradiente de temperatura entre a pele do animal e a do ambiente. Essa capacidade de perda de calor está relacionada ao gradiente térmico entre a temperatura superficial e a do meio (SOUZA et al., 2008). Nessa situação, o animal pode até certo ponto manter a temperatura corporal por meio da vasodilatação, que aumenta o fluxo sanguíneo periférico e a temperatura da pele; no entanto, se a temperatura ambiente continuar aumentando, o animal passa a depender da perda de calor por evaporação, principalmente através da respiração (ofego) e/ou sudorese (AGGARWAL; SINGH, 2008; MARAI; HAEED, 2010).

A temperatura da pastagem depende diretamente da radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e nebulosidade, além de estar relacionada ao período

(hora) do dia e as condições do solo (teor de água e propriedades do dossel, como morfologia, densidade e altura). Todos esses fatores influenciam o desenvolvimento e a qualidade da pastagem e a proporção do fluxo radiante do calor sensível e latente (MAES; STEEP, 2012). As pastagens quando submetidas à altas temperaturas podem sofrer alterações nos processos evapotranspiratórios, inclusive comprometendo o aparato fotossintético, com elevação das taxas de respiração (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Sob condição de elevação térmica no ambiente, ocorre o aumento das demandas de saída de vapor d'água, tanto das pastagens (evapotranspiração) quanto do solo (evaporação), causando redução na disponibilidade hídrica às plantas (ALENCAR, et al., 2009). Processos como germinação, crescimento e desenvolvimento das pastagens são comprometidos ocasionando redução de produtividade na pecuária, tanto de leite quanto de carne. Neste contexto, objetivou-se identificar padrões

térmicos no sistema solo-planta-animal usando a termografia infravermelho para subsidiar estratégias de melhoria no sistema pecuário em propriedade rural no oeste do Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

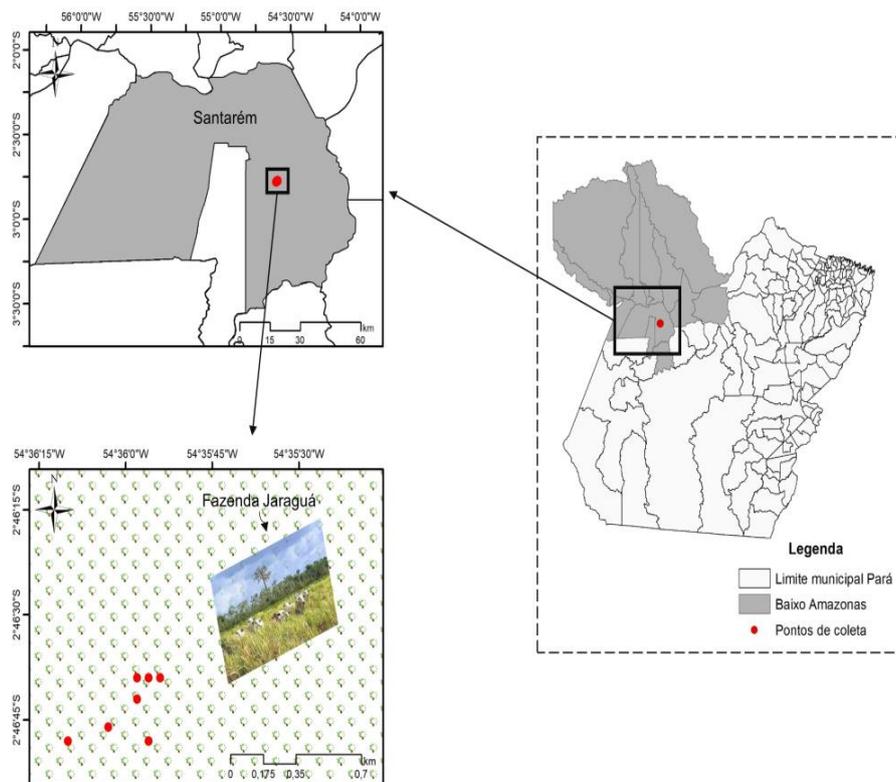
O experimento foi realizado em uma propriedade que apresentava pastagens com alto grau de degradação agrônômica além de baixa capacidade de suporte no município de Mojuí dos Campos, Pará, Brasil (2° 28' e 4° 23' S e 54° 31' e 55° 40' W), conforme representado na Figura 1. A área de estudo está inserida em ambiente sob tipologia climática Am₄ equatorial que apresenta totais pluviais inferiores a 60 mm no mês menos chuvoso e, com precipitação pluvial anual entre 1900 a 2100 mm, temperatura do ar média anual é de 25,6 °C e a umidade relativa variando entre 84 a 86% (MARTORANO et al., 1993; MARTORANO et al., 2017).

O trimestre mais chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro a abril e o menos chuvoso entre os meses de agosto a outubro (IBGE, 2015).

Para o período inicial das coletas, foram realizadas capturas de imagens termográficas dos seguintes alvos: animal, pastagem, solo e floresta secundária, no mês de agosto de 2017, sendo considerado o período inicial das coletas o mês de agosto quando a precipitação pluvial iniciava na região o processo de redução da oferta de água pela atmosfera.

Os animais avaliados foram fêmeas bovinas adultas recém-paridas, com peso médio de 500 kg. A pastagem era composta de capim Mombaça (*Panicum maximum*, Jacq.). O solo predominante é do tipo Latossolo Amarelo Distrófico, com altitude média de 143 m e relevo variando de plano a suavemente ondulado (FALESI, 1986).

Figura 1. Localização da Propriedade no município de Mojuí dos Campos, Pará.



A floresta secundária é aparentemente homogênea com predominância de árvores que podem chegar até 50 metros de altura. Segundo Massoca et al (2012) as áreas de floresta secundária desempenham e oferecem recursos e funções ecossistêmicas como absorção do carbono atmosférico, contribuição para a conservação da diversidade da fauna e flora além da recuperação da fertilidade do solo.

As variáveis meteorológicas (temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar e precipitação pluvial) são referentes ao dia 21/08/2017, obtidas da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada em Santarém (Latitude em UTM -2.502572°S e Longitude -54.720279°W), instalada a 32.1 km do local do experimento. Os valores correspondentes às condições médias no dia das coletas estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios e extremos no dia das coletas de campo registrados na estação meteorológica do INMET, Santarém, Pará, Brasil

Variáveis Agrometeorológicas	Dia 21/08/2017	Mês Agosto/2017
Temperatura do Ar Máxima (°C)	28,1	27,5
Temperatura do Ar Mínima (°C)	27,4	26,7
Temperatura do Ar Média (°C)	27,8	27,1
Umidade Relativa Máxima (%)	79,6	81,9
Umidade Relativa Mínima (%)	74,9	77,3
Umidade Relativa Média (%)	77,2	79,7
Radiação solar global (kJ.m ⁻²)	805,6	876,2
Precipitação pluvial (mm)	0,0	0,1

A partir desses valores foi calculado o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), considerando-se a temperatura e a umidade relativa do ar. Conforme

Azevedo (2005) esse é um índice de referência na avaliação do conforto térmico animal. O ITU foi calculado a partir da equação 1 (THOM, 1959).

$$ITU = (0,8\bar{T}) + \left(\frac{Ur}{100}\right) * [\bar{T} - 14,4] + 46,4 \quad (1)$$

em que \bar{T} é a temperatura média do ar (°C) e Ur é a umidade relativa do ar (%).

As imagens termográficas utilizadas neste trabalho foram referentes à campanha realizada no mês de agosto, que corresponde ao início do período de redução na precipitação pluvial da região. Foram realizadas dezesseis capturas de imagens termográficas dos

animais, considerando-se a temperatura frontal (cabeça), das pastagens, do solo exposto e da floresta secundária, entre às 14h00min e 15h30min, denominadas como Temperatura de Superfície (TS).

Os dados foram coletados usando termógrafo de infravermelho (FLIR T650sc, Wilsonville, OR, EUA, 2015). Na Figura 2 é possível observar imagens fotográficas durante o processo de obtenção de dados com a câmera termográfica. A câmara possui lente fixa de 25 mm, escala de temperatura de -40 a 150 °C, sensibilidade térmica de 50mK (<0,05 °C à temperatura ambiente de 30 °C), escala espectral de abrangência vai de 0,7 a 100µm, mas os alvos imageados apresentam resposta entre 0,7 a 3,0 µm e resolução óptica

de 640x480 pixels com índice de emissividade máximo de 0,95.

Os termogramas gerados foram posteriormente analisados no programa Flir Tools, 6.3v (FLIR Systems, Inc., Wilsonville, OR, EUA, 2015). Para a obtenção das TS dos componentes avaliados foram adotados os seguintes padrões térmicos em ordem decrescente, identificados pelas cores: branco, amarelo, vermelho e verde. Em cada imagem tratada foram traçados 5 pontos para cada padrão de temperatura, conforme observado na Figura 3.

Figura 2. Campanha de campo para a captura das imagens termográficas.

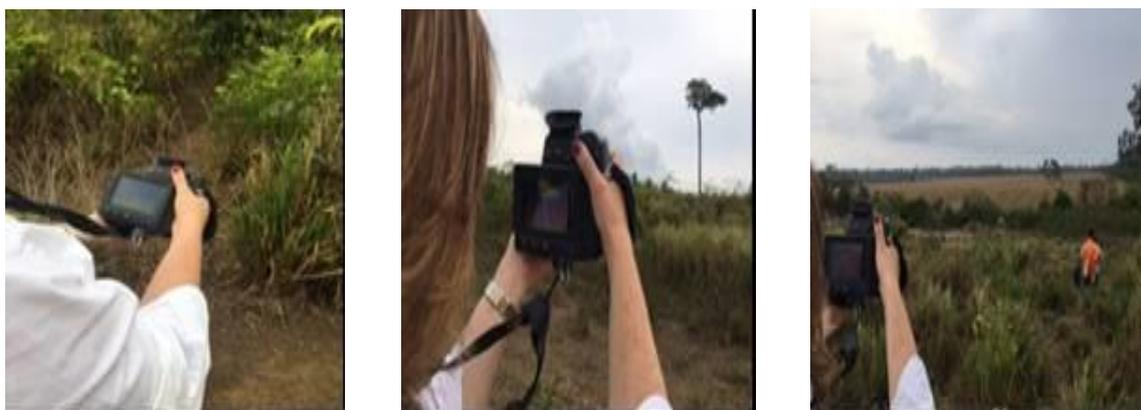
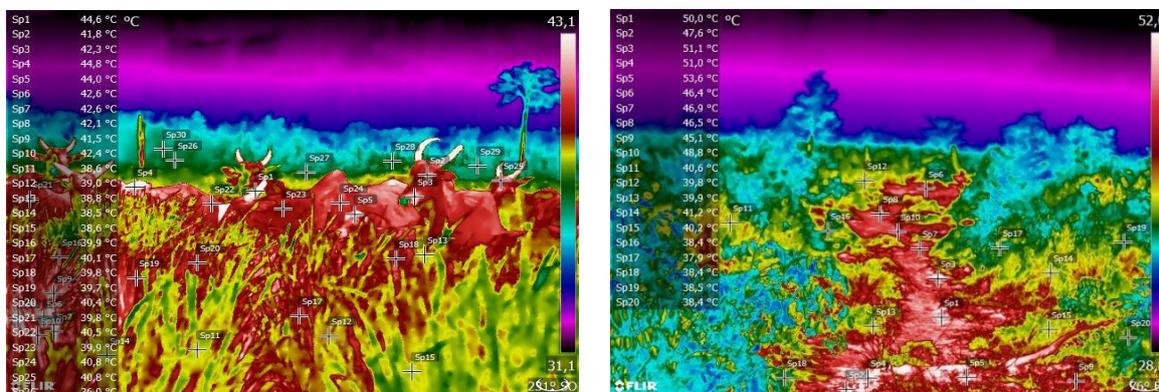


Figura 3. Tratamento de imagem termográfica na ferramenta Flir Tools.



Verificou-se que os dados seguiram um padrão de distribuição normal e que havia homogeneidade de variações térmicas. As análises paramétricas foram utilizadas para avaliar variância, média e moda, com aplicação do teste de Tukey. O nível de significância adotado foi de 5% por se tratar de coletas em ambientes abertos. A estatística descritiva e a comparação das médias foram realizadas usando o software BioEstat, versão 5.3 (AYRES et al., 2007) para identificar padrões com destaques entre as respostas térmicas obtidas dos alvos analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

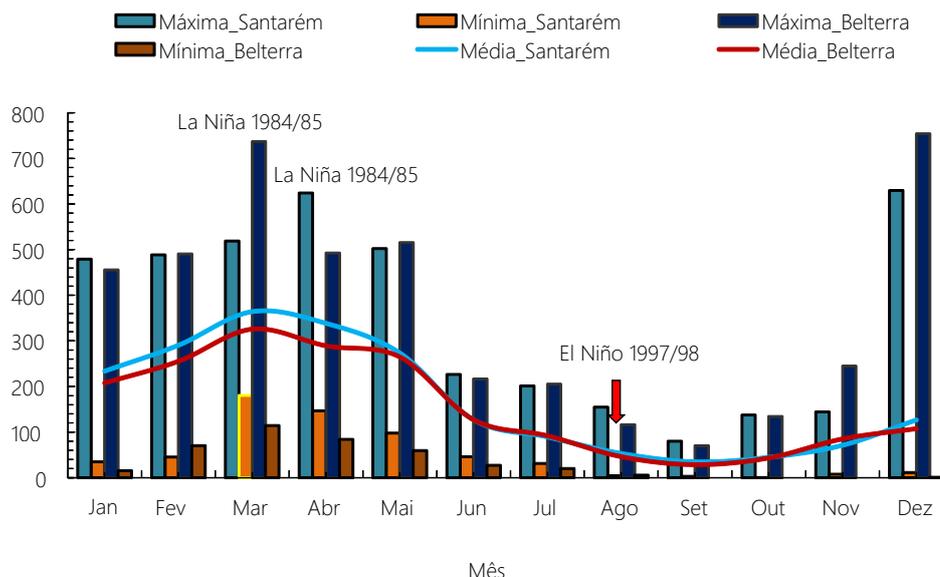
Na Figura 4 é possível observar que tanto em Santarém quanto em Belterra

os valores de precipitação pluvial são reduzidos a partir de agosto, reforçando que nesse mês os padrões imageado já evidenciavam respostas em exposição do solo, reduzida cobertura de áreas com pastagem. Em anos de mecanismos de escala global e meso escala como o El Niño de 1997/98, o volume de água precipitada tende a diminuir no mês de agosto (MARTORANO et al., 2017) e em anos de La Niña como de 1984/85 os valores de precipitação pluvial máximos ocorreram em Belterra no mês de março e em Santarém, o volume de água precipitado só atingiu valores extremos no mês de abril, sendo abaixo do ocorrido em Belterra (Figura 4). Esses resultados reforçam que março é

o mês mais chuvoso e que agosto é o mês que marca a redução das chuvas

na área em que está instalada a unidade de monitoramento.

Figura 4. Total médio e extremos (máximos e mínimos) mensais de precipitação pluvial nos municípios de Santarém e Belterra, no período de 1979 a 2009.



Fonte: INMET, Série histórica (1979 a 2009)

Ao analisar o padrão termográfico nos bovinos identificou-se que a temperatura da superfície da cabeça para o padrão branco apresentava valores mínimos de $41,0 \pm 4,6$ °C, máximos de $47,4 \pm 4,6$ °C e médios de $43,4 \pm 2,0$ °C. No padrão vermelho as temperaturas mínimas, máximas e médias foram de $38,3 \pm 1,9$ °C, $41,0 \pm 1,9$ °C e $40,0 \pm 0,8$ °C, respectivamente. Observa-se que independente do

padrão analisado os animais apresentaram temperaturas elevadas de superfície frontal. Levando-se em consideração que esses animais estão em região de clima quente e úmido e o ITU calculado para o dia das coletas a campo foi de 78,9, observa-se influência do ambiente, condicionando os animais a situação de desconforto térmico. Reforçando, portanto que as condições térmico-hídricas do ambiente reduzem

as trocas térmicas através da pele dos animais (SOUZA et al., 2008). Esses dados concordam com Silva et al. (2011) que afirmam que a temperatura de superfície tem correlação direta com as variáveis ambientais, sendo indicador do estresse térmico animal. No estado do Pará, foi observado em bubalinos que valores de ITU a partir de 79,1 constituem ambiente térmico desafiador para os mesmos (SILVA et al., 2017).

Em se tratando do alvo pastagem, além dos padrões branco e vermelho foram observadas nuances em amarelo. O padrão branco reflete as maiores temperaturas, sendo os menores valores de $39,6 \pm 2,9$ °C e os maiores atingiram $43,7 \pm 2,9$ °C, com média de $41,8 \pm 1,4$ °C. No padrão amarelo foram observadas temperaturas variando de $37,0 \pm 2,9$ °C, $41,0 \pm 2,9$ °C e $39,0 \pm 1,2$ °C, correspondentes às temperaturas extremas (mínima e máxima) e a média, respectivamente. No padrão vermelho no pasto foram observadas as temperaturas mais amenas variando de $37,6 \pm 1,3$ °C a $39,4 \pm 1,3$ °C. Pavão et al. (2015) utilizando imagens do Landsat 5

para extrair respostas térmicas em áreas com pastagem no município de Humaitá, encontraram valores variando de 26 °C a 30 °C, no mês de julho, referentes aos anos de 2009 a 2010. Os valores inferiores obtidos pelos autores podem ser explicados pela localização geográfica, interferência atmosférica, horário de obtenção das imagens, as quais foram extraídas durante a passagem do satélite às 10h da manhã e, condições de manejo das pastagens. Assim sendo, a temperatura mais elevada nas pastagens pode ser explicada, tanto pelas condições climáticas da região em estudo, quanto pela baixa qualidade da pastagem contendo inclusive, predominância de espécies daninhas. Por outro lado, fatores como o horário de coleta e a precisão obtida pelos termogramas foram decisivos no diagnóstico térmico que reflete a influência do aquecimento do solo e das pastagens em vias de degradação.

Ao analisar o solo exposto identificaram-se no padrão branco temperaturas variando de $43,2 \pm 5,3$ °C a

50,7±5,3 °C e, no padrão vermelho a faixa térmica ficou entre 40,0±4,8 °C a 46,7±4,8 °C. As análises térmicas de Santos et al. (2016) em estudo conduzido na Floresta Nacional do Tapajós, identificaram que a temperatura média em solo exposto foi de 40,9 °C, indicando que os valores obtidos pelos autores foram próximos aos observados neste trabalho. Segundo Leite (2011) em áreas com solo exposto a maior parte da energia é utilizada para aquecimento da superfície ao comparar com áreas vegetadas, sendo a maior parcela energética gasta na forma de calor sensível.

O padrão verde identificado nas áreas com floresta secundária expressou valores inferiores aos demais alvos analisados, reforçando a importância das espécies arbóreas em sistemas de produção pecuária. Mesmo sendo o imageamento termográfico realizado no horário das temperaturas máximas na região (por volta das 15h:00min), os valores estavam entre 36,5±0,8 °C a 37,6±0,8 °C, reforçando o importante serviço ecossistêmico na regulação

térmica, prestados pelas áreas florestadas. Santos et al. (2016) ao analisarem respostas térmicas na Floresta Nacional do Tapajós e seu entorno detectaram às 13:00 horas no mês de janeiro temperaturas na vegetação secundária variando entre 16 °C e 32 °C, consubstanciando a importância da atenuação térmica pela floresta. Essa redução de temperatura para o componente floresta pode ser explicada pela maior densidade da vegetação, logo, a energia disponível ao ambiente é distribuída para o processo de evapotranspiração, resfriando a superfície vegetada (BIUDES, et al., 2009, 2015; LEAL, 2012).

Vale destacar que as diferenças térmicas entre o padrão com temperatura mais elevada (branco) e os que apresentaram temperaturas mais amenas (vermelho) nos alvos animal, pastagem e solo exposto, as respostas térmicas no solo foram as mais expressivas (Tabela 2), concordando com Santos et al. (2016) que também observaram que nas áreas de solo exposto ocorre maior condução de

calor, elevando a temperatura do solo durante o dia, reduzindo-se durante a

noite, pelo processo de condução de calor para a atmosfera.

Tabela 2. Média e desvio padrão dos alvos animal, pastagem e solo exposto nos padrões de temperaturas mais elevados (branco) e de temperaturas mais amenas (vermelho).

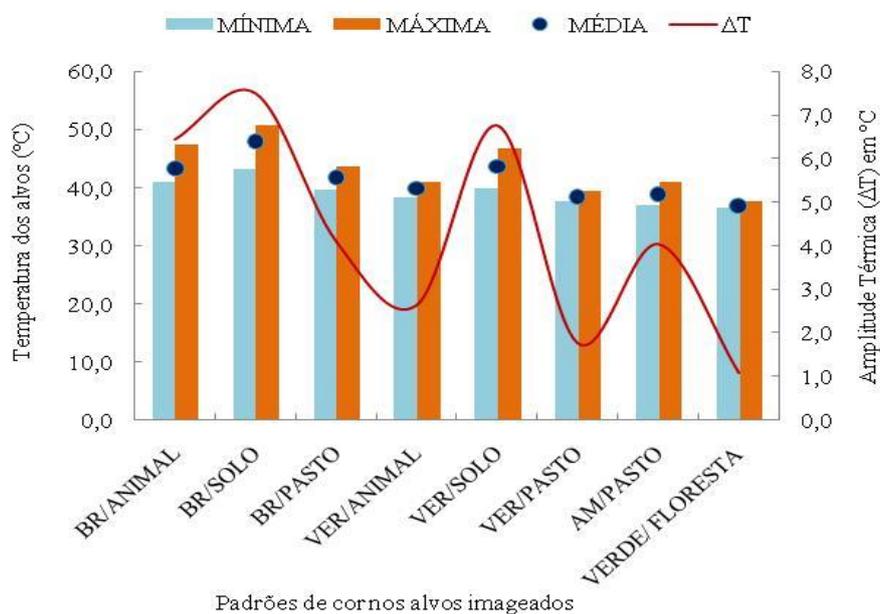
	Padrão / Componente		
	Branco / Animal	Branco / Pastagem	Branco / Solo
Temperatura Média (° C)	43,4±1,9 ^b	41,8±1,3 ^b	48,1±4,3 ^a
	Vermelho / Animal	Vermelho / Pastagem	Vermelho / Solo
Temperatura Média (° C)	39,9±0,8 ^b	38,4±0,9 ^b	43,7±3,4 ^a

^{ab} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística (P<0.05).

Nota-se que as respostas termográficas em solo exposto refletem valores expressivos ao comparar com os alvos animal e pastagens e, conseqüentemente apresentam as menores amplitudes térmicas (Figura 5). Esses dados demonstram a importância da recuperação de pastagens e da incorporação de componentes arbóreos no sistema de produção pecuário extensivo, podendo ser explicado pelos vários serviços

ambientais prestados pelas áreas com floresta mantendo a biodiversidade, além da ciclagem da água e armazenamento de carbono (FEARNSIDE, 2006). Quando os sistemas de produção retiram a vegetação natural para implantar outros tipos de cobertura do solo há perdas do efeito termo-hidroregulador prestado pela floresta ocasionando o maior aquecimento dos alvos (BIUDES et al. 2015).

Figura 5. Temperatura mínima, máxima, média e amplitude térmica dos diferentes padrões e componentes avaliados no sistema de pecuária extensiva.



CONCLUSÃO

As imagens termográficas confirmam que as temperaturas nas áreas com floresta secundária e pastagens, mesmo em vias de degradação apresentam temperaturas inferiores que os alvos animal e solo exposto.

Solo exposto expressa temperaturas superiores quando comparados aos alvos animal e pastagem reforçando que a cobertura do solo atenua as trocas térmicas e perdas de água para a atmosfera.

Os termogramas são diagnósticos precisos sob as condições em que os alvos se encontram, indicando reduzidas amplitudes térmicas em alvos vegetados e altas variações em solo exposto ou pastagem em vias de degradação.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado à primeira autora. À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pela oportunidade de uso nesta pesquisa do

termógrafo científico (Projeto MP5 PECUS/INFRA CNPq).

REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, A.; SINGH, M. Changes in skin and rectal temperature in lactating buffaloes provided with showers and wallowing during hot-dry season. **Tropical Animal Health Production**, v.40, p.223-228, 2008.
- ALENCAR, C. A. B., CUNHA, F. F., MARTINS, C. E., COSER, A. C., ROCHA, W. S. D., ARAÚJO, R. A. S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.98-108, 2009.
- AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **BioEstat**: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas, Belém-Pará, 364p, 2007.
- BIUDES, M. S.; CAMPELO JUNIOR, J. H.; NOGUEIRA, J. S.; SANCHES, L. Estimativa do balanço de energia em cambarazal e pastagem no norte do Pantanal pelo método de razão de Bowen. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.2, p. 135 – 143, 2009.
- BIUDES, M. S.; VOULITIS, G. L.; MACHADO, N. G.; ARRUDA, P. H. Z.; NEVES, G. A. R.; LOBO, F. A.; NEALE, C. M. U.; NOGUEIRA, J. S. Patterns of energy exchange for tropical ecosystems a cross a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 202, p. 112 – 124, 2015.
- COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VAN BAAL, J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 1244-1253, 2006.
- COSTA, J. M.; GRANT, O. M.; CHAVES M. M. Thermography to explore plant-environment interactions. **Journal of Experimental Botany**, v.64, n.13, p. 3937 - 3949, 2013.
- DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **Documentos / Embrapa Amazônia Oriental**, p. 402. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.
- FALESI, I. C. **O solo da Amazônia e sua relação com a definição de sistemas de produção agrícola**. EMBRAPA, 1986.
- FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, v. 36(3), p. 395 – 400, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro, Brasil: IBGE, 2015.
- KOTRBA, R.; KNÍZKOVÁ, I.; KUNC, P.; BARTOS, L. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, v.32, p.355-359, 2007.
- LEITE, L. F. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; BARCELLOS, A. O.; BALBINO, L. C. O potencial de seqüestro de carbono em

sistemas de produção integrados: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), 2010. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 12. Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, p.69-76, 2010.

LEITE, M.R. **Sensoriamento remoto aplicado à análise temporal da relação uso da terra/ temperatura e albedo da superfície na bacia do rio Vieira no norte de Minas Gerais**, Uberlândia, 2011. 111 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Uberlândia, 2011.

MAES WH, STEPPE K. Estimating evapotranspiration and drought stress with ground-based thermal remote sensing in agriculture: a review. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, p. 4671-4712, 2012.

MARAI, I. F. M.; HAEEB, A. A. M. Buffalo's biological functions as affected by heat stress: a review. **Livest Science**, v. 127, p.89-109, 2010.

MASSOCA, P. E. S.; JAKOVAC, A. C. C.; BENTOS, T. V.; WILLIARNSON, G. B. T.; MESQUITA, R. C. G. Dinâmica e trajetórias da sucessão secundária na Amazônia Central. **Boletim do Museu Emilio Goeldi**, v.7, n. 3, p. 235-250, 2012.

MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C.; CEZAR, E. G. M.; PEREIRA, I. C. B. **Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica**. Belém, SUDAM/EMBRAPA, SNLCS, p.53, 1993.

MARTORANO, L. G.; SIVIERO, M. A., TOURNE, D. M.; VIEIRA, S. B.; FITZJARRALD, D. R.; VETTORAZZI, C. A.; BRIENZA JUNIOR, S.; YARED, J. A. G.; MEYERING, E.; LISBOA, L. S. S. Agriculture and forest: a sustainable strategy in the Brazilian Amazon. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 8, p. 1136 – 1143, 2016.

MARTORANO, L. G.; VITORINO, M. I.; DA SILVA, B. P. P. C.; DE MORAES, J. R. S. C.; LISBOA, L. S.; SOTTA, E. D.; REICHARDT, K. Climate conditions in the eastern amazon: Rainfall variability in Belem and indicative of soil water deficit. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, p. 1801-1810, 2017.

MENEGASSI, S. R. O.; BARCELLOS, J. O. J.; DIAS, E. A.; KOETZ J. R. C.; PEREIRA, G. R.; PERIPOLLI, V.; MCMANUS, C.; CANOZZI, M. E. A.; LOPES, F. G. Scrotal infrared digital thermography as a predictor of seasonal effects on sperm traits in Braford bulls. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, p. 357-364, 2015.

PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F.; JUNIOR, J. D. M.; FILHO, A. V.; RODRIGUEZ, N. M.; MORENZ, M. J. F.; AROEIRA, L. J. M. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1528-1535, 2009.

PAVÃO, V. M.; QUERINO, C. A. S.; BENEDITTI, C.A.; PAVÃO, L. L. QUERINO, J. K. A.; MACHADO, M. G.; BIUDES, M. S. Temperatura e albedo da superfície por

imagens TM Landsat5 em diferentes usos do solo no sudoeste da Amazônia brasileira (nota de pesquisa). **Revista Brasileira de Climatologia**, v.16, p.169 – 183, 2015.

SILVA, J. A. R.; ARAÚJO, A. A.; LOURENÇO JUNIOR, J. B.; SANTOS N. F. A.; GARCIA, A. R.; NAHÚM, B. S. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1364-1371, 2011.

SILVA, L. K. X.; SOUSA, J. S.; SILVA, A. O. A.; LOURENÇO JUNIOR, J. B.; FATURI, C.; MARTORANO, L. G.; FRANCO, I. M.; PANTOJA, M. H. A. BARROS, D. V.; GARCIA, J. A. R. Testicular thermoregulation, scrotal surface temperature patterns and semen quality of water buffalo bulls reared in a tropical climate.

(<https://doi.org/10.1111/and.12836>)

Andrologia, v. 12836, 2017.

SOUZA, B. B.; SOUZA, E. D.; CEZAR, M. F. Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semi-árido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**. v.32, n.1, p.275-280, 2008.

SANTOS, L. S.; MARTORANO, L. G., BATALHA, S. S. A.; PONTES A. N.; SILVA, O. M.; WATRIN, O. S.; GUTIERREZ, C. B. B. Imagens orbitais e termografia infravermelho na avaliação da temperatura de superfície em diferentes usos e cobertura do solo na floresta nacional do Tapajós e seu entorno- PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.09, n.04, p. 1234-1253, 2016.

SYKES, D. J.; COUVILLIONA, J. S.; CROMIAKA, A.; BOWERS, S.; SCHENCKA, E.; CRENSHAWA, M.; RYANA, P. L. The use of digital infrared thermal imaging to detect estrus in gilts. **Theriogenology**, v. 78, p. 147–152, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719 p.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n. 7, p. 57-59, 1959.

TONUCCI, R. G.; NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D.; GARCIA, R.; BERNARDINO, F. S. Soil Carbon Storage in Silvopasture and Related Land-Use Systems in the Brazilian Cerrado. **Journal of Environment Quality**, v. 40, n. 3, p. 833-841, 2010.

ZOTTI, C. A. **Desempenho, respostas fisiológicas e comportamentais de novilhas leiteiras mantidas em diferentes regimes de ventilação forçada**, Nova Odessa, 2010. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto de Zootecnia - APTA/SAA, Nova Odessa, 2010.