



**Universidade Federal do Pará
Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental
Universidade Federal Rural da Amazônia
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal**

Carolina Carvalho Brcko

**Respostas termorregulatórias e comportamentais de fêmeas bubalinas criadas a pasto,
em condições de ambiente do trópico úmido**

**Belém
2015**

Carolina Carvalho Brcko

**Respostas termorregulatórias e comportamentais de fêmeas bubalinas criadas a pasto,
em condições de ambiente do trópico úmido**

Tese apresentada para obtenção do grau de Doutora em Ciência Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental. Universidade Federal Rural da Amazônia.

Área de concentração: Produção Animal
Orientador Prof. Dr. José de Brito Lourenço Jr.

Belém

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFPA

Brcko, Carolina Carvalho, 1981- Respostas termorregulatórias e comportamentais de fêmeas bubalinas criadas a pasto, em condições de ambiente do trópico úmido / Carolina Carvalho Brcko. 2015.

Orientador: José de Brito Loureço Junior;

Coorientadora: Jamile Andra Rodrigues da Silva.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do

Pará, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Belém, 2015.

1. Búfalo – Nutrição - Amazônia. 2. Búfalo –

Alimentação e rações. 3. Nutrição animal Amazônia. I. Título.

CDD 22. ed. 636.20852

Carolina Carvalho Breko

**Respostas termorregulatórias e comportamentais de fêmeas bubalinas (*Bubalus bubalis*)
criadas a pasto, em condições de ambiente do trópico úmido**

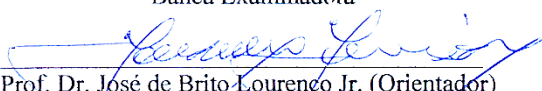
Tese apresentada para obtenção do grau de Doutora em Ciência Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental. Universidade Federal Rural da Amazônia.

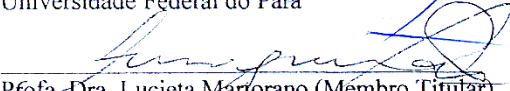
Área de concentração: Produção Animal.

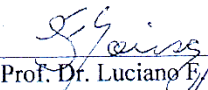
Data da aprovação. Belém - PA:

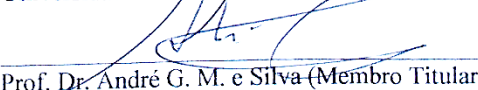
11, 09, 2015

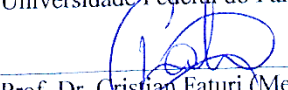
Banca Examinadora


Prof. Dr. José de Brito Lourenço Jr. (Orientador)
Universidade Federal do Pará


Prof. Dra. Lucieta Martorano (Membro Titular)
Embrapa Amazônia Oriental


Prof. Dr. Luciano E. Sousa (Membro Titular)
Universidade Federal do Tocantins


Prof. Dr. André G. M. e Silva (Membro Titular)
Universidade Federal do Pará


Prof. Dr. Cristian Faturi (Membro Titular)
Universidade Federal Rural da Amazônia

A minha família
com todo amor

AGRADECIMENTOS

A Deus, com quem tanto conversei ao longo dessa caminhada, por nunca me deixar desamparada, e por sempre me dar o que eu precisava e não o que eu pedia.

Aos meus pais, Ivan e Saleti, por me mostrar desde muito cedo a importância dos estudos e por não medir esforços para me manter nesse caminho. Amo muito vocês.

Aos meus irmãos, Bela e Bruno, presença constante em meus pensamentos. Força no momento de fraqueza.

Ao meu amado marido e amigo, Abílio. A jornada foi difícil, mas com você para dividir o peso, foi mais fácil chegar até aqui. Essa conquista também é sua.

A minha maior conquista na vida, Olívia. Minha filha, você acabou de nascer e é a maior realização da minha vida. Essa conquista foi para você.

Ao meu orientador, Prof. Lourenço. Obrigada por estar comigo ao longo desses anos. Aprendi com o sr. grandes lições que, sem dúvida, levarei comigo para o resto da vida.

A minha queridíssima coorientadora Profa. Jamile. Deus foi extremamente bondoso quando te colocou em minha vida. Obrigada pelas conversas, incentivo e mais do que colaboração.

As minhas gatinhas, Camila, Carol, Messy e Thays. Trabalhar com vocês durante mais de um ano foi maravilhoso. Vocês transformaram o trabalho em diversão e o cansaço, histórias pra contar. Trabalhar antes do sol nascer nunca mais será tão divertido.

A todos os alunos do grupo de bioclimatologia da UFRA, que me ajudaram tanto. Vocês facilitaram muito minha vida. Obrigada.

Ao “Seo” Caetano, “Seo” Jura, Francisco, Alfeu e Walcir. A ajuda dada por vocês jamais será esquecida. Não houve tempo ruim, nem domingos e feriados que impediram vocês de me ajudar.

A Dra. Lucieta, grande incentivadora. Graças a você vejo a bioclimatologia com outros olhos.

Ao programa PECUS juntamente com a EMBRAPA, por fornecer os animais experimentais e toda a infraestrutura necessária para a realização dos experimentos.

Ao programa de pós-graduação da UFPA, por tornar esse sonho possível. E ao Rodrigo, secretário do programa, por sempre me ajudar a resolver qualquer problema, desde o mestrado.

RESUMO

Com o objetivo de avaliar as respostas termorreguladoras e de comportamento de búfalas, na Amazônia Oriental, foram conduzidos três experimentos na Embrapa Amazônia Oriental (01°.26'.03" S e 48°.26'.03" W), no período de julho de 2013 a junho de 2014, com 24 búfalas mestiças Murrah/Mediterrâneo, que ficaram em piquetes com *Brachiaria brizantha* (CV. Marandu), em sistema rotacionado, com água para beber e sal mineral à vontade. O primeiro experimento, que gerou o Artigo 1 objetivou avaliar os efeitos do clima e da inclusão de quatro níveis (0; 0,25; 0,5 e 1% do PV) de torta de palmiste na termorregulação de búfalas. Foram registrados dados de temperatura do ar (TA), umidade relativa do ar (UR), temperatura de ponto de orvalho, temperatura do bulbo úmido, temperatura de globo negro (TG), temperatura retal (TR), temperatura da superfície corporal (TSC), frequência respiratória (FR). Os animais receberam alimentação diária, em cochos individuais e a dieta foi ajustada, mediante nova pesagem dos animais, a cada 28 dias. Concluiu-se que não há efeito da torta de palmiste sobre o termorregulação de búfalas. O segundo experimento, que gerou o Artigo 2 objetivou estudar a capacidade de troca e conservação de calor diária de búfalas e teve duração de seis dias. Foram realizadas coletas de dados fisiológicos (TR, FR e TSC por termografia infravermelha) e climáticos (TA, UR, TG) às 6h00, 9h00, 12h00, 15h00, 18h00 e 21h00. Apesar de expostos a condições climáticas adversas, os búfalos são capazes de retornar a sua homeostase ao final do dia, indicando que a espécie possui grande capacidade adaptativa. Por fim, o terceiro experimento, que gerou o Artigo 3 visou estudar se a inclusão da torta de palmiste, em diferentes níveis (0; 0,25; 0,5; 1% do PV) é capaz de alterar o comportamento de búfalas criadas a pasto. O experimento foi realizado em dois períodos do ano (mais chuvoso e menos chuvoso). As variáveis climáticas analisadas são as descritas no experimento 1. A análise comportamental (pastejo, ruminação, ócio e outras atividades) foi realizada entre 6h00 e 18h00 por três dias consecutivos, em cada campanha de coleta. Foram utilizadas 24 búfalas, sendo seis para cada tratamento. A dieta testada não influencia no comportamento de búfalas. Apesar de sofrerem alterações fisiológicas e comportamentais em função do efeito das variáveis ambientais, principalmente no período com temperaturas mais elevadas, os bubalinos apresentaram capacidade de retornar a sua homeostase a medida que a temperatura foi ficando mais amena, indicando grande capacidade adaptativa.

Palavras chave: Bubalinos; Ambiência; Conforto térmico; Termorregulação; Nutrição.

ABSTRACT

Testing the thermoregulatory and behavior responses in buffalo in the eastern Amazon, three experiments were conducted at Embrapa Amazônia Oriental (01 ° .26'.03 "S and 48 ° .26'.03" W) in the period July 2013 to June 2014, with 24 buffaloes crossbred Murrah / Mediterranean. That were in paddocks with *Brachiaria brizantha* (cv. Marandu) in a rotational system with drinking water and mineral salt at will. Experiment 1 aimed to evaluate the effects of climate and the inclusion of four levels (0, 0.25, 0.5 and 1% of PV) of palm kernel cake in thermoregulation of buffaloes. Air temperature data were recorded (AT), relative humidity (RH), dew point temperature, wet bulb temperature, black globe temperature (BGT), rectal temperature (RT), temperature of the body surface (TBS), respiratory rate (RR). Daily, animals received food into individual troughs and the diet was adjusted by reweighing of animals every 28 days. It was concluded that there is no effect of palm kernel cake on thermoregulation of buffaloes. The second experiment aimed to study the exchange capacity and daily heat preservation buffaloes and lasted six days. Physiological (RT, RR and TBS by infrared thermography) and climate (TA, UR, TG) at 6:00 am, 9:00 am, 12:00, 15:00, 18:00 and 21:00. Although exposed to adverse weather conditions, the buffalo are able to return to homeostasis in the evening, indicating that the species has great adaptive capacity. Finally, the experiment 3 aimed to study the inclusion of palm kernel cake, at different levels (0, 0.25, 0.5, 1% of PV) is able to change the behavior of buffalo raised on pasture. The experiment was conducted in two seasons (wettest and less rain). Climate variables are as described in experiment 1. The behavioral analysis (grazing, ruminating, leisure and other activities) was carried out between 6:00 a.m. and 18:00 for three consecutive days in each collection campaign. 24 buffaloes were used, six for each treatment. The test diet does not influence the buffalo behavior. Despite suffering physiological and behavioral changes due to the effect of environmental variables, especially in the period with higher temperatures, buffaloes showed its ability to return to homeostasis as the temperature became milder, indicating great adaptive capacity.

Key words: Buffaloes; Ambience; Thermal comfort; Thermoregulation; Nutrition.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

TR – Temperatura Retal

TSC – Temperatura da Superfície Corporal

FR – Frequência Respiratória

UR – Umidade Relativa

TA – Temperatura do Ar

Tpo – Temperatura de Ponto de orvalho

TGN – Temperatura do Globo Negro

TBU – Temperatura de Bulbo Úmido

ITC – Índice de Tolerância ao Calor

TIV – Temperatura de Infravermelho

ICB – Índice de Conforto de Benezra

ITU – Índice de Temperatura e Umidade

ITGU – Índice de Temperatura do Globo e Umidade

VV – Velocidade do vento

RS – Radiação Solar

ICCCBg, ICCCB_e e ICCCB_p – Índice das Condições Climáticas de Conforto de Búfalas geral, efetivo e prático

(ICABg, ICAB_e e ICAB_p) – Índice de Conforto Ambiental para Búfalas geral, efetivo e prático

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 O CLIMA E SUA IMPORTÂNCIA NA PRODUÇÃO.....	12
2.2 INFLUÊNCIA DO CLIMA NA PRODUÇÃO DE BUBALINOS.....	15
2.3 USO DA TERMOGRAFIA COMO INDICADOR DE ESTRESSE TÉRMICO.....	17
2.4 INFLUÊNCIA DO CLIMA NO COMPORTAMENTO DE BUBALINOS.....	18
2.5 RELAÇÕES ENTRE O CLIMA E A NUTRIÇÃO DE BOVÍDEOS.....	19
2.6 ÍNDICES DE CONFORTO	20
REFERÊNCIAS	24
3. ARTIGO 1- RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE BÚFALAS CRIADAS A PASTO E SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE TORTA DE PALMISTE.....	29
RESUMO.....	29
ABSTRACT	30
INTRODUÇÃO.....	30
MATERIAL E MÉTODOS.....	31
RESULTADOS.....	33
DISCUSSÃO.....	34
CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS.....	39
TABELAS.....	41
4. ARTIGO 2- AVALIAÇÃO DAS REAÇÕES TERMORREGULADORAS DE BÚFALAS COM USO DA TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO, EM AMBIENTE DE TRÓPICO ÚMIDO.....	44
RESUMO.....	44
ABSTRACT.....	45
INTRODUÇÃO.....	46
MATERIAL E MÉTODOS.....	47
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
CONCLUSÃO.....	53

REFERÊNCIAS.....	54
TABELAS.....	55
5. ARTIGO 3- INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO ENERGÉTICA DE TORTA DE PALMISTE NO COMPORTAMENTO DE FÊMEAS BUBALINAS CRIADAS EM CLIMA AMAZÔNICO.....	62
RESUMO.....	62
ABSTRACT.....	64
INTRODUÇÃO.....	66
MATERIAL E MÉTODOS.....	67
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS.....	81
TABELAS.....	85
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89

1. INTRODUÇÃO

O búfalo (*Bubalus bubalis*) foi introduzido no Brasil em 1895, na ilha de Marajó, Pará, e possui rebanho estimado em torno de 1,47 milhões cabeças, onde a região Norte é a de maior concentração, com 772,8 mil cabeças, ou 52,5% do rebanho nacional, seguido das regiões Nordeste e Sudeste, com 418,4 e 149,4 mil cabeças, respectivamente (BRASIL, 2014). Foram introduzidos com vista à ocupação dos chamados “vazios pecuários”, devido a sua adaptabilidade e capacidade de utilizar campos alagados com diversas fontes de forragens, especialmente as de baixa qualidade. Esta versatilidade promoveu a falsa ideia de que eles produzem em quaisquer condições (BERNARDES, 2007).

Os bubalinos possuem ampla capacidade de adaptação, habitando diversos ecossistemas, sendo encontrados desde regiões pantanosas até regiões nevadas. Devido a sua adaptabilidade, a bubalinocultura tornou-se uma alternativa econômica aos mais diversos ambientes, principalmente em regiões tropicais úmidas apresentando assim, comprovado crescimento em todas as regiões do Brasil (SILVA; NARDI JÚNIOR, 2014).

Diante da necessidade de uma melhor organização do setor e do estabelecimento de um maior equilíbrio nas cadeias comerciais é de fundamental importância conhecer o comportamento natural da espécie e sua fisiologia, para a elaboração de práticas de manejo mais adequadas, a fim de respeitar suas necessidades e melhorar seu bem-estar, resultando assim, em adequadas condições para seu desenvolvimento e, conseqüentemente, melhoria na qualidade do produto final (SEIXAS et al., 2015).

Os bubalinos criados na região amazônica estão em condições climáticas desfavoráveis para manutenção de sua homeotermia (SILVA et al., 2011b). Isso faz com que haja a necessidade de se desenvolver pesquisas que visam encontrar formas de detectar e amenizar o impacto do clima sobre a sua fisiologia adaptativa. A partir de indicadores fisiológicos e comportamentais seria possível tomar medidas para diminuir as perdas produtivas e reprodutivas geradas pelo efeito do ambiente sobre o animal.

Neste contexto a tese foi dividida em três artigos científicos os quais foram estruturados seguindo normas das revistas às quais serão submetidos. Vale destacar que para atender as especificidades do programa de pós-graduação, os textos estão apresentados em português mas, na etapa de submissão, os mesmos passarão por uma estruturação em versão na língua inglesa.

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica abordando fatores climáticos que interferem na produção animal e os efeitos do estresse térmico sobre as variáveis fisiológicas e

comportamentais dos animais. A revisão também aborda as especificidades do búfalo em condições de estresse térmico, além de enfatizar a importância da determinação do estresse térmico, através do uso de índices de conforto térmico e da termografia infravermelha.

Posteriormente, o Artigo 1 objetivou avaliar os efeitos do clima e da suplementação com torta de palmiste sob variáveis fisiológicas de búfalas da raça Murrah/Mediterrâneo, sem acesso à sombra, nos turnos da manhã e tarde, sob condições climáticas da Amazônia Oriental, além de verificar a eficiência de índices de adaptabilidade, de forma a indicar os mais apropriados para determinar o conforto térmico de búfalos. Esse artigo foi escrito nas normas da revista “International Journal of Biometeorology”, a qual será submetido.

O Artigo 2 visou avaliar o uso da termografia nas respostas termorregulatórias de búfalas Murrah/Mediterrâneo, criadas em clima quente e úmido da Amazônia Oriental, em função da variação do tempo e do ambiente térmico, e mapear, com o uso tecnologia não invasiva, a temperatura da superfície corporal de búfalos para encontrar a área com maior associação com a temperatura retal, para auxiliar nos estudos de bioclimatologia e seleção de indicadores de conforto térmico e de alto grau de bem-estar animal em pecuária de baixa emissão de carbono. Esse artigo foi escrito nas normas da revista “Revista Brasileira de Zootecnia”, à qual foi submetido.

Para avaliar as respostas do animal usando técnicas da pecuária tradicional da região, sem acesso à sombra, o Artigo 3 descreve a influência do clima e da suplementação energética com torta de palmiste no comportamento de fêmeas bubalinas Murrah/Mediterrâneo em horários de alta exposição ao sol na Amazônia Oriental. Esse artigo foi escrito nas normas da revista “Agriculture, Ecosystems and Environment”, à qual será submetido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O CLIMA E SUA IMPORTÂNCIA NA PRODUÇÃO

O clima é o fator ambiental que mais exerce efeito no bem-estar e produtividade animal. Consiste em um conjunto de fenômenos meteorológicos de natureza complexa que, ao atuar em conjunto ou isoladamente, influencia no comportamento e constitui fator regulador da produção animal e escolha de raças fisiologicamente adaptadas. As variáveis climáticas causam efeitos diretos e indiretos nos animais, que refletem no desempenho produtivo. No clima tropical, o estresse térmico é um dos principais fatores que limitam o desenvolvimento dos animais (PEREIRA, 2005).

Na Amazônia, o clima é tropical quente e úmido, com três tipos climáticos. O Af (17,35%) não possui período seco definido, no Am (41,07%) ocorrem cerca de três meses de estiagem, enquanto no Aw (41,58%) há período seco definido. Nessas condições, as variáveis climáticas, temperatura e umidade relativa do ar alcançam níveis elevados (BASTOS et al., 2002). Esses fatores, quando associados ao manejo inadequado do animal e pastagem são considerados estressantes e refletem no desempenho animal, e impedem a exteriorização do seu potencial produtivo e reprodutivo (GURGEL et al., 2012).

A temperatura do ar é o fator climático com maior influência sobre o ambiente físico, pois afeta os mecanismos reguladores térmicos, energéticos, hormonais e de consumo de água dos animais domésticos, o que reflete no crescimento, reprodução, produção e imunidade (SILVA et al., 2011a). A importância da umidade relativa do ar está relacionada às perdas de calor do animal, por evaporação. Quando o ambiente é muito quente, a baixa umidade relativa do ar favorece mecanismos evaporativos, que ocorrem com maior rapidez e causam irritação cutânea e desidratação. Por outro lado, níveis elevados prejudicam a perda de calor e intensificam o estresse térmico (VILELA, 2013).

A avaliação e monitoramento do ambiente na produção animal são fundamentados tradicionalmente no controle e análise da temperatura e umidade do ar, ou em índices que venham combinar variáveis ambientais em um único valor (SOUZA, 2002). Existem diversos índices de conforto térmico, como: temperatura operativa (T_o), índice de temperatura e umidade (ITU), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU). Estes índices objetivam determinar a adequação de um ambiente com relação a uma atividade ou um tipo específico de animal. Tais índices dificilmente podem ser de uso generalizado, pois são estruturados com base em determinados fatores ambientais, que podem ser importantes para alguns animais e não para outros (SILVA, 2000).

Temperaturas elevadas promovem respostas primárias de estresse, tais como aumento da temperatura corporal e frequência respiratória, indução de sudorese e redução do metabolismo. Os elementos climáticos, simples ou combinados, agem sobre os búfalos e constituem o ponto central para pesquisas sobre a relação entre ambiente físico e desempenho animal. Frequências cardíaca e respiratória, e temperatura retal são respostas importantes da influência de variáveis climáticas, principalmente, temperatura ambiente, umidade relativa, precipitação pluvial e radiação solar global, no bem-estar animal (SILVA, 2010b).

O comprimento do dia e a precipitação pluvial estão associados com o balanço térmico do animal e agem sobre seu organismo, enquanto a umidade relativa influencia em importantes processos fisiológicos, como frequência respiratória e taxa de sudação, particularmente em bubalinos. Pesquisas comprovaram modificações nas frequências respiratória e cardíaca e temperatura corporal, em temperatura ambiente constante, devido às variações na umidade relativa (VILELA, 2013).

Os efeitos do estresse térmico podem ser mensurados pelas respostas fisiológicas, que determinam a condição animal, frente ao agente estressor, e sua capacidade de equilíbrio, mediante condições de estresse. O aumento na frequência respiratória (FR) é importante mecanismo de perda de calor, por meio evaporativo, e constitui resposta fisiológica, na tentativa de amenizar o estresse calórico (OLIVEIRA et al., 2014). Os bovinos elevam seus movimentos respiratórios, para dissipação de calor, pelo aquecimento do ar inspirado e evaporação da água, e pelas vias respiratórias. Para Brown-Brandlet al. (2003), a mensuração da frequência respiratória é um método não invasivo e prático de medida de resposta ao estresse e bem-estar térmico dos animais.

O controle da temperatura fisiológica de animais homeotérmicos é feito pelo aparelho termorregulador, comandado pelo hipotálamo. As terminações nervosas da pele recebem as sensações de calor e as transmitem ao hipotálamo, que atua sobre outras partes do cérebro, sistema nervoso, sistema circulatório, hipófise, tireóide, que determinam vasodilatação, sudação, aceleração do ritmo respiratório (taquipnéia), queda do apetite, maior ingestão de água, menor intensidade do metabolismo, menor termogênese e maior termólise. Este mecanismo ocorre em elevadas temperaturas ambiente (FRACON et al., 2011).

Além disso, sob estresse térmico, ocorre elevação da temperatura corporal e, conseqüentemente, aumento da evaporação respiratória e cutânea e do fluxo sanguíneo periférico (ROBINSON, 2008a). Entretanto, quando esses recursos não são suficientes para reduzir a temperatura corporal, à medida que há incremento da temperatura do ar, os processos termorregulatórios perdem a eficácia e o animal vem a óbito, pelo excesso de calor (SOUZA;

BATISTA, 2012). A temperatura do corpo não é homogênea e varia de acordo com a região anatômica, em razão das diferenças nas atividades metabólicas dos diversos tecidos. O equilíbrio da temperatura retal ocorre mais lentamente que em outros pontos internos, tornando-se um índice dinâmico verdadeiro (SANTANA et al., 2014). A temperatura retal é a que fornece a indicação que mais se aproxima da temperatura nuclear (ROBINSON, 2008b).

A frequência respiratória é uma das principais referências fisiológicas para estimar a tolerância dos animais ao calor, pois quando é mantida elevada por curtos períodos constitui-se em maneira eficiente de perda de calor, mas caso isso ocorra por várias horas, pode resultar em sérios problemas para os animais (DALTRO, 2014). Para Vilela (2013), a via respiratória é relevante na dissipação do calor endógeno de bubalinos, que juntamente com a via sudativa auxiliam na manutenção do equilíbrio térmico.

Daltro (2014), avaliando parâmetros fisiológicos observou valores de FR de 40 a 60, 60 a 80 e 80 a 120 mov.min⁻¹, o que caracteriza, respectivamente, baixo, médio e alto estresse para ruminantes, e acima de 200 mov.min⁻¹, o estresse é classificado como severo. Assim, também, temperatura corporal maior que 39,2 °C é indicativo de estresse térmico.

A associação entre os vários fatores climáticos, como temperatura do ar, umidade relativa do ar e irradiação provoca alterações fisiológicas que acabam interferindo na produtividade animal (SILVA, 2008). Elevadas temperaturas tem efeito negativo sobre a produção de leite, reprodução e susceptibilidade a doenças (SEVEGNANI et al., 2013). Como enfatizam Rodrigues et al. (2010), em condições ambientais de alto desconforto térmico pelo calor, os animais têm seu consumo alimentar e produção láctea reduzidos, além de alterações fisiológicas, como medidas da função termorregulatória.

O estresse térmico por calor afeta a probabilidade de prenhez de vacas receptoras de embriões, sob condições tropicais (COSTA E SILVA et al., 2010). Outro desafio imposto pelo estresse térmico aos animais é a capacidade de manter os balanços energético, endócrino e mineral. A disponibilidade de eletrólitos séricos ajuda a manter a homeostase durante o estresse térmico, pois os animais mobilizam minerais nos processos termorregulatórios ativos e passivos, na tentativa de manter estável a temperatura do núcleo corpóreo. Contudo, essa mobilização durante o estresse térmico afeta negativamente o desempenho e reduz a fertilidade dos animais (SINGH et al., 2012). De fato, a exposição de novilhas bubalinas a quatro horas de calor intenso (40°C) durante dezesseis dias consecutivos reduz a aldosterona plasmática, o que leva à maior excreção urinária de sódio, potássio, magnésio e fósforo. Já a sudorese acarreta sensíveis perdas de potássio, cloreto, fósforo e magnésio. No estresse calórico, o aumento dos níveis basais de insulina se eleva, fazendo com que os níveis de glicose caiam. Paralelamente,

ocorrem diminuição do colesterol sérico e aumento na síntese de esteroides adrenais devido à elevação de ACTH durante o período de estresse. O estresse eleva os níveis de proteínas plasmáticas totais a fim de manter o volume plasmático. Os valores séricos da enzima transaminase glutâmico-oxalacética (TGO) também se elevam no estresse calórico, devido a sua liberação, como resultado da degeneração de fibras musculares esqueléticas (SINGH et al., 2012).

Além disso, Souza et al. (2010), ao analisarem o processo termorregulatório em novilhas leiteiras, ressaltam que a frequência respiratória elevada, como forma de dissipar calor excedente, quando mantida por várias horas, pode interferir na ingestão de alimentos e ruminação, adicionar calor endógeno a partir da atividade muscular e desviar a energia que poderia ser utilizada em outros processos metabólicos e produtivos.

2.2 INFLUÊNCIA DO CLIMA NA PRODUÇÃO DE BUBALINOS

O búfalo é conhecido na Índia desde 60.000 anos A.C. Essa espécie foi domesticada no Vale dos Indus e região de Ur, 3.000 anos A.C. (ZAVA, 1984, citado por BERNARDES, 2007). É rústico, tem maior resistência às enfermidades e parasitoses que os bovinos, e é opção viável para produção de leite, carne e trabalho (HAQUE et al., 2012). Foram introduzidos, oficialmente, na região Norte do Brasil, em 1895, pelo criador marajoara Vicente Chermont de Miranda, com animais da raça Mediterrâneo, oriundos da Itália.

Os bubalinos possuem forte concentração de melanina na pele e baixa quantidade e reduzida eficiência de glândulas sudoríparas, além de baixa densidade de pelos, tornando-os sensíveis à radiação solar (COSTA, 2007). A epiderme desses animais é mais espessa e mais pigmentada que a dos bovinos. Por outro lado, a quantidade de pelos/cm² da superfície corporal diminui com a idade e torna o animal quase glabro na idade adulta, devido a esse fato, não se forma camada de ar isolante sobre a pele, como ocorre em bovinos, o que favorece a dissipação do calor corporal. Os pelos são relativamente longos e grossos e se implantam na pele, associados às glândulas sudoríparas e sebáceas, que formam o aparelho pilo-sebáceo-músculo-sudoríparo. A elevada concentração de melanina na pele e no pelo confere-lhes proteção contra a radiação ultravioleta (MARAI; HABEEB, 2010). Entretanto, se a pele escura protege-o da radiação ultravioleta do sol, a ausência da camada reflexiva de pelos sobre a pele, torna-o susceptível às radiações infravermelhas, que são absorvidas imediatamente. Assim, sua pele escura é grave desvantagem na exposição direta aos raios solares (BRAZ, 2005). De acordo com os resultados de pesquisa de SILVA et al. (2011b), apesar dos búfalos serem sensíveis à

exposição da radiação solar direta, quando têm sombra disponível recuperam seu equilíbrio térmico.

As glândulas sebáceas dos búfalos são volumosas e com maior atividade secretória que as dos bovinos. Em situações de calor, o sebo produzido por elas se fluidifica, o que torna a pele mais oleosa, e pode favorecer a reflexão da radiação solar (SHAFIE, 2005). Entretanto, as glândulas sudoríparas são do tipo apócrina, com densidade por unidade de área da superfície corporal dez vezes menor que nos bovinos (BRAZ, 2005). Devido a esse fato, a perda de calor por via cutânea, que seria a via de maior dissipação térmica, para a maioria dos animais em regiões tropicais, é menor (OLIVEIRA et al., 2014), porém, apresentam altas taxas de sudação, sob condições de temperaturas elevadas, quando comparada a de bovinos (VILELA, 2013). Devido a essas particularidades estruturais específicas, os búfalos sofrem os efeitos das variáveis climáticas e dificuldades na dissipação do excesso de calor corporal, e, portanto utilizam outros meios de adaptação ao clima tropical, para eliminar o excesso de calor para o meio (VILELA, 2013).

Os valores da temperatura retal dos bubalinos, quando em termoneutralidade, são inferiores aos dos bovinos (SILVA et al., 2011b). Haque et al. (2012) indicaram que a temperatura retal dos bubalinos, em termoneutralidade, é 37,2 °C, comparada a 38,5 °C, de vacas holandesas. Para Thanh e Chang (2007), quando os bubalinos se encontram em termoneutralidade sua frequência respiratória é de 18-21 movimentos/minuto.

Em trabalho com machos bubalinos, Lourenço Júnior et al. (2013) verificaram que o ganho de peso animal reduziu, quando a temperatura média se aproximou dos 29,0 °C, em consequência do desconforto térmico. Constatou-se que até valores de 12,5 MJ m⁻² de radiação solar, o ganho de peso dos animais teve maior expressividade. No entanto, acima desse valor, a performance produtiva foi reduzida.

Quando as búfalas são mantidas a pleno sol, em clima tropical úmido, o tempo despendido para pastejo e para ruminção na posição deitada, são maiores do que para fêmeas criadas em sistemas silvipastoris, principalmente no período da manhã, compreendido ente 6h e 10h (SANTOS, 2010). Esse fato faz com que os animais mantidos com acesso à sombra tenham maior tempo de ócio, o que confere maior oportunidade para que os eventos reprodutivos ocorram, como manifestações estrais ou montas naturais, pois durante o tempo de pastejo e ruminção, as atividades de alimentação para manutenção são priorizadas (GARCIA, 2013).

A manutenção dos balanços energético, endócrino e mineral, também, representa desafio imposto pelo estresse térmico. A disponibilidade de eletrólitos séricos ajuda a manter a

homeostase durante o estresse térmico, pois os animais mobilizam minerais nos processos termorregulatórios ativos e passivos, na tentativa de manter estável a temperatura do núcleo corpóreo (GARCIA, 2013). Contudo, essa mobilização durante o estresse térmico afeta negativamente o desempenho e reduz a fertilidade dos animais (SINGH et al., 2012).

2.3 USO DA TERMOGRAFIA COMO INDICADOR DE ESTRESSE TÉRMICO

A maioria dos ruminantes, quando em condições térmicas adequadas, consegue manter o equilíbrio entre produção e dissipação de calor. E essas mudanças são verificadas pela medição da temperatura corporal por métodos muitas vezes considerados invasivos (MAC LEAN, 2012). O uso do processamento de imagens termográficas infravermelhas tem se mostrado como importante método para avaliação da temperatura, cuja técnica utiliza câmera especializada para medir a radiação térmica emitida, a partir da radiação eletromagnética do corpo. Nos animais, a emissão superficial se eleva, à medida que ocorre aumento da circulação sanguínea periférica. A termografia infravermelha (TIV) constitui técnica para mensurar ou observar a distribuição de temperaturas, através da troca ou perda de calor de um componente, e propicia a formação de imagens térmicas. Os raios infravermelhos são luzes não visíveis ao olho humano, e como o comprimento das ondas é muito longo para ser detectado, é a partir do espectro eletromagnético que se percebe o calor (CRIVELLARO; JUNIOR, 2007).

A temperatura infravermelha, de acordo com Stewart et al. (2007), pode detectar alterações no fluxo sanguíneo periférico, e ser ferramenta útil para avaliar o estresse em animais. KNÍŽKOVÁ et al. (2007) citam que a câmera termográfica é capaz de detectar variações mínimas de temperatura com precisão. Com isso, a utilização da análise de termografia infravermelha torna possível identificar pontos de valores distintos de temperatura radiante e tem sido valiosa para o reconhecimento de eventos fisiológicos em animais (BOUZIDA et al., 2009; MOURA et al., 2011). Segundo Cardoso (2013), a imagem termográfica pode ser utilizada para avaliar o estresse térmico, através da sua correlação com a temperatura retal. As principais vantagens da termografia são rapidez da inspeção, interpretação simples das imagens, análise em tempo real, não requer contato, sendo adequada para pequenas e grandes superfícies (MAC LEAN, 2012).

Oliveira (2011) concluiu que a temperatura da superfície corporal e da garupa de ovinos, mensurada com o termógrafo, pode ser utilizada para identificar o estresse pelo calor, devido à sua correlação positiva com a frequência respiratória e temperatura retal. Em outro estudo, Martins (2011) demonstrou que a temperatura do olho, nasal e garupa são os melhores pontos para mensurar as respostas ao estresse ao calor em ovelhas, e que a temperatura testicular de

ovinos machos, também, pode ser útil. Stewart et al. (2007), utilizando vacas de leite, correlacionaram o aumento de temperatura ocular com elevação de estresse.

2.4 INFLUÊNCIA DO CLIMA NO COMPORTAMENTO DE BUBALINOS

Os estudos sobre comportamento de bovídeos em condições tropicais e subtropicais demonstram a importância do conhecimento de hábitos desses animais, quanto aos tempos de pastejo, ruminação e ócio, e sua relação com as variáveis climáticas, o que torna possível melhorar o manejo e manipulação do ambiente físico, para elevar o rendimento produtivo. As informações sobre comportamento animal permitem o desenvolvimento de práticas adequadas de manejo animal e do ambiente, com efeitos positivos sobre a produtividade e bem-estar animal (MELLACE, 2009).

A intensidade de radiação solar afeta o comportamento e fisiologia dos animais domésticos e sua adaptabilidade ao ambiente físico, devido às trocas de energia radiante e ultravioleta e infravermelha, entre animal e ambiente físico. A sensibilidade dos bubalinos a altas temperaturas e radiação solar pode ser compensada por banhos sistemáticos ou sombreamento, ocasião em que os búfalos conseguem regulação térmica adequada (ABLAS et al., 2007).

Em condições de estresse calórico, os bovídeos alteram sua postura para dissipar calor por convecção e permanecem maior percentual de tempo em ócio, para reduzir o calor gerado pelos movimentos. Entre outras alterações comportamentais, as modificações no padrão de ingestão de alimentos, com redução na ruminação, afetam a produtividade animal. Nas horas quentes do dia, os animais descansam e ruminam, e ao meio-dia, a maioria das atividades é interrompida, inclusive alimentação, que passa a ser realizada no período noturno (SANTOS, 2010).

No Brasil, o comportamento de pastejo de búfalos em sistemas com sombreamento tem poucos registros de observação, e búfalos bem manejados em pastos de boa qualidade são raros (ABLAS et al., 2007). Os bubalinos diferem dos bovinos em seus hábitos e possibilidades de pastejo, considerando-se que os primeiros podem ser considerados animais semi-aquáticos e capazes de pastar em condições muito mais úmidas que os bovinos. Na Amazônia foram realizadas poucas pesquisas (SANTOS, 2010; SILVA et al, 2011b), que permitam conhecer os relacionamentos entre bubalinos e ambiente físico, de forma a indicar práticas de modificação do ambiente físico, para elevar a produtividade e conforto animal, como o uso de sistemas silvipastoris.

Grande parte dos trabalhos relata que o consumo de alimentos em pastejo diminui quando a temperatura ambiente ultrapassa 26 °C. Para animais criados nos trópicos, o pastejo noturno pode representar até 60% do tempo total dedicado à alimentação (RODRIGUES et al., 2009). Santos (2010), trabalhando com fêmeas bubalinas criadas à pleno sol e em sistema silvipastoril, observou um menor tempo nas atividades de pastejo e ruminação nas fêmeas à pleno sol que, provavelmente, foi compensado pelo pastejo noturno, atividade comum na espécie bubalina, principalmente, na época menos chuvosa do trópico úmido amazônico. Salla (2005) observou, em novilhas criadas com sombreamento natural e monocultura de braquiária, em todas as estações do ano, exceto verão, que o tempo médio de pastejo foi superior no sistema com sombreamento, provavelmente devido ao microclima de conforto térmico para os animais.

2.5 RELAÇÕES ENTRE O CLIMA E A NUTRIÇÃO DE BOVÍDEOS

A nutrição é outro fator fundamental a ser estudado na busca de maior produtividade animal e de maior viabilidade econômica dos sistemas de produção, pois a alimentação animal representa o maior custo da atividade pecuária. Andrade et al. (2014) relatam que, além das altas temperaturas, que expõem os animais ao estresse térmico, a ingestão de alimentos também influencia na produção de calor em ruminantes, e que a quantidade e qualidade do alimento interferem na produção do calor endógeno, com consequente aumento das variáveis fisiológicas. Como consequência do estresse calórico, ocorre redução na ingestão de matéria seca e balanço energético negativo, que resulta em falta de nutrientes para crescimento, produção e reprodução.

As estratégias nutricionais para aliviar o efeito do estresse calórico em animais de produção não são efetivas sem o aperfeiçoamento da eficiência bioenergética e considerações econômicas. O manejo nutricional nos períodos mais quentes do ano deve incluir dietas de alta densidade energética, além de suplementação adicional de minerais e manter a disposição de água de boa qualidade (ROBERTO; SOUSA, 2011).

Alternativas para reduzir a produção de calor metabólico e melhorar a sua perda, sem reduzir a produção, são limitadas. Portanto, o estresse calórico pode ser aliviado apenas em parte pela manipulação nutricional. Contudo, combinações com outros métodos semelhantes, como seleção genética de raças resistentes ao calor, modificações de ambiente e manejo, e estratégias nutricionais, podem ser efetivas no combate do estresse calórico da produção animal. Com redução de forragens na dieta, por concentrados, ocorre decréscimo de calor, fato devido à grande quantidade de calor da fermentação ruminal do volumoso, quando comparado ao concentrado (OLIVEIRA et al., 2010). Alguns alimentos gordurosos podem, também, reduzir

o estresse calórico, devido ao incremento calórico das gorduras ser menor do que o de carboidratos e proteínas. Na suplementação de rações com gordura, a densidade energética da dieta fica aumentada e o calor produzido pelo metabolismo dos animais é reduzido (SOUZA; BATISTA, 2012).

Uma alternativa econômica para a suplementação animal é o uso de subprodutos da agroindústria, que reduzem o custo de produção, e em muitos casos, evitam danos ao ambiente. Dentre os subprodutos da agroindústria, a torta de palmiste se destaca como fonte de óleo para reduzir o estresse pelo calor e como estratégia interessante para redução do custo de produção (BARBOSA, 2010). O palmiste - dendê (*Elaeis guineensis*), monocotiledônea de origem africana, cultivada em vários países de clima tropical, é a oleaginosa de maior produtividade conhecida no mundo. O seu rendimento em grãos (kg/ha) é aproximadamente oito vezes maior que o da soja (FEROLDI et al., 2014). O estado do Pará é o maior produtor de dendê no Brasil, sendo responsável por 95% da produção nacional, e as perspectivas são de que o plantio da cultura passe de 150 mil hectares para 500 mil hectares (CARDOSO et al, 2014).

A torta de palmiste possui potencial produtivo, elevada disponibilidade e bom valor nutritivo, constituindo-se em alternativa para suplementação alimentar nos sistemas de produção de ruminantes, principalmente em períodos críticos de disponibilidade de forragem, o que contribui para manter bons níveis nutricionais e elevar o desempenho animal (COSTA, et al. 2011).

2.6 ÍNDICES DE CONFORTO

Os Índices de Conforto Térmico foram desenvolvidos para caracterizar ou quantificar as zonas de conforto térmico, adequadas às diferentes espécies animais, e apresentam, em única variável, tanto os fatores que caracterizam o ambiente térmico, que circunda o animal, como o estresse que possa estar causando. O ambiente térmico, normalmente, engloba os efeitos da radiação solar, temperatura de bulbo seco do ar, velocidade do ar, umidade relativa e temperatura efetiva (BAÊTA; SOUZA, 1997).

Vários são os testes utilizados para avaliar a adaptabilidade dos animais aos diversos ambientes. Esses índices têm grande importância para produtores e pesquisadores, pois podem quantificar o estresse térmico ao qual o animal está submetido em um determinado momento e local (MORAES JUNIOR et al., 2010).

Existem vários indicativos para caracterizar o ambiente, em termos de conforto e bem-estar animal, dentre os quais estão os índices de conforto térmico, que são relacionados com as variáveis climáticas. A utilização de um índice de avaliação do conforto para avaliação do

conforto, para determinada espécie animal, deve considerar, além das características inerentes ao animal, o tipo de ambiente e a importância relativa de cada elemento meteorológico envolvido. A dificuldade do uso generalizado dos índices ocorre porque alguns deles têm o objetivo de determinar a adequação de um ambiente com relação a uma atividade ou a um tipo específico de animal (MORAES JÚNIOR et al., 2013).

Os índices de conforto térmico foram classificados segundo Nääs (1989) em: índices biofísicos (baseados no relacionamento entre a troca de calor do corpo e o ambiente), índices fisiológicos (baseados em as relações fisiológicas oriundas das condições conhecidas de temperatura ambiente, temperatura radiante média, umidade relativa do ar e velocidade do ar) e índices subjetivos (traduzem as sensações subjetivas de conforto, relacionadas com as variações dos elementos de conforto térmico).

O índice de temperatura e umidade foi desenvolvido por Thom (1959), e adotado pelo United States Weather Bureau, como um índice de conforto térmico humano. Atualmente, o ITU é um índice de conforto amplamente usado para a avaliação de animais. O ITU é o índice mais utilizado, pela maioria dos pesquisadores, para avaliação do conforto em animais, em razão da facilidade de obtenção dos dados de temperatura e umidade relativa do ar, variáveis inseridas na fórmula do ITU (BUFFINGTON et al., 1981). Porém, existem contestações de seu uso, em algumas situações, pois esse índice é utilizado para avaliar o ambiente e não demonstra diferenças para animais mantidos em interiores, à sombra ou sob o sol direto e nem leva em consideração outros fatores ambientais, como a radiação solar e a movimentação do ar (GLASER, 2003).

Os animais entram em estresse térmico, de acordo com a variação de ITU, onde o estresse é dividido em ameno ou brando (72 a 78), moderado (79 a 88) e severo (89 a 98), e abaixo de 72 caracterizaria um ambiente sem estresse calórico (SILVA et al., 2011b). Barros et al. (2015), em Belém, Pará, observou valores de ITU de 77,7 pela manhã e 81,8 durante o turno da tarde.

Um índice de conforto para vacas leiteiras expostas à radiação solar foi proposto por Buffington et al. (1981) substituindo-se, em uma das fórmulas do ITU, o valor de temperatura de bulbo seco pela temperatura de globo negro. Esse índice conhecido como índice de Temperatura de Globo negro e Umidade tem a seguinte expressão: $ITGU = T_g + 0,36T_{po} + 41,5$, em que T_g é a temperatura do globo negro (°C) e T_{po} é a temperatura de ponto de orvalho (°C). Os autores concluíram que, sob condições ambientais nas quais os animais são expostos à radiação solar, o ITGU é um indicador mais preciso de estresse pelo calor que o ITU.

Outro teste eficiente é o Índice de Conforto Térmico de Benezra. Este auxilia na determinação da adaptabilidade animal ao ambiente físico, e é considerado como um índice adequado para uso em animais criados em condições tropicais (MORAES JUNIOR, 2013). O índice de Benezra compõe-se de dois fatores fisiológicos, a temperatura retal e a frequência respiratória, valorizando o efeito da respiração na manutenção da temperatura corpórea, próxima do normal. Valores do ICB próximos a dois (2,0) representam animais com elevado grau de adaptabilidade ao ambiente; valores maiores que dois podem representar um menor grau de adaptabilidade (BENEZRA, 1954).

Lourenço Júnior (1998), comparando bovinos zebuínos e bubalinos, criados na Ilha do Marajó, encontrou índices de conforto de Benezra para os zebuínos de $2,45 \pm 0,17$, no período seco, e $2,27 \pm 0,17$, no período chuvoso, e para bubalinos de $1,83 \pm 0,08$, no período seco, e $1,74 \pm 0,05$, no período chuvoso. Esses resultados demonstram que os búfalos têm maior adaptabilidade às condições climáticas da Amazônia, pois somente no período seco, e nos horários mais quentes do dia (12h), o índice de conforto térmico foi maior que o nível crítico de adaptabilidade, nesses animais.

Pesquisa com bubalinos machos jovens, nas condições climáticas de Belém, revelaram o ICB entre 1,9 e 2,0, no período de junho a setembro, caracterizando como o período de maior conforto para os bubalinos. Em outubro e novembro, foram encontrados os maiores valores de ICB (2,2), provavelmente em decorrência das elevações da temperatura e da umidade relativa do ar. O índice de conforto esteve associado ao ganho de peso ($r=0,52$), sendo que para valores de ICB acima de 2,0, houve redução no ganho de peso (CASTRO, 2005).

O índice de Ibéria proposto por Rhoad (1944) utiliza somente valores de temperatura retal, medidas duas vezes, a primeira às 10 horas e a segunda às 15 horas, sendo repetido três vezes em dias não necessariamente consecutivos, tomando-se sua média. Os valores variam de 0 a 100, e mostram que quanto mais próximo de 100 indica maior resistência às condições tropicais. É calculado pela equação $ITC \text{ Ibéria} = 100 - 18 (TR - 38,33)$. Nota-se que no teste toma-se como base de cálculo a temperatura retal de $38,3^\circ\text{C}$, tida como temperatura corporal normal, não levando em conta diversas situações fisiológicas que alteram este parâmetro.

Seis novos índices de conforto térmico para bubalinos foram propostos recentemente por Silva et al (2015). Três levam em consideração somente variáveis ambientais e os outros três consideram somente variáveis fisiológicas. Os Índices das Condições Climáticas de Conforto de Búfalas geral, efetivo e prático (ICCCBgeral, ICCCBefetivo e ICCCBprático), são obtidos através das equações:

$$ICCCBg = - 0,0470*UR + 0,6052*TA - 0,0534*TPO + 0,0946*TBU + 0,3225*TG,$$

$$ICCCBe = - 0,0309*UR + 0,6493*TA + 0,3330*TG$$

$$ICCCBp = 0,0571*UR + 1,0480*TA. \text{ Sendo;}$$

UR = umidade realtiva; TA= Temperatura do ar; TPO= temperatura de ponto de orvalho; TBU= Temperatura de Bulbo úmido e TG= temperatura de globo negro.

Já os Índice de Conforto Ambiental para Búfalas geral (ICABgeral, ICABefetivo e ICABprático), cujas fórmulas são:

$$ICABg = - 0,0656*TR + 0,9173*TSC + 0,1822*FR,$$

$$ICABe = - 0,0660*TR + 0,9144*TSC + 0,1865*FR \text{ e}$$

$$ICABp = 0,8854*TSC + 0,1695*FR. \text{ Sendo;}$$

TR= temperatura retal; TSC= Temperatura de superfície corporal; FR= frequência respiratória.

REFERÊNCIAS

- ABLAS, D. S. et al. Comportamento de bubalinos a pasto frente à disponibilidade de sombra e água para imersão. **Ciê. Anim. Brasil.**, v.8, n.2, p.167-175, 2007.
- ANDRADE, P. A. D. et al. Concentração de Ácidos Graxos Voláteis no Líquido Ruminal de Ovinos Alimentados com Milho Expandido sob Estresse Térmico. **Rev. Cient. Prod. Ani.**, v.14, n.2, p.188-191, 2014.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais - conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997, 246p.
- BARBOSA, N. G. S.; **Torta de amêdoia de dendê: cosumo, digestibilidade, metabolismo rumial e desempenho leiteiro em bubalios**. 2010, 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- BARROS, B. V. et al. Evaluation of thermal comfort, physiological, hematological, and seminal features of buffalo bulls in an artificial insemination station in a tropical environment. **Trop. Ani. Health and Prod.**, v.47, n.5, p.805-813, 2015.
- BASTOS, T. X. et al. **Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002, 31p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 128).
- BENEZRA, M. V. A new index measuring the adaptability of cattle to tropical conditions. **J. Ani. Scie.**, v.13, p.1015, 1954.
- BERNARDES, O. Bubalinocultura no Brasil: situação e importância econômica. **Rev. Bras. Rep. Ani.**, Belo Horizonte, v.31, n.3, p.292-298, 2007.
- BOUZIDA, N.; BENDADA, A.; MALDAGUE, X. P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **J. Therm. Biol.**, v.34, n.3, p.120-126, 2009.
- BRAZ, J. R. C. Fisiologia da termorregulação normal. **Rev. Neuroc.**, v.13, n.3, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Dados de rebanho bovinos e bubalinos do Brasil**, 2014. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Dados%20de%20rebanho%20bovino%20e%20bubalino%20do%20Brasil%202014.pdf acesso em: 01/10/2015.
- BROWN-BRANDL, T. M.; NIENABER, J. A.; EIGENBERG, R. A. Thermoregulatory responses of feeder cattle. **J. Therm. Biol.**, v.28, p.149-157, 2003.
- BUFFINGTON, D. E. et al. Black-Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equations for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v.24, n.3, p.711-14, 1981.
- CARDOSO, A. C. D.; MANESCHY, M. C.; MATLABA, V. J. Produção de óleo de palma no nordeste do Estado do Pará, Brasil: desafios e subsídios para o desenvolvimento sustentável. **Estud. Soc. e Agric.**, v.22, n.1, p.193-223, 2014.

CARDOSO, C. C. **Tolerância ao calor em bovinos das raças curraleira pé duro, pantaneira e nelore utilizando imagens termográficas.** Monografia – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2013.

CASTRO, A. C. **Avaliação de sistema silvipastoril através do desempenho produtivo de búfalos manejados nas condições climáticas de Belém, Pará.** 91f. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal do Pará-Belém, 2005.

COSTA, D. A. et al. Uso da torta de dendê na alimentação de ruminantes. **Arq. Ciênc. Vet. e Zool.**, v.14, n.2, p. 133-137, 2011.

COSTA, L. A. B. **Índices de conforto térmico e adaptabilidade de fêmeas bubalinas em pastejo no agreste de Pernambuco.** 91f. 2007. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2007.

COSTA E SILVA, E. V. et al. Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em vacas receptoras de embriões. **Ciênc. Anim. Bras.**, v.11, n.2, p.280-291, 2010.

CRIVELLARO, R. S.; JUNIOR, W. T. **Sugestões da aplicação da termografia infravermelha na ciência forense.** Instituto-Geral de Perícias - Departamento de Criminalística – RGS, 2007.

DALTRO, D. S. **Uso da termografia infravermelha para avaliar a tolerância ao calor em bovinos de leite submetidos ao estresse térmico.** 2014, 66f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

FEROLDI, M.; CREMONEZ, P. A.; ESTEVAM, A. Dendê: do cultivo da palma à produção de biodiesel. **Ver. Monog. Amb.**, v.13, n.5, p. 3800-3808, 2014.

FRACON, F. D. et al. Parâmetros fisiológicos e desempenho ponderal de bezerros nelore e simental criados a pasto em ambiente tropical no inverno. **Horiz. Cient.**, v.5, n.2, 2011.

GARCIA, A.R. Conforto térmico na reprodução de bubalinos criados em condições tropicais. **Rev. Bras. Rep. Ani.**, v.37, n.2, p.121-130, 2013.

GLASER, F.D. **Aspectos comportamentais de bovinos da raça Angus a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão.** Pirassununga, 2003. 73f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

GURGUEL, E. M.; SERAPHIM, O. J.; SILVA, I. J. O. Método de avaliação bioclimática da qualidade da sombra de árvores visando ao conforto térmico animal. **Energ. Agric.**, v.27, n.2, p.20-34, 2012.

HAQUE, N.; LUDRI, A.; HOSSAIN, S. A; ASHUTOSH, M. Comparative studies on temperature threshold for heat shock protein induction in young and adult Murrah buffaloes. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.**, v.96, p.920-929, 2012.

KNÍŽKOVÁ, I. et al. Applications of infrared thermography in animal production. **J. Facul. Agri.**, v.22, n.3, p.329-336, 2007.

LOURENÇO JÚNIOR, J. B. **Variáveis produtivas, fisiológicas e de comportamento de zebuínos e bubalinos e fatores do ambiente físico em pastagem cultivada da ilha de Marajó.** 1998. 127f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará.

LOURENÇO JÚNIOR, J. B. et al. Interações entre fatores climáticos e ganho de peso de bubalinos criados em sistema silvipastoril em Belém, Pará. **Cep**, v.66, p.100, 2013.

MAC-LEAN, P. A. B. **Programa de suplementação de luz e relações entre variáveis fisiológicas e termográficas de bezerros em aleitamento em clima quente.** 2012. 103f. Tese (Doutorado em zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

MARAI, I. F. M.; HABEEB, A. A. M.; Buffalo's biological functions as affected by heat stress — A review. **Lives. Scie.**, v.127, p.89-109, 2010.

MARTINS, R. F. S. **Índice de conforto térmico e temperatura superficial por termografia infravermelha em ovinos.** 2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

MELLACE, E. M. **Eficiência da área de sombreamento artificial no bem-estar de novilhas leiteiras criadas a pasto.** 2009. 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Estado de São Paulo, USP, 2009.

MOURA, M. I. et al. Evolução de um rebanho de bovinos curraleiro reintroduzido em cerrado nativo na região nordeste do estado de goiás, brasil. **Actas Iberoam. de Conser. Animal**, v.1, p.123-126, 2011.

MORAES JÚNIOR, R. J. et al. Conforto ambiental de bezerros bubalinos (*Bubalus bubalis* Linnaeus, 1758) em sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental. **Acta Amaz.**, v.40, p.629-640, 2010.

MORAES JÚNIOR, R. J., et al. Sumário Garcia. Conforto térmico na reprodução de bubalinos criados em condições tropicais. **Rev. Bras. Reprod. Anim.** v.37, n.2, p.121-130, 2013.

NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal.** São Paulo: Ícone Ed., 1989. 183p.

OLIVIERA, E. M. B. **Tolerância ao calor, medidas morfológicas e cortes comerciais em diferentes grupos genéticos de ovinos.** 2011, 112f. Tese (Doutorado em Ciências Animais) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

OLIVERA, J. B. et al. Subprodutos industriais na ensilagem de capim-elefante para cabras leiteiras: consumo, digestibilidade de nutrientes e produção de leite. **Rev. Bras. Zoot.**, v.39, n.2, p.411-418, 2010.

OLIVEIRA, J. P. F. et al. Adaptabilidade de fêmeas bubalinas em sala de ordenha sob condições ambientais do agreste do Rio Grande Do Norte, Brasil. **Comum. Scient.** v.5, n.2, p.148-154, 2014.

- PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 195p. 2005.
- RHOAD, A.O. The Iberia heat tolerance test for catle. **Trop. Agric.** n. 21, p 162-164, 1944.
- RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; FILHO, J. M. P. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agrop. Cient. semi.**, v.6, n.2, p.14 -22, 2010.
- RODRIGUES, D. A.; TOLEDO, L. M.; LIMA, A. L. F. Efeito dos níveis de suplementação noturna no comportamento ingestivo de bubalinos em pastejo diurno. **Acta Veter. Brasilica**, v.3, n.3, 2009.
- ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B. Fatores ambientais, nutricionais e de manejo e índices de conforto térmico na produção de ruminantes no semiárido. **Rev. Verde**, v.6, n.2, p. 08 -13, 2011.
- ROBINSON, N. E. Síntese da função respiratória: ventilação do pulmão. In: CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2008a, p. 571-582.
- ROBINSON, N. E. Termorregulação. In: CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2008b, p.647-660.
- SALLA, L. E. **Comportamento e características adaptativas de novilhas leiteiras em sistema de pastejo rotacionado**. 101 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.
- SANTANA, M. C. A.; CAVALI, J.; MODESTO, V. C. Influência do clima em animais de interesse zootécnico. **Científic@**, v.1, n.1, p.86-98, 2014.
- SANTOS, N. F. A. **Bem-estar e comportamento de fêmeas bubalinas da raça Murrah, em sistemas tradicional e silvipastoril, em Belém, Pará**. 2010. 125f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 2010.
- SEVEGNANI, K. B. et al. Efeito da aspersão de água, do sombreamento e do banho de imersão na capacidade termorregulatória e no ganho de peso de bubalinos. **Energ. Agric.**, v.28, n.1, p.25-32, 2013.
- SEIXAS, V. N. C. et al. Caracterização do Queijo do Marajó tipo manteiga produzido em duas estações do ano. **Cienc. Rural**. v.45, n.4, p.730-736, 2015.
- SHAFIE, M. M. Environmental effects on water buffalo production. **World Animal Review**, v.77, n.4, 21- 25. 2005.
- SILVA, J. A. R. et al. Perfil hematológico de búfalas da raça Murrah, criadas ao sol e à sombra, em clima tropical da Amazônia Oriental. **Acta Amaz.**, v.41, p.425-430, 2011a.
- SILVA, J. A. R. et al. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental. **Pesq Agropec Bras**, v.46, p.1364-1371, 2011b.

SILVA, R.G. **Introdução à Bioclimatologia Animal**. 1 ed. São Paulo: Nobel, 2000, 286p.

SILVA, R. G. **Biofísica ambiental**. Os animais e seu ambiente. Jaboticabal: Funep, 2008.

SINGH, S. P. et al. Biochemical changes in heat exposed buffalo heifers supplemented with yeast. **Trop. Anim. Health Prod.**, v.44, p.1383-1387, 2012.

SILVA, S. L.; NARDI JÚNIOR, G. Produção de derivados bubalinos e mercado consumidor buffaloes by-product production and consumer market, **Tekhne e Logos**. v.5, n.1, 2014.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agrop. Cient. Semi.**, v.8, n.3, p. 6-10, 2012.

SOUZA, B. B. et al. Efeito do ambiente sobre as respostas fisiológicas de Caprinos saanen e mestiços ½saanen + ½boer no semiárido Paraibano. **Agrop. Cient. Semi.**, v.6, n.2, p.47-51, 2010.

SOUZA. C. F. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciên. Agrotec.**, v.26, n.1, p.157-164, 2002.

STEWART, M. et al. Noninvasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. **Physiol. Behav.**, v.92, n.3, p.520–525, 2007.

THANH, V. T. K.; CHANG, W. S. Differences in adaptation to tropical weather between buffaloes and cattle. **Ital. J. Anim. Scie.**, v.6, Suppl.2, p. 1340-1343, 2007.

VILELA, R.A. **Efeito do ambiente térmico na fisiologia adaptativa de bubalinos**. 2013, 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.

1 **3. ARTIGO 1: RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE BÚFALAS CRIADAS A PASTO E**
2 **SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE TORTA DE PALMISTE***

3 *Esse artigo foi escrito nas normas da revista “International journal of Biometeorology” a qual foi
4 submetido

5
6 Carolina Carvalho Brcko⁽¹⁾, Jamile Andréa Rodrigues da Silva⁽²⁾, Lucieta Guerreiro Martorano⁽³⁾,
7 Benjamim de Sousa Nahúm⁽³⁾, André Guimarães Maciel e Silva⁽⁴⁾, Antônio Vinicius Barbosa⁽²⁾, João Maria
8 do Amaral Junior⁽⁴⁾ e José de Brito Lourenço Júnior⁽⁴⁾

9
10 ⁽¹⁾ Federal Institute of Pará – IFPA. BR 316, Km 61 - Saudade II - Cristo Redentor, CEP 68740-970,
11 Castanhal, PA, Brazil. E-mail: carolbrcko@gmail.com

12 ⁽²⁾ Federal Rural University of the Amazon – UFRA. Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, CEP
13 66077-901. Belém, PA, Brazil. E-mail: jamileandrea@yahoo.com.br, profvinibarbo@yahoo.com.br.

14 ⁽³⁾ Embrapa Amazônia Oriental - Travessa Doutor Enéas Pinheiro, s/n - Marco, CEP 66095-903. Belém,
15 PA, Brazil. E-mail: lucieta.martorano@embrapa.br; benjamim.nahum@embrapa.br

16 ⁽⁴⁾ Federal University of Pará – UFPA. Rua Augusto Corrêa, 01, Campus Universitário do Guamá, CEP
17 66075-110. Belém, PA, Brazil. E-mail: andregms@gmail.com; jamaral@veterinario.med.br;
18 joselourencojr@yahoo.com.br

19
20 **RESUMO** – O experimento foi realizado na Embrapa Amazônia Oriental (01°26’S e 48°24’W), Belém-
21 PA, entre junho de 2013 e julho de 2014. Foram utilizadas 24 búfalas mestiças Murrah-Mediterrâneo
22 divididas em quatro tratamentos, baseados no teor de inclusão da torta de palmiste em relação ao peso
23 corporal: 1,0%, 0,50%, 0,25% e 0%. Foram instalados equipamentos para registrar dados de temperatura e
24 umidade relativa do ar, temperatura de ponto de orvalho, bulbo úmido e globo negro, e fisiológicos:
25 temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e temperatura da superfície corporal (TSC), nos turnos
26 da manhã (6h00 às 7h00) e tarde (12h00 às 13h00), utilizados para calcular índices de conforto térmicos e
27 fisiológicos. Observou-se diferenças significativas ($P < 0,05$) dos índices entre os turnos, com médias mais
28 elevadas no turno da tarde, especialmente no período menos chuvoso do ano. A dieta não influenciou
29 ($P > 0,05$) as variáveis fisiológicas, mas em todos os períodos do ano, os valores médios de TR, FR e TSC
30 foram superiores ($p < 0,05$) no turno da tarde. A FR está associada à sazonalidade térmico-hídrica anual,
31 com maiores médias nas tardes da estação chuvosa. A correlação positiva entre TR, FR e TSC indicam que
32 as búfalas respondem às elevações térmicas na atmosfera, no período da tarde e, conseqüentemente,
33 refletindo nos índices de conforto. Os efeitos nos animais foram apenas em resposta às condições térmicas
34 e pluviais na região, especialmente no turno da tarde, com maiores valores de índices de conforto térmico
35 mais elevados.

36 **Termos para indexação:** Nutrição, Estresse térmico-hídrico, Calor, Ruminantes

37
38
39
40

41 **PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF FEMALE BUFFALOES MAINTAINED ON PASTURE**
42 **AND SUPPLEMENTED WITH DIFFERENT PALM KERNEL CAKE LEVELS**

43

44 **ABSTRACT** – The trial was carried out at Embrapa Eastern Amazon (01°26'S and 48°24'W) in the city
45 of Belém, PA, Brazil, between June 2013 and July 2014. The sample consisted of 24 crossbred Murrah-
46 Mediterranean female buffaloes split into four treatments based on the level of dietary inclusion of palm
47 kernel cake in relation to the body weight: 1.0%, 0.50%, 0.25%, and 0%. Data on air temperature and
48 relative humidity, dew-point temperature, and wet bulb and black globe temperatures were recorded by
49 devices installed at the experimental site. Physiological data on rectal temperature (RT), respiratory rate
50 (RR), and body surface temperature (BST) were also recorded. All data were collected in the morning (6
51 to 7 AM) and afternoon (12 to 1 PM) and were used to calculate the thermal and physiological comfort
52 indices. Significant differences ($P<0.05$) were observed between the periods of the day with higher averages
53 in the afternoon, particularly in the less rainy season. The diet did not impact ($P>0.05$) the physiological
54 variables, however, the mean RT, RR, and BST values were higher ($P<0.05$) in the afternoon. RR is
55 associated with the annual thermal-hydro seasonality, with higher averages in the afternoons of the rainier
56 season. The positive correlation between RT, RR, and BST indicates that the female buffaloes respond to
57 the higher air temperature in the afternoon, which, consequently, reflects on the comfort indices. The effects
58 on the animals were only responses to the thermal and rain conditions in the region, particularly in the
59 afternoon, with higher thermal comfort values.

60 **Indexing terms:** Nutrition, Thermal-hydro stress, Heat, Ruminants

61

62 **INTRODUÇÃO**

63 O rebanho bubalino está distribuído em todas as regiões do país e possui rebanho estimado em
64 torno de 1,47 milhões cabeças, onde a região Norte é a de maior concentração, com 772,8 mil cabeças, ou
65 52,5% do rebanho nacional, seguido das regiões Nordeste e Sudeste, com 418,4 e 149,4 mil cabeças,
66 respectivamente (Brasil, 2014)

67 Embora os búfalos sejam considerados animais com boa adaptabilidade às mais variadas condições
68 ambientais, possuem particularidades morfológicas, como elevada concentração de melanina na pele e no
69 pelo e baixa quantidade de glândulas sudoríparas, tornando-os sensíveis à radiação solar e a desequilíbrios
70 endócrinos quando expostos a situações de estresse térmico (Silva et al., 2011a).

71 Como consequência do estresse por elevações térmicas, os animais reduzem a ingestão de
72 alimentos, como estratégia para reduzir a termogênese, uma vez que a digestão e metabolismo elevam a
73 produção de calor corporal, com aumento do desconforto térmico. Consequentemente, ocorre também um
74 balanço energético negativo, promovendo a falta de nutrientes para o crescimento, produção e reprodução
75 (Baccari Junior, 2001). Como estratégias atenuadoras de efeitos térmicos em bubalinos, podem ser
76 utilizadas estratégias nutricionais que apresentem elevadas concentrações energéticas. Esse manejo
77 nutricional, nos períodos mais quentes é feito através do fornecimento de suplementação de alta densidade
78 energética. Além dessa estratégia, é importante o uso de suplementação adicional de minerais, além de
79 manter a oferta de água de boa qualidade aos animais (Machado et al., 2014).

80 Na Amazônia, a suplementação animal, com o uso de subprodutos da agroindústria, vem crescendo
81 como alternativa na alimentação animal para reduzir o custo de produção e mitigação de danos ambientais
82 pelo descarte desses resíduos. Dentre os subprodutos, a torta de palmiste se destaca como uma estratégia
83 de reposição alimentar em períodos secos com baixa oferta de pastagens, contribuindo para redução do
84 custo da produção (Barbosa et al., 2010). Seu grande atrativo está no seu valor energético (Costa et al.,
85 2011).

86 Assim, a presente pesquisa objetivou avaliar os efeitos de condições de tempo e clima na
87 termorregulação de búfalas Murrah/Mediterrâneo mantidas em pastagem com *Brachiaria brizantha* sem
88 acesso à sombra, e suplementadas, em função do peso vivo, com quatro níveis de torta de palmiste, na
89 Amazônia Oriental, além da eficiência de índices de adaptabilidade, de forma a indicar os mais apropriados
90 para determinar o conforto térmico de búfalos.

91

92 MATERIAL E MÉTODOS

93 O ensaio experimental foi realizado na Embrapa Amazônia Oriental (01°26'S e 48°24'W), de
94 junho de 2013 a julho de 2014. A área de estudo apresenta condições climáticas típicas de clima Af₂,
95 conforme classificação de Köppen, adaptada por Martorano et al. (1993). Nesse trabalho fez-se uma análise
96 do regime térmico-hídrico, usando dados das normais climatológicas (Ramos et al., 2009), bem como os
97 dados agrometeorológicos observados durante o período experimental, que foram obtidos em uma estação
98 automática portátil, programada para efetuar aquisição de dados e armazenar a leitura dos sensores em
99 dataloggers a cada 1 minuto (Modelo TGD-300, Instrutherm, São Paulo, Brasil). O equipamento foi
100 instalado no momento da coleta, à altura do dorso dos animais. Foram registrados dados de temperatura do
101 ar (TA, °C), umidade relativa do ar (UR, %), temperatura de ponto de orvalho (TPO, °C), temperatura do
102 bulbo úmido (TBU, °C) e temperatura de globo negro (TGN, °C). As leituras das variáveis ambientais foram
103 realizadas das 6h00 às 7h00 e das 12h00 às 13h00, na ocasião das coletas das variáveis fisiológicas.

104 Foram utilizadas 24 búfalas mestiças Murrah/Mediterrâneo (*Bubalus bubalis bubalis*), com idade
105 e peso médio iniciais de 54±7 meses e 503,1±23 kg, respectivamente, não gestantes, não lactantes e
106 clinicamente saudáveis. Os animais ficaram em piquete com capim *Brachiaria brizantha* (CV. Marandu)
107 em sistema rotacionado, sem sombreamento ou acesso a lagoas, com acesso à água e sal mineral à vontade,
108 e foram divididos aleatoriamente em quatro tratamentos baseados no nível de inclusão da torta de palmiste
109 em relação ao peso corporal: 1,0%, 0,50%, 0,25% e 0%. Foram adicionados 0,15% de farelo de trigo em
110 todos os tratamentos, atuando como palatabilizante. A dieta era oferecida em cochos individuais, uma vez
111 ao dia, às 7h00. A disponibilidade de forragem foi homogênea em todos os piquetes, sendo em torno de 9
112 kg de MS/100 kg de peso vivo animal durante todo o período experimental.

113 As análises bromatológicas dos componentes da dieta foram realizadas para avaliar o conteúdo de
114 matéria seca, orgânica e mineral dos alimentos, de acordo com as recomendações da AOAC (2005). A fibra
115 detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose e lignina seguiram o método sequencial, descrito por
116 Van Soest et al. (1991). As determinações de proteína bruta (PB) foram efetuadas pelo método Kjeldahl
117 (AOAC, 2005). A composição bromatológica dos ingredientes da dieta em % de matéria seca estão
118 apresentados na Tabela 1.

119 Foram calculados índices relacionados a fatores climáticos, tais quais, Índice de Temperatura e
 120 Umidade (ITU), proposto por Thom (1959), cuja fórmula é $ITU = TA + 0,36TPO + 41,5$, Índice de
 121 Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981), com a equação é
 122 $ITGU = TG + 0,36TPO + 41,5$ e Índices das Condições Climáticas de Conforto de Búfalas geral, efetivo e
 123 prático (ICCCBg, ICCCB_e e ICCCB_p), desenvolvidos por Silva et al. (2015), obtidos através das equações
 124 $ICCCBg = - 0,0470*UR + 0,6052*TA - 0,0534*TPO + 0,0946*TBU + 0,3225*TG$, $ICCCBe = -$
 125 $0,0309*UR + 0,6493*TA + 0,3330*TG$ e $ICCCBp = 0,0571*UR + 1,0480*TA$, respectivamente. Nessas
 126 equações descritas, TA é a temperatura do ar (°C), TPO é a temperatura de ponto de orvalho (°C), TG é a
 127 temperatura de globo negro (°C), UR é a umidade relativa (%) e TBU é a temperatura de bulbo úmido (°C).

128 Também, foram calculados índices, cujas fórmulas contêm variáveis fisiológicas: Índice de Ibéria,
 129 proposto por Rhoad, em 1944, calculado pela equação $ITC \text{ Ibéria} = 100 - 18 (TR-38,33)$, Índice de
 130 Conforto Térmico de Benezra, determinado por Benezra, em 1954, cuja equação é: $ICB = (TR/38,8) +$
 131 $(FR/23)$, e os Índice de Conforto Ambiental para Búfalas geral (ICABg, ICAB_e e ICAB_p), desenvolvidos
 132 por Silva et al (2015), cujas fórmulas são: $ICABg = - 0,0656*TR + 0,9173*TSC + 0,1822*FR$, $ICABe = -$
 133 $0,0660*TR + 0,9144*TSC + 0,1865*FR$ e $ICABp = 0,8854*TSC + 0,1695*FR$, respectivamente. Na
 134 aplicação desses índices, considera-se que TR é a temperatura retal (°C), FR é a frequência respiratória
 135 (mov/min) e TSC é a temperatura da superfície corporal (°C).

136 Os animais foram manejados do piquete para o centro de manejo meia hora antes das coletas, e
 137 entraram, de forma aleatória, em um tronco de contenção para a coleta das variáveis fisiológicas. As
 138 variáveis fisiológicas estudadas foram: temperatura retal (TR, °C), frequência respiratória (FR, mov/min⁻¹)
 139 e temperatura da superfície corporal (TSC, °C), aferidas a cada 14 dias, no período da manhã, entre 6h00 e
 140 7h00, e à tarde, entre 12h00 e 13h00. Para obtenção da TR, foi utilizado um termômetro clínico veterinário,
 141 com escala até 44°C e resultado da leitura expresso em graus Celsius. A FR foi obtida por inspeção e
 142 contagem dos movimentos toraxico-abdominais, durante 1 min. A TSC foi obtida com auxílio de
 143 termômetro de infravermelho (Modelo TD-965 - Instrutemp, São Paulo, Brazil) acionado em distância
 144 máxima de 1 m dos pontos de mensuração no animal, que foram: frente, lado esquerdo do tórax e flanco
 145 esquerdo, tendo-se obtido a média desses valores, conforme recomendado por Silva et al. (2015). Os dados
 146 das variáveis fisiológicas foram expressos em médias e desvio-padrão.

147 Os dados das variáveis fisiológicas (TR, TSC e FR) e dos índices (ITU, ITGU, ICCCBg, ICCCB_e,
 148 ICCCB_p, ITC Ibéria, ICB, ICABg, ICAB_e ICAB_p) foram expressos em médias e desvio-padrão. Ao
 149 analisar os dados climáticos (TA, UR, TPO e TBU), observou-se a existência de uma fase de transição entre
 150 o período mais e o menos chuvoso do ano, principalmente à tarde, em maio, junho e julho, semelhante à
 151 observada por Silva et al. (2011a), onde houve diminuição significativa da umidade relativa do ar, bem
 152 como sensível aumento da temperatura do ar. Assim, os dados foram organizados em três períodos do ano:
 153 mais chuvoso (janeiro a abril), transição (maio a julho) e menos chuvoso (agosto a dezembro). O objetivo
 154 para essa divisão foi detectar se as condições meteorológicas desses períodos influenciam as respostas
 155 fisiológicas das búfalas. Os dados das variáveis climáticas ocorridas durante o período experimental estão
 156 apresentados na Figura 1.

157 Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4 x 3 x 2
 158 (quatro tratamentos - 0%, 0,5%, 0,25% e 1% de torta de palmiste, três períodos do ano - mais chuvoso, de

159 transição e menos chuvoso - e dois turnos - manhã e tarde). As análises de variância foram feitas utilizando-
160 se o software Statistical Analysis System (SAS, 2003) para verificar o efeito de tratamento, turno do dia,
161 períodos do ano, e de suas interações, sobre os parâmetros fisiológicos acima citados. As médias foram
162 comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Foram feitas correlações lineares de Pearson, para
163 verificar a magnitude e direção da proporcionalidade das variáveis fisiológicas, tendo-se observado a
164 independência das variâncias dos pares de observações utilizados.

165

166 RESULTADOS

167 A precipitação pluvial, durante o período experimental, foi de 3.921,9 mm. No período mais
168 chuvoso (janeiro a maio), a precipitação média foi de 380 mm, no período menos chuvoso (agosto a
169 dezembro), a precipitação média foi de 150 mm, e no período de transição (maio a julho), a precipitação
170 média foi 210 mm, estando de acordo com os dados encontrados por Pachêco (2009). A temperatura do ar
171 média anual foi de 26,4°C, com máximas entre 30,9 e 32,8°C. A temperatura do ar média observada no
172 período menos chuvoso foi de 26,7°C, sendo superior à observada no período mais chuvoso (26°C). A
173 umidade relativa do ar média foi em torno de 84% e insolação anual, de 2.586 horas.

174 As médias dos índices de conforto ambiental, nos turnos da manhã e tarde, e nos três períodos
175 do ano, estão apresentadas na Tabela 2. Na presente pesquisa, em todos os períodos do ano, o ITU
176 apresentou os maiores valores ($P<0,05$) no turno da tarde (período mais chuvoso: $84,17\pm 2,28$; transição:
177 $84,61\pm 1,16$ e menos chuvoso: $85,20\pm 0,55$). Entretanto, não houve diferenças significativas do ITU entre os
178 períodos do ano. O ITGU também apresentou os maiores valores à tarde ($P<0,05$). Nesse turno, o ITU foi
179 mais elevado no período menos chuvoso do ano ($92,06\pm 2,74$).

180 Em todos os períodos do ano, o ICCCBg também foi maior ($P<0,05$) no turno da tarde. Pela manhã,
181 as condições climáticas favoreciam o conforto térmico dos animais (período mais chuvoso: $19,46\pm 0,75$;
182 transição: $19,72\pm 0,61$ e menos chuvoso: $19,96\pm 0,63$), mas no turno da tarde, os valores sugerem situação
183 de perigo, pois estão entre 28,27 a 32,75. O período menos chuvoso do ano foi o que apresentou o maior
184 ICCCBg ($P<0,05$), de $32,19\pm 1,23$.

185 O ICCCBc também apresentou diferença significativa ($P<0,05$) entre os períodos do ano, onde no
186 turno da tarde, o período menos chuvoso apresentou o valor mais elevado ($33,73\pm 1,20$). Também houve
187 diferença desse índice entre os turnos ($P<0,05$), com os valores da tarde (período mais chuvoso: $31,01\pm 2,75$;
188 transição: $30,42\pm 1,70$ e menos chuvoso: $33,73\pm 1,20$), superiores aos da manhã (período mais chuvoso:
189 $21,24\pm 0,75$; transição: $21,50\pm 0,60$ e menos chuvoso: $21,70\pm 0,64$). Da mesma forma, o ICCCBp, no turno
190 da tarde, foi mais elevado no período menos chuvoso do ano ($39,26\pm 0,57$) e os valores da tarde foram
191 superiores ($P<0,05$) aos da manhã (período mais chuvoso: $30,84\pm 0,68$; transição: $30,87\pm 0,48$ e menos
192 chuvoso: $30,90\pm 0,66$).

193 As médias dos índices de conforto fisiológico, pela manhã e à tarde, nos três períodos do ano estão
194 apresentadas na Tabela 3. Não houve diferenças significativas entre os valores de ITC Ibéria entre os
195 períodos do ano, entretanto, houve diferença entre os turnos ($P<0,05$), onde em todos os períodos do ano,
196 no turno da manhã foram encontrados os maiores resultados (período mais chuvoso: $94,42\pm 6,47$; transição:
197 $94,78\pm 3,95$ e menos chuvoso: $92,08\pm 4,63$).

198 Os valores de ICB, em todos os períodos do ano, foram mais elevados à tarde (período mais
199 chuvoso: $3,17 \pm 1,26$; transição: $2,76 \pm 0,97$ e menos chuvoso: $2,57 \pm 0,75$), e a maior média ($P < 0,05$) foi
200 encontrada no período mais chuvoso do ano ($3,17 \pm 1,26$). Não houve diferença significativa do ICABg,
201 ICABe e ICABp entre os períodos do ano, porém, em todos os períodos do ano, os maiores valores foram
202 encontrados no turno da tarde.

203 Houve correlações entre os índices testados e as variáveis fisiológicas, o que permitiu avaliar a
204 eficiência dessas fórmulas para determinar as reais condições de conforto térmico de búfalas criadas na
205 Amazônia Oriental brasileira (Tabela 4). Verificou-se que o ITU apresentou correlação positiva com a TR,
206 com a FR e com a TSC. O ITGU teve correlação positiva com a TR e TSC ($P < 0,05$) e com a FR ($P < 0,01$).
207 Os índices ICCCBg, ICCCB e ICCCBp apresentaram correlação positiva com a TR, FR ($P < 0,05$) e TSC
208 ($P < 0,01$). O ICB apresentou correlação positiva com a TR, TSC e FR ($P < 0,01$), indicando que quando o
209 ICB se eleva, ocorre aumento nos valores dessas variáveis fisiológicas. O ITC Ibéria teve correlação
210 negativa com a TR, TSC e com a FR ($P < 0,01$). Os índices ICABg, ICABe e ICABp apresentaram correlação
211 positiva com a TR, FR ($P < 0,05$) e TSC ($P < 0,01$), indicando que quando esses índices se elevam, ocorre
212 aumento nos valores das variáveis fisiológicas estudadas.

213 A suplementação fornecida aos búfalos, com diferentes níveis de torta de palmiste, não influenciou
214 a temperatura retal, mas houve influência significativa ($P < 0,05$) do ambiente sobre essa variável. Em todos
215 os períodos do ano, os valores médios de temperatura retal (Tabela 5) no turno da tarde foram superiores
216 (período mais chuvoso: $39,23 \pm 0,86$ °C, transição: $39,00 \pm 0,93$ °C e menos chuvoso: $39,15 \pm 0,66$ °C) aos da
217 manhã. Em ambos os turnos, não houve diferença significativa da TR ($P > 0,05$) entre os períodos do ano.

218 A suplementação com diferentes níveis de torta de palmiste, também não influenciou ($P > 0,05$) nos
219 valores de frequência respiratória. Mas em todos os períodos do ano, houve diferenças significativas entre
220 os turnos (Tabela 5), com a FR do turno da tarde (período mais chuvoso: $49,40 \pm 8,75$ mov.min.⁻¹, transição:
221 $40,16 \pm 2,15$ mov.min.⁻¹ e menos chuvoso: $35,66 \pm 7,08$ mov.min.⁻¹) mais elevada ($P < 0,05$). Houve efeito dos
222 períodos do ano nos valores de FR do turno da tarde, onde as maiores médias de FR ocorreram no período
223 mais chuvoso do ano ($P < 0,05$).

224 As dietas com os quatro níveis de torta de palmiste fornecidas aos animais experimentais também
225 não influenciaram ($P > 0,05$) os valores de temperatura da superfície corporal. Não houve efeito dos períodos
226 do ano nessa variável fisiológica (Tabela 5), entretanto, em todos os períodos do ano, a TSC sofreu
227 influência dos turnos, com os maiores valores observados à tarde (período mais chuvoso: $34,46 \pm 2,07$ °C,
228 transição: $34,30 \pm 1,72$ °C e menos chuvoso: $34,82 \pm 1,23$ °C).

229

230 DISCUSSÃO

231 Ao analisar os mapas contidos nos estudos de Martorano et al. (1993) para o estado do Pará,
232 verifica-se que as condições topoclimáticas no estado podem ser atenuadas em sistemas de produção
233 pecuário integrado, as quais, além de garantir uma economia de baixa emissão de carbono, oferecem
234 condições de melhorias no conforto ambiental dos animais.

235 A associação das variáveis meteorológicas pode ser representada pelos índices de conforto
236 ambiental. Na presente pesquisa, os maiores valores dos índices ITU e ITGU no turno da tarde, bem como
237 nesse turno, o maior valor de ITGU no período menos chuvoso do ano demonstram que o turno da tarde e

238 o período menos chuvoso do ano são os mais propensos a causar estresse térmico nos animais criados nessa
239 região.

240 Em todos os períodos do ano, no turno da tarde, o ITU e ITGU estão acima dos valores
241 considerados de conforto térmico para os animais, de até 70 para o ITU (Neves 2008) e de 74 para ITGU
242 (Souza et al. 2002), indicando situação de emergência aos animais durante esse turno, o que impõe a
243 necessidade de uso de práticas de manejo no ambiente físico, como sombreamento natural ou artificial,
244 como os sistemas silvipastoris, com espécies de crescimento rápido, água e alimentos adequados, em
245 quantidade e qualidade, além de bom manejo no rebanho, principalmente em regiões tropicais como a
246 Amazônia. Em Belém, Pará, Silva et al. (2011) encontraram valores semelhantes de ITGU deste trabalho,
247 com médias no turno da tarde de $83,9 \pm 2,2$, $87,6 \pm 3,1$ e $88,8 \pm 2,6$, nos períodos mais chuvoso, de transição e
248 menos chuvoso do ano, respectivamente, ao avaliar o conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril,
249 na Amazônia Oriental.

250 O maior valor do ICCCBg no turno da tarde, em todos os períodos do ano, demonstra que nesse
251 turno, o ambiente estava propício a causar estresse térmico nos animais experimentais. De acordo com a
252 interpretação desse índice, proposto por Silva et al. (2015), até 23,78, o clima favorece o conforto térmico,
253 de 23,79 a 28,26, a situação climática é de perigo, de 28,27 a 32,75, o clima pode causar estresse térmico e
254 acima de 32,75, a situação é de emergência. Na presente pesquisa, pela manhã, as condições climáticas
255 favoreciam o conforto térmico dos animais (período mais chuvoso: $19,46 \pm 0,75$; transição: $19,72 \pm 0,61$ e
256 menos chuvoso: $19,96 \pm 0,63$), mas no turno da tarde, os valores sugerem situação de perigo. O período
257 menos chuvoso do ano foi o que apresentou o maior ICCCBg ($P < 0,05$), de $32,19 \pm 1,23$, provavelmente
258 devido aos maiores valores de temperatura do ar, o que pode ter incrementado a termogênese do animal,
259 pois recebeu calor de seus arredores (Pereira 2005).

260 O ICCCB_e, em todos os períodos do ano, também apresentou os maiores valores no turno da tarde.
261 De acordo com Silva et al. (2015), a interpretação dos resultados do cálculo desse índice é: até 25,66, os
262 animais estão em situação de conforto, de 25,67 a 30,11, a situação é de perigo, de 30,12 a 34,56, os animais
263 podem estar em estresse térmico e acima de 34,56, a situação é de emergência. Portanto, na presente
264 pesquisa, o clima favorecia o conforto térmico dos animais no turno da manhã, mas à tarde, o clima indicava
265 perigo.

266 Da mesma forma, o ICCCB_p, em os períodos do ano, apresentou os maiores valores à tarde e o
267 nesse turno, o período menos chuvoso apresentou a maior média. Segundo Silva et al. (2015), de acordo
268 com a interpretação dos resultados da aplicação da fórmula desse índice, até 34,65 os animais estão em
269 conforto, de 34,66 a 38,02, em perigo, de 38,03 a 41,39, em estresse térmico e acima de 41,39, emergência.
270 Portanto, em todos os períodos do ano, no turno da manhã o clima estava favorável para o conforto térmico,
271 porém no turno da tarde e nos períodos mais chuvoso e de transição, o clima indicava perigo e no período
272 menos chuvoso do ano, indicava que os animais poderiam apresentar estresse térmico.

273 As respostas fisiológicas dos animais experimentais, quando expressas através de índices de
274 conforto fisiológico, podem indicar situação de estresse térmico. Na presente pesquisa, o ITC Ibéria
275 apresentou, em todos os períodos do ano, as maiores médias no turno da manhã. Na interpretação deste
276 teste, quanto mais próximo de 100, mais adaptado está o animal às condições em que o teste foi realizado

277 (Silva et al. 2013), portanto, o turno da manhã foi o que proporcionou maior adaptação dos animais
278 experimentais.

279 Os maiores valores de ICB à tarde, em todos os períodos do ano, são semelhantes aos resultados
280 encontrados por Moraes Júnior et al. (2010), que encontraram o ICB de bezerras bubalinos, aferido às 6h00,
281 mais próximo ao valor de 2,0, considerado ideal. Esses resultados podem ser explicados, possivelmente,
282 pela baixa temperatura e elevada umidade relativa do ar, que ocorrem durante a madrugada, e minimizam
283 a necessidade de termólise pelos animais. Na presente pesquisa, pela manhã, os valores médios de ICB de
284 da manhã estão mais próximos de 2,0, o que sugere que durante esse turno, os animais estão mais adaptados
285 do que no turno da tarde, onde os dados ultrapassaram esse valor e podem indicar menor grau de
286 adaptabilidade ao clima.

287 De acordo com os resultados do ICB, o período mais chuvoso do ano é o que os animais
288 apresentam maior desconforto térmico. Esse resultado ocorreu, provavelmente, pelo elevado índice de
289 umidade relativa do ar que ocorre na região, durante esse período do ano, o que dificulta as perdas de calor
290 por evaporação respiratória dos bubalinos, que utilizam principalmente essa via de termólise para se manter
291 em equilíbrio térmico (Guimarães et al. 2001).

292 Segundo a interpretação do ICABg, proposta por Silva et al. (2015), até 32,44, os animais estão
293 em conforto térmico, de 32,45 a 35,68, estão em perigo, de 35,69 a 38,93 estão em estresse térmico e acima
294 de 38,93, a situação é de emergência. No presente trabalho, pela manhã, em todos os períodos do ano, os
295 animais encontravam-se em estado de conforto térmico, mas no turno da tarde, os valores sugerem situação
296 de estresse térmico. Esses resultados provavelmente ocorreram devido à elevação da TA e TG no turno da
297 tarde, o que pode influenciar no estado de conforto térmico dos animais experimentais, pois incrementam
298 a termogênese (Barros et al. 2015).

299 Com relação ao ICABe, à tarde também foi o turno cujos valores foram mais elevados. De acordo
300 com Silva et al. (2015), a interpretação dos resultados da aplicação desse índice é: até 32,46: conforto, de
301 32,47 a 35,71: perigo, de 35,72 a 38,97: estresse térmico e acima de 38,97: emergência. Assim, na presente
302 pesquisa, em todos os períodos, pela manhã, as condições climáticas favoreciam o conforto térmico dos
303 animais, mas no turno da tarde, os valores sugerem situação de estresse térmico, o que provavelmente
304 ocorreu devido a influência da elevação da TA durante esse turno.

305 Para interpretar o ICABp, valores até 33,55 indicam conforto, de 33,56 a 36,67, os animais estão
306 em perigo, de 36,68 a 39,79, estão em estresse térmico e acima de 39,79, estão em estado de emergência
307 (Silva et al., 2015). Portanto, em todos os períodos do ano, pela manhã, os animais estavam em conforto
308 térmico, entretanto, no turno da tarde, os valores do período menos chuvoso do ano sugerem situação de
309 estresse térmico, e nos períodos mais chuvoso e de transição, os valores indicam situação de emergência.
310 No turno da tarde, o período mais chuvoso apresentou o valor mais elevado, não diferenciando
311 estatisticamente do período de transição. Provavelmente esse resultado ocorreu devido aos maiores valores
312 de UR nesses períodos, quando os animais podem ter sentido dificuldades de perder calor por evaporação
313 respiratória (Silva et al. 2011b).

314 A análise de variância revelou que os níveis de inclusão de torta de palmiste testados não
315 influenciou nas respostas termorregulatórias dos animais experimentais. Entretanto, os animais sofreram
316 efeitos dos turnos, onde à tarde, com elevados valores de temperatura do ar, a eficiência de perda de calor

317 por condução, convecção e radiação diminuíram, devido ao aumento do gradiente de temperatura entre a
318 pele do animal e o ambiente. Nessa situação, o animal pode, até certo ponto, manter a temperatura corporal
319 por meio da vasodilatação periférica, aumentando o fluxo sanguíneo periférico e a temperatura superficial,
320 no entanto, se a temperatura ambiente continuar a subir, o animal passa a depender da perda de calor por
321 evaporação, através da respiração, para manter a homeotermia.

322 A elevação da temperatura retal, em ambiente quente, indica que os mecanismos de liberação de
323 calor se tornaram insuficientes para manter a homeotermia (Sevegnani et al. 2013). Este resultado é,
324 provavelmente, atribuído à maior incidência da radiação solar, no período da tarde. Pesquisa realizada por
325 Barros et al. (2015), com bubalinos, em condições climáticas similares, apresentaram resultados
326 semelhantes, onde a TR dos bubalinos passou de 38,0°C para 39,3°C, pela manhã e tarde, respectivamente,
327 o que demonstra que essa variável fisiológica é influenciada pela elevação da temperatura ambiente.
328 Temperaturas retais mais elevadas, no período da tarde, foram observadas também por Silva et al. (2011a),
329 em Belém, Pará, com búfalos Murrah. Da mesma forma, Marcheto et al. (2002), encontraram a TR (39,11
330 e 39,26°C) de bovinos e bubalinos pela tarde superiores às da manhã (38,10 e 38,05°C).

331 Observou-se que, mesmo no turno da manhã, com temperaturas mais amenas, os valores estão
332 acima da faixa de variação normal para búfalos, de 37,4 a 37,9°C (Shafie 2000). Pesquisas comprovam os
333 efeitos da temperatura ambiente sobre a temperatura retal dos búfalos, o que causa estresse térmico nos
334 animais (Silva et al. 2011a; Silva et al. 2011b). De acordo com McDowell et al. (1976), elevação de 1°C ou
335 mais, na temperatura retal, é bastante para reduzir o desempenho produtivo na maioria das espécies de
336 animais domésticos. Em ambos os turnos, não houve efeito do período da TR ($P>0,05$), indicando que em
337 todos dos períodos do ano, os animais estão susceptíveis a sofrer estresse térmico no turno da tarde na área
338 estudada.

339 O tipo de dieta fornecida aos búfalos, com diferentes níveis de torta de palmiste, também não
340 influenciou ($P>0,05$) os valores de frequência respiratória. Mas em todos os períodos do ano, houve
341 diferenças significativas entre os turnos, com a FR do turno da tarde mais elevada ($P<0,05$), quando os
342 animais elevam a frequência respiratória a fim de manter a homeotermia. Na avaliação dos dados médios
343 da FR, no turno da manhã, os valores observados estão dentro da faixa de variação normal para búfalos, de
344 18 a 30 mov.min⁻¹. (Shafie 2000). Na mesma região (Belém, Pará), Silva et al. (2011a) observaram valores
345 mais elevados da FR de novilhas bubalinas no turno da manhã que variaram de 28,3±1,1 a 29,8±1,1
346 mov.min⁻¹, mas que ainda estão dentro da faixa de variação normal para bubalinos.

347 Por outro lado, os valores observados à tarde, em todos os períodos do ano, suplantaram os
348 indicados para situações de termoneutralidade da espécie bubalina, o que já era esperado, uma vez que a
349 combinação dos elementos climáticos ocasionou maior grau de desconforto aos animais, pois elevaram a
350 frequência respiratória, a fim de manter a homeotermia. Segundo Garcia (2013), em situações de estresse
351 térmico, essa variável fisiológica apresenta valores elevados, antes mesmo que haja aumento dos valores
352 da temperatura retal. De acordo com Guimarães et al. (2001), à medida que a temperatura do ar aumenta, a
353 frequência respiratória dos bubalinos se eleva de 22 para mais de 48 movimentos por min, a temperaturas
354 de 28,3 a 34,7°C, respectivamente.

355 No turno da tarde, os maiores valores de FR ocorreram no período mais chuvoso do ano. Esse
356 resultado pode ter ocorrido em razão da dificuldade desses animais em dissipar calor por evaporação, pois,

357 nesse período, a umidade relativa do ar foi bastante elevada. Em búfalos, a perda de calor pelo ar expirado
358 é mais importante que pela transpiração, pois possuem baixa eficiência na perda de calor pelas vias cutâneas
359 (Barros et al. 2015).

360 A elevação na TSC ocorreu porque com maiores valores de temperatura do ar, há um aumento do
361 fluxo sanguíneo do núcleo central para a periferia corporal, na tentativa de eliminar calor, o que contribui
362 para a elevação da temperatura da superfície corporal (Silva et al. 2011a). A TSC está relacionada,
363 diretamente, com as condições ambientais de umidade relativa, temperatura do ar e vento, e das condições
364 fisiológicas, como vascularização e evaporação, pelo suor. Em temperaturas do ar amenas, essa variável
365 contribui para a manutenção da temperatura do corpo, mediante trocas de calor com o ambiente (Robinson
366 2004).

367 Os valores das correlações entre índices e variáveis fisiológicas são considerados como indicações
368 da eficiência de cada índice e refletem as respostas dos animais com o ambiente (Silva et al. 2007). A
369 correlação positiva e moderada do ITU com a TR, forte com a FR e muito forte com a TSC, além da
370 correlação positiva e moderada do ITGU com a TR e TSC e muito forte com a FR, indicam que os animais
371 reagiram às elevações do ITU e ITGU, com aumento da TR, TSC e FR. Costa (2007), também, constatou
372 correlação positiva e significativa, entre a TR e ITGU ($r = 0,486$, $P < 0,01$) e ITU ($0,571$, $P < 0,01$), FR e
373 ITGU ($r = 0,496$, $P < 0,01$) e ITU ($0,465$, $P < 0,01$) e TSC e ITGU ($r = 0,440$, $P < 0,01$) e ITU ($0,452$, $P < 0,01$),
374 para novilhas bubalinas, no agreste de Pernambuco.

375 A correlação positiva e moderada dos índices ICCCBg, ICCCB_e e ICCCB_p com a TR e FR e
376 positiva muito forte com a TSC ($P < 0,01$), indicam que quando esses índices se elevam, ocorre aumento nos
377 valores das variáveis fisiológicas estudadas. Esses resultados demonstram que tais índices são eficientes e
378 podem indicar situações ambientais de conforto, perigo, estresse ou emergência aos animais.

379 Os resultados de correção do ICB com a TR, TSC e FR indicam que quando o ICB se eleva, ocorre
380 aumento nos valores dessas variáveis fisiológicas. Porém, a fraca correlação positiva apresentada pelo ICB
381 com a TR indica que esse índice, quando comparado aos outros índices testados, é menos eficiente para
382 demonstrar o estado de conforto térmico de búfalos. Quanto ao ITC Ibéria, a muito fraca correlação com a
383 FR, a qual é importante variável fisiológica indicativa de desconforto térmico (Moraes Junior et al. 2010),
384 indica que esse índice também não é muito eficiente para avaliar o conforto térmico dos animais. Silva et
385 al. (2011a) encontraram resultados semelhantes, ao avaliar o conforto térmico de novilhas bubalinas. Rocha
386 et al. (2012) mencionam que para vacas leiteiras, o ITC Ibéria é o único índice que apresenta correlação
387 elevada e negativa com a TR ($r = 0,99$; $P < 0,05$), e que mostra melhor correlação, quando comparado ao
388 ITC Baccari e ITC Rauschenbach–Yerokhin.

389 As correlações dos índices ICABg, ICAB_e e ICAB_p, positivas e moderadas com a TR e FR e
390 positivas muito fortes com a TSC ($P < 0,01$), demonstram que quando esses índices se elevam, ocorre
391 aumento nos valores das variáveis fisiológicas estudadas. Silva et al. (2015) encontraram resultados
392 semelhantes e afirmam que esses índices podem ser usados com segurança para indicar situações de estresse
393 térmico aos animais na Amazônia Oriental.

394

395

396

397 CONCLUSÃO

398 As respostas termorregulatórias de búfalas criadas sob condições de clima quente e úmido da
399 Amazônia Oriental em pastagens com a monocultura da braquiária não expressaram influência decorrente
400 da suplementação com torta de palmiste, nos níveis testados.

401 As búfalas manifestam alterações fisiológicas decorrentes das condições climáticas,
402 principalmente com relação as elevadas temperaturas e baixa umidade relativa do ar no turno da tarde,
403 dobrando a frequência respiratória, elevando em cerca de 0,5°C a temperatura retal e cerca de 4°C corporal
404 e temperatura de superfície corporal.

405 Os índices testados ITU, ITGU, ICCCBg, ICCCBc, ICCCBp, ICABg, ICABc e ICABp são
406 eficientes para avaliar o estado de conforto térmico de búfalos por apresentarem alta correlação com as
407 respostas fisiológicas nas condições climáticas da Amazônia Oriental. Entre os índices avaliados, pelo grau
408 praticidade de aplicação, recomenda-se utilizar o ICCCBp e ICABp, pela facilidade de obtenção dos dados
409 das variáveis repostas necessários para a solução das equações ajustadas para os índices na região, pois
410 essas variáveis independem de contenção ou manipulação do animal, passivo de promover influência no
411 resultado dos índices.

412 All procedures performed in studies involving animals were in accordance with the ethical
413 standards of the institution or practice at which the studies were conducted.

414

REFERÊNCIAS

AOAC (2005) Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 18.ed. Gaithersburg, Maryland.

Baccari Jr F (2001) Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes. Londrina: UEL.

Barbosa NGS et al. (2010) Intake and Digestibility of River Buffalo Steers (*Bubalus bubalis*) Fed Different Levels of Palm Kernel Cake: Effect of Diet Neutral Detergent Fiber, Digestible Energy, Crude Protein and Extract Ether. *Rev Vet* 21(1):146-150.

Barros BV et al. (2015) Evaluation of thermal comfort, physiological, hematological, and seminal features of buffalo bulls in an artificial insemination station in a tropical environment. *Trop Ani Health and Prod* 47(5):805-813.

Benezra MV (1954) A new index measuring the adaptability of cattle to tropical conditions. *J An Sci* 13:1015.

Brasil. Ministério da agricultura. Dados de rebanho bovinos e bubalinos do Brasil, 2014. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Dados%20de%20rebanho%20bovino%20e%20bubalino%20do%20Brasil%202014.pdf acesso em: 01/10/2015.

Buffington DE, Collazo Arocho A, Canton GH, Pitt D (1981) Black globe humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. *Trans. ASAE*, 24(3):711-714.

Costa LAB (2007) Índices de Conforto Térmico e Adaptabilidade de Fêmeas Bubalinas em Pastejo no Agreste de Pernambuco. Dissertação, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Costa DA et al. (2011) Uso da torta de dendê na alimentação de ruminantes. *Arq Ciênc Vet. Zool.* 14(2):133-137.

Garcia AR (2013) Conforto térmico na reprodução de bubalinos criados em condições tropicais. *Rev Bras Reprod Anim* 37(2):121-130.

Guimarães CMC et al. (2001) Termorregulação em bubalinos submetidos a duas temperaturas de ar e duas proporções de volumoso:concentrado. *Cienc Agrotec* 25(2):437-443.

Machado AMC, Janini APR, Vicente EF (2014) Avaliação de aditivos utilizados para aumento da eficiência nutricional na bovinocultura. *Braz J of Biosyst Engineering* 8(3):250-254.

- Marcheto FG et al. (2002) Efeito das temperaturas de bulbo seco e de globo negro e do índice de temperatura e umidade, em vacas em produção alojadas em sistema de free-stall. *Braz J Vet Res An Sci* 39:320-323.
- Martorano LG et al. (1993) Estudos Climáticos do Estado do Pará, Classificação Climática (KÖPPEN) e Deficiência Hídrica (THORNTHWHITE, MATHER). Belém, SUDAM/ EMBRAPA, SNLCS.
- McDowell RE, Hooven NW, Camoens JK (1976) Effect of climate on performance of Holsteins in first lactation. *J Dairy Sci* 59:965-973.
- Moraes Júnior RJ et al. (2010) Conforto ambiental de bezerras bubalinas (*Bubalus bubalis* Linnaeus, 1758) em sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental. *Acta Amaz* 40:629-640.
- Neves MLMW (2008) Índices de conforto térmico para ovinos Santa Inês de diferentes cores de pelame em condições de pastejo. Dissertação. Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Pachêco NA, Santiago AV, Bastos TX, Cordeiro AHF (2009) Boletim Agrometeorológico de 2009 para Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental, Belém. Documentos.
- Pereira JCC (2005) Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal. Belo Horizonte: FEPMVZ.
- Ramos AM, Santos LAR, Fortes LTG (2009) Normais climatológicas do Brasil 1961 – 1990. Edição revista e ampliada. Brasília: INMET.
- Rhoad AO (1944) The Iberia heat tolerance test for cattle. *Trop Agric* 21:162-164.
- Robinson NE (2004) Homeostase – Termorregulação. In: Cunningham JG. Tratado de fisiologia veterinária. 3ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan pp 550-560.
- Rocha DR et al. (2012) Índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras no período chuvoso e seco no Ceará. *Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais*. 10(4):335-343.
- Sevegnani KB et al. (2013) Efeito da aspersão de água, do sombreamento e do banho de imersão na capacidade termorregulatória e no ganho de peso de bubalinos. *Energ Agric* 28(1):25-32.
- Shafie MM (2000) Physiology responses and adaptation of water buffalo. In: YOUSEF, M.K. Stress physiology in livestock. UNGULATES. Ed. CRS PRESS, 2:260.
- Silva JAR et al. (2015). Thermal confort indices of female Murrah buffaloes reared in the Eastern Amazon. *International Journal of Biometeorology*. DOI 10.1007/s00484-014-0937-y
- Silva JAR et al. (2011a) Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental. *Pesqui Agropecu Bras* 46(10):1364-1371.
- Silva JAR et al. (2011b) Perfil hematológico de búfalas da raça Murrah, criadas ao sol e à sombra, em clima tropical da Amazônia Oriental. *Acta Amazon* 41(3):425-430.
- Silva TPD et al. (2013) Características termorreguladoras e ganho de peso de cordeiros Santa Inês no sul do estado do Piauí no período de transição seca/águas. *Revista Agrarian*. 6(20):198-204.
- Silva RG, Morais DAEF, Guilhermino MM (2007) Evaluation of thermal stress indices for dairy cows in tropical regions. *Rev Bras de Zootecn*. 36(4):1192-1198.
- Souza CF et al. (2002) Avaliação de materiais alternativos para confecção de termômetro de globo. *Cienc Agrotec* 26:157-164.
- Statistical Analysis System – SAS (2003) SAS user's guide. Version 6.08. San Diego: Statistical Analysis System Institute.
- Thom EC (1959) The discomfort index. *Weatherwise*;12:57-59.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74(10):3583-3597.

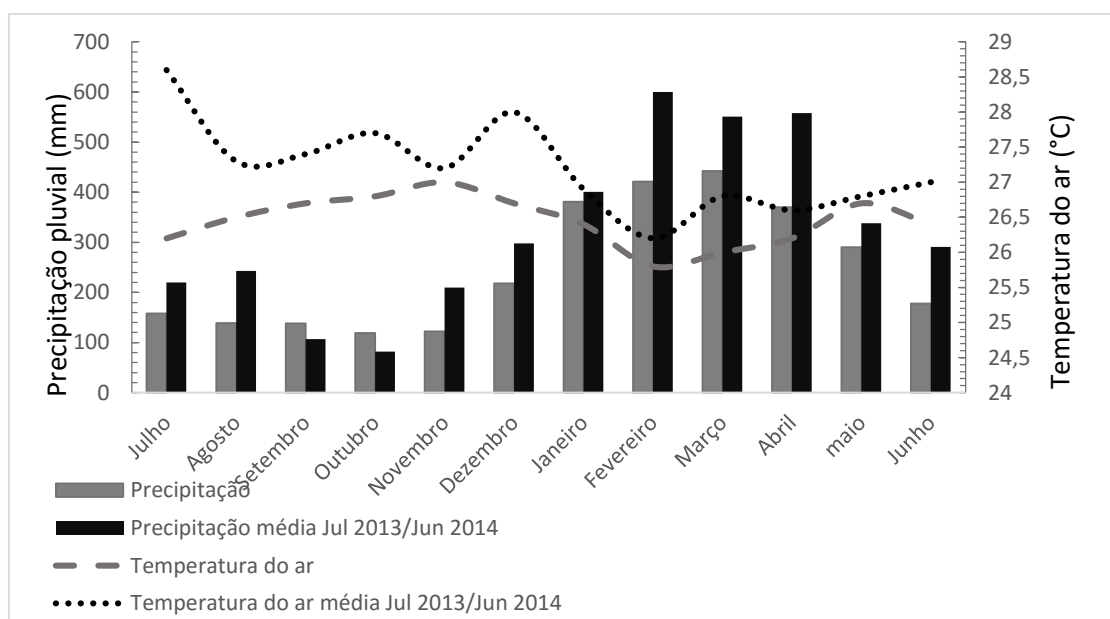
TABELAS

Tabela 1. Composição bromatológica da torta de palmiste (*Elaeis guineensis*), do farelo de trigo e da gramínea *Brachiaria brizantha* (CV. Marandu) em matéria seca.

Ingrediente	Variável (% em MS)					
	MS	MM	EE	PB	FDN	FDA
Torta de palmiste	90,47	4,61	11,64	11,12	69,87	48,23
Farelo de trigo	88,32	5,88	3,48	15,49	44,19	14,27
<i>Brachiaria brizantha</i>	37,4	6,76	2,54	8,19	68,14	40,55

Matéria seca (MS); matéria mineral (MM); extrato etéreo (EE); proteína bruta (PB); fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA).

Figura 1. Dados de normal climatológica comparada aos observados durante o período experimental de julho de 2013 a julho de 2014, no município de Belém, Pará.



Fonte: INMET (2009)

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão de índices de conforto ambiental, pela manhã e à tarde, nos três períodos do ano.

Índices	Período	Turno	
		Manhã	Tarde
Índice de Temperatura e Umidade	Mais chuvoso	75,11±1,09 ^{aA}	84,17±2,28 ^{bA}
	Transição	75,15±0,76 ^{aA}	84,61±1,16 ^{bA}
	Menos chuvoso	75,15±1,07 ^{aA}	85,20±0,55 ^{bA}
Índice de Temperatura de Globo e Umidade	Mais chuvoso	74,11±1,09 ^{aA}	88,66±3,78 ^{bA}
	Transição	74,79±1,27 ^{aA}	87,65±3,76 ^{bA}
	Menos chuvoso	74,46±1,37 ^{aA}	92,06±2,74 ^{bB}
Índice de Condições Climáticas de Conforto de Búfalas geral	Mais chuvoso	19,46±0,75 ^{aA}	29,39±2,78 ^{bA}
	Transição	19,72±0,61 ^{aA}	28,78±1,78 ^{bA}
	Menos chuvoso	19,96±0,63 ^{aA}	32,19±1,23 ^{bB}
Índice de Condições Climáticas de Conforto de Búfalas efetivo	Mais chuvoso	21,24±0,75 ^{aA}	31,01±2,75 ^{bA}
	Transição	21,50±0,60 ^{aA}	30,42±1,70 ^{bA}
	Menos chuvoso	21,70±0,64 ^{aA}	33,73±1,20 ^{bB}
Índice de Condições Climáticas de Conforto de Búfalas prático	Mais chuvoso	30,84±0,68 ^{aA}	37,77±2,14 ^{bA}
	Transição	30,87±0,48 ^{aA}	37,75±0,83 ^{bA}
	Menos chuvoso	30,90±0,66 ^{aA}	39,26±0,57 ^{bB}

^{A,B} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna de cada variável climática e índice, são diferentes ($P<0,05$).

^{ab} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes ($P<0,05$).

Tabela 3. Valores médios e desvio padrão de índices indicadores de conforto fisiológico, pela manhã e à tarde, nos três períodos do ano.

Índices	Período	Turno	
		Manhã	Tarde
Índice de Ibéria	Mais chuvoso	94,42±6,47 ^{aA}	83,80±15,54 ^{bA}
	Transição	94,78±3,95 ^{aA}	87,94±16,76 ^{aA}
	Menos chuvoso	92,08±4,63 ^{aA}	85,31±11,95 ^{bA}
Índice de Benezra	Mais chuvoso	1,87±0,26 ^{aA}	3,17±1,26 ^{bA}
	Transição	1,84±0,23 ^{aA}	2,76±0,97 ^{bAB}
	Menos chuvoso	1,88±0,31 ^{aA}	2,57±0,75 ^{bB}
Índice de Conforto Ambiental para Búfalas geral	Mais chuvoso	29,04±1,79 ^{aA}	38,04±6,35 ^{bA}
	Transição	28,04±1,56 ^{aA}	36,22±4,87 ^{bA}
	Menos chuvoso	28,46±1,98 ^{aA}	35,86±3,61 ^{bA}
Índice de Conforto Ambiental para Búfalas efetivo	Mais chuvoso	29,03±1,80 ^{aA}	38,13±6,47 ^{bA}
	Transição	28,02±1,57 ^{aA}	36,28±4,96 ^{bA}
	Menos chuvoso	28,44±2,00 ^{aA}	35,89±3,67 ^{bA}
Índice de Conforto Ambiental para Búfalas prático	Mais chuvoso	24,21±5,26 ^{aA}	50,39±25,54 ^{bA}
	Transição	23,41±4,77 ^{aA}	42,17±19,64 ^{bAB}
	Menos chuvoso	24,23±6,24 ^{aA}	38,20±15,16 ^{bB}

^{A,B} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna de cada variável climática e índice, são diferentes ($P<0,05$).

^{ab} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes ($P<0,05$).

Tabela 4. Correlação entre índices indicadores de estresse térmico e as variáveis fisiológicas de búfalas Murrah, criadas na Amazônia Oriental.

Índice	TR (°C)	TSC (°C)	FR (mov.min.)
Índice de Temperatura e Umidade	0.628**	0.941**	0.779**
Índice de Temperatura de Globo e Umidade	0,597**	0,689**	0,933**
Índice de Condições Climáticas de Conforto de Búfalas geral	0.581**	0.914**	0.412**
Índice de Condições Climáticas de Conforto de Búfalas efetivo	0.580**	0.915**	0.414**
Índice de Condições Climáticas de Conforto de Búfalas prático	0.575**	0.918**	0.427**
Índice de conforto de Benezra	0.168**	0.487**	0.999**
Índice de tolerância ao calor de Ibéria	-1.000**	-0.503**	-0.119
Índice de Conforto Ambiental para Búfalas geral	0.449**	0.969**	0.670**
Índice de Conforto Ambiental para Búfalas efetivo	0.448**	0.967**	0.675**
Índice de Conforto Ambiental para Búfalas prático	0.458**	0.971**	0.663**

TR – Temperatura retal; TSC – Temperatura da superfície corporal; FR – Frequência respiratória. ** - $p < 1\%$

Tabela 5. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) das variáveis fisiológicas de búfalas Murrah/Mediterrâneo, criadas na Amazônia Oriental, pela manhã e à tarde, nos três períodos do ano.

Variável fisiológica	Período	CV (%)		
		Manhã	Tarde	CV (%)
Temperatura retal (°C)	Mais chuvoso	38,64±0,36 ^{aA}	39,23±0,86 ^{bA}	1,65
	Transição	38,62±0,22 ^{aA}	39,00±0,93 ^{bA}	1,23
	Menos chuvoso	38,77±0,70 ^{aA}	39,15±0,66 ^{bA}	1,18
Frequência respiratória (mov.min ⁻¹ .)	Mais chuvoso	19,95±5,94 ^{aA}	49,40±8,75 ^{bA}	45,68
	Transição	19,05±5,39 ^{aA}	40,16±2,15 ^{bB}	40,55
	Menos chuvoso	19,94±7,04 ^{aA}	35,66±7,08 ^{aB}	37,2
Temperatura da superfície corporal (°C)	Mais chuvoso	30,46±1,34 ^{aA}	34,46±2,07 ^{bA}	3,19
	Transição	29,55±1,33 ^{aA}	34,30±1,72 ^{bA}	4,16
	Menos chuvoso	29,84±1,41 ^{aA}	34,82±1,23 ^{bA}	4,05

^{A,B} Médias dos períodos, dentro de cada turno, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna de cada variável fisiológica, são diferentes ($P < 0,05$). ^{ab} Médias dos turnos, dentro de cada período, seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha são diferentes ($P < 0,05$).

4. ARTIGO 2: TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO NA AVALIAÇÃO DAS REAÇÕES TERMORREGULADORAS DE BÚFALAS, EM AMBIENTE DE TRÓPICO ÚMIDO*

*Esse artigo foi escrito nas normas da “Revista Brasileira de Zootecnia” a qual foi submetido

Carolina Carvalho Brcko⁽¹⁾, Jamile Andréa Rodrigues da Silva^{(2)*}, Lucieta Guerreiro Martorano⁽³⁾, Reíssa Alves Vilela⁽⁴⁾, Benjamim de Sousa Nahúm⁽³⁾, André Guimarães Maciel e Silva⁽⁵⁾, Antônio Vinicius Barbosa⁽²⁾ e José de Brito Lourenço Júnior⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Federal Institute of Pará – IFPA. BR 316, Km 61 - Saudade II - Cristo Redentor, CEP 68740-970, Castanhal, PA, Brazil. E-mail: carolbrcko@gmail.com

⁽²⁾ Federal Rural University of the Amazon – UFRA. Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, CEP 66077-901. Belém, PA, Brazil. E-mail: jatileandrea@yahoo.com.br, profvinibarbo@yahoo.com.br.

⁽³⁾ Embrapa Amazônia Oriental - Travessa Doutor Enéas Pinheiro, s/n - Marco, CEP 66095-903. Belém, PA, Brazil. E-mail: lucieta.martorano@embrapa.br; benjamim.nahum@embrapa.br

⁽⁴⁾ Universidade Unidas do Vale do Araguaia-UNIVAR. R. Moreira Cabral, 1000, CEP 78600-000 - Setor Mariano, Barra do Garças, MT. E-mail:

⁽⁵⁾ Federal University of Pará – UFPA. Rua Augusto Corrêa, 01, Campus Universitário do Guamá, CEP 66075-110. Belém, PA, Brazil. E-mail: andregms@gmail.com; jamaral@veterinario.med.br; joselourencojr@yahoo.com.br

RESUMO- Foram avaliadas as respostas termorregulatórias de búfalas criadas em clima quente e úmido, em função da variação temporal e do ambiente térmico, utilizando a termografia de infravermelho. O experimento foi conduzido na Embrapa Amazônia Oriental (01°26'S e 48°24'W), Belém-PA. Utilizou-se 24 fêmeas bubalinas mestiças Murrah/Mediterrâneo, com idade e peso médio iniciais de 54±7 meses e 503,1±23 kg, respectivamente, alimentadas exclusivamente à pasto e submetidas ao sol ao longo do dia em área aberta, sendo recolhidos ao curral, com posterior contenção às 6h00, 9h00, 12h00, 15h00, 18h00 e 21h00, para realização das mensurações da temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e temperatura da superfície corporal por termografia infravermelha (TIV). Também foram registrados dados de temperatura do ar (TA), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (VV), radiação solar (RS) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Houve efeito quadrático da TA, UR, RS, ITU, FR e TR (P<0,01) em função do horário de avaliação. Entre 12h00 e 15h00, a TA, RS, ITU, FR e TR apresentaram os maiores valores, enquanto que a UR apresentou os menores valores (P<0,05). A VV foi maior de 12h00 às 21h00. Houve diferença da FR e TR entre os horários do dia, onde às 12h00 e 15h00, os valores foram mais elevados (P<0,05). As TIV apresentaram efeito quadrático em função dos horários do dia, onde tiveram os níveis

máximos de 12h00 às 18h00, com redução às 21h00. Todas as TIV estão correlacionadas às variáveis fisiológicas FR e TR, exceto a TIV do costado, que não se correlaciona com a TR. As TIV do olho e bochecha têm correlação com a TR ($P<0,01$) e com a FR ($P<0,05$). As respostas termorreguladoras das búfalas foram maiores nos horários onde TA e RS apresentaram valores mais elevados, entretanto, com a redução da carga térmica, os animais apresentaram mecanismos adaptativos. O uso da termografia infravermelha permitiu precisão na determinação da temperatura de superfície corporal de búfalos e sua associação com a termorregulação, sendo as TIV do olho e da bochecha as mais precisas, por estarem mais correlacionadas à TR dos animais.

Palavras chave: calor, clima, termorregulação, búfalos, imagens

INFRARED THERMOGRAPHY TO ASSESS THERMOREGULATORY REACTIONS OF FEMALE BUFFALOES IN A HUMID TROPICAL ENVIRONMENT

ABSTRACT - This study employed infrared thermography to assess the thermoregulatory responses of female buffaloes reared in a hot and humid climate as a function of variations in time and the thermal environment. The trial was carried out at Embrapa Eastern Amazon (01°26'S and 48°24'W) in the city of Belém, PA, Brazil. 24 female crossbred Murrah/Mediterranean buffaloes whose mean initial weight and age were 54 ± 7 months and 503.1 ± 23 kg, respectively, fed exclusively on pasture and exposed to the sun throughout the day in an open area were used. The animals were taken back to the corral at 6 A.M., 9 A.M., 12 P.M., 3 P.M., 6 P.M., and 9 P.M. for measurements of rectal temperature (RT), respiratory rate (RR), and body surface temperature (BST) using infrared thermography (IRT). Data on air temperature (AT), relative air humidity (RH), wind velocity (WV), solar radiation (SR), and temperature and humidity index (THI) were also recorded. A quadratic effect of AT, RH, SR, THI, RR, and RT ($P<0.01$) was found as a function of the time of measurement. Between 12 P.M. and 3 P.M., AT, SR, THI, RR, and RT values were the highest, while RH values were the lowest ($P<0.05$). WV was the highest between 12 P.M. and 9 P.M. A difference was found in RR and RT among the times of the day, with the highest values at 12 P.M. and 3 P.M. ($P<0.05$). The IRTs have a quadratic effect as a function of the times of the day, with the highest levels between 12 P.M. and 6 P.M. and a reduction at 9 P.M. All IRTs are correlated with the

physiological variables RR and RT, except for the IRT of the side of the back, which is not correlated with RT. The IRTs of the eye and cheek are correlated with RT ($P < 0.01$) and with RR ($P < 0.05$). The thermoregulatory responses of the females buffaloes were the greatest at the times when AT and SR were the highest, however, as the thermal load decreased, the animals showed adaptative mechanisms. The use of infrared thermography provided precision in determining the body surface temperature of buffaloes and its association with thermoregulation. The IRTs of the eye and cheek were the most precise since they are best correlated with the animals' RT.

Keywords: heat, climate, thermoregulation, buffaloes, images

INTRODUÇÃO

O búfalo (*Bubalus bubalis*) foi introduzido no Brasil em 1895, na ilha de Marajó, Pará, e possui rebanho estimado em torno de 1,47 milhões de cabeças, onde a região Norte é a de maior concentração, com 772,8 mil cabeças, ou 52,5% do rebanho nacional, seguido das regiões Nordeste e Sudeste, com 418,4 e 149,4 mil cabeças, respectivamente (Brasil, 2014).

O búfalo é conhecido pela sua rusticidade a ambientes adversos, apresentando-se como uma opção para o aproveitamento de áreas da propriedade às quais os bovinos não se adaptam (Damasceno et al., 2010). Entretanto, a dificuldade de liberação de calor corporal por esses animais, em condições de elevadas temperatura e umidade, pode refletir negativamente no desempenho produtivo e reprodutivo (Garcia, 2013). Bubalinos em condições quentes aumentam o volume de sangue e o fluxo na superfície da pele para mantê-la em temperatura mais elevada para facilitar a dissipação de calor por condução, quando estão na lama ou na água (Oliveira et al., 2014).

O uso da termografia infravermelha é uma alternativa para se avaliar a temperatura da superfície corporal dos animais, pois com ela, pode-se obter a irradiação de calor no espectro infravermelho, sem que haja interferência no comportamento animal (Ludwig et al., 2007). Assim, essa técnica traz inovação, pois pode ser utilizada sem que ocorra interação direta com o animal, sendo considerada uma ferramenta não invasiva.

Dessa forma, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar as respostas termorregulatórias de búfalas criadas em clima quente e úmido, da Amazônia Oriental, em função da variação do tempo e do ambiente térmico, e mapear, com o uso da termografia, a temperatura da superfície corporal de búfalos para encontrar a área com

maior associação com a temperatura retal, para auxiliar nos estudos de bioclimatologia animal.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio experimental foi realizado na Embrapa Amazônia Oriental (01°26'S e 48°24'W), Belém-PA. A área de estudo apresenta condições climáticas típicas de clima Af₂, conforme classificação de Köppen, adaptada por Martorano et al. (1993), com precipitação pluvial média de 3.001,3 mm ao ano e período mais chuvoso, de janeiro a junho, e menos chuvoso, de julho a dezembro. A temperatura média anual é de 26,5°C, com mensais máximas entre 30,9 e 32,8 °C, a umidade relativa do ar é em torno de 84% e insolação anual é de 2.586 horas (Pachêco et al. 2009).

Foram utilizadas 24 búfalas mestiças Murrah/Mediterrâneo (*Bubalus bubalis bubalis*), com idade e peso médio iniciais de 54±7 meses e 503,1±23 kg, respectivamente, não gestantes, não lactantes e clinicamente saudáveis, selecionadas pelo escore corporal a fim de atingir maior uniformidade. Os animais ficaram em piquetes com área de 1 ha com capim *Brachiaria brizantha* (CV. Marandu) em sistema rotacionado, sem acesso à sombra ou lagos, e com acesso à bebedouros e sal mineral à vontade.

O experimento teve duração de 6 dias consecutivos. As búfalas foram submetidas à pesagem antes e após o experimento. Esta informação foi usada para o cálculo do armazenamento de calor e posteriormente para o cálculo do calor acumulado seguindo as recomendações descritas por McGovern e Bruce (2000).

Cálculo do armazenamento de calor

$$\Delta TR = (3600 \cdot C_{arm} \cdot A) / (P_v \cdot C_b) \text{ onde:}$$

ΔTR - Diferença entre a temperatura retal;

C_{arm} - Calor armazenado (W.m⁻²);

A - Superfície do animal (m²) calculada a partir da equação: $A = 0,13 \cdot P_v^{0,556}$;

P_v - Massa corporal (kg);

C_b - calor específico do animal (3,4 KJ. Kg⁻¹. °K⁻¹)

Cerca de trinta minutos antes das coletas, os animais foram manejados para o curral, localizado a aproximadamente 300 metros do piquete, com posterior contenção nos horários 6h00, 9h00, 12h00, 15h00, 18h00 e 21h00, para a realização das mensurações das variáveis fisiológicas temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e temperaturas da superfície corporal medidas por termografia infravermelha (TIV).

Para obtenção da TR, foi utilizado um termômetro clínico veterinário, com resultado da leitura expresso em graus Celsius, inserido à 5 cm no reto dos animais, por 1 minuto. A FR foi obtida por inspeção e contagem dos movimentos torácico-abdominais, durante 1 min, com a ajuda de um cronômetro. A entrada dos animais no tronco de contenção se deu de forma aleatória.

As TIV foram obtidas por meio de uma câmera termográfica FLIR T - series E30 com calibração automática, e determinada pela média das temperaturas de duas áreas delimitadas na imagem por marcadores. Todas as imagens foram realizadas do lado direito do animal, de modo a obter a real flutuação da TIV, evitando que os processos digestivos ocorridos no rúmen tenham participação no aumento da temperatura superficial. Cada termograma gerado foi gravado em cartão de memória e posteriormente analisado pelo software FLIR Tools, em que foram obtidas as temperaturas médias de cada região de estudo, considerando-se a emissividade de 0,98. Foram feitas imagens de 5 áreas sendo elas: costado, inserção da cauda, olho, bochecha e boleto traseiro. Foram coletadas aproximadamente 2.592 imagens termográficas durante os dias de coleta. Desse total, aquelas que não apresentavam nitidez necessária para a análise no software foram excluídas.

Foram registrados dados das variáveis climáticas temperatura do ar (TA, °C) e umidade relativa do ar (UR, %), com auxílio de um HOBO® data logger, modelo U12 – 012 (Onset, Brasil), instalado no local experimental. Para aferição da velocidade do vento (VV, m/s) foi utilizado um termo-anemômetro digital portátil, modelo TAD – 800 (Instrutherm, São Paulo, Brasil). A radiação solar (RS, MJ m⁻²) foi obtida da estação meteorológica do INMET, localizada a 3,5 km do local experimental. As leituras das variáveis ambientais foram realizadas ao longo do dia, nos mesmos horários da mensuração das variáveis fisiológicas. A partir dos valores de variáveis ambientais, foi calculado o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), proposto por Thom (1959), através da fórmula $ITU = tbs + 0,36 \cdot tpo + 41,5$, onde: tbs = Temperatura de bulbo seco (°C), tpo = Temperatura do ponto de orvalho (°C).

A análise da regressão polinomial linear e quadrática foi realizada utilizando-se o programa SAS 9.1 para as variáveis agrometeorológicas (TA, UR, VV, RS e ITU), variáveis fisiológicas (TR, FR e TIV) e horas do dia (6h00, 9h00, 12h00, 15h00, 18h00 e 21h00), adotando a correlação de Pearson e análise dos p-valores das equações. Para o teste de médias utilizou-se o teste de Tuckey (5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de regressão para as variáveis climáticas está apresentado na Tabela 1. Observa-se que houve interação entre variáveis climáticas e os horários do dia. Os valores médios, máximos e mínimos, de observações (N), desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) das variáveis climáticas estão apresentados na Tabela 2. Durante o dia existem momentos mais ou menos favoráveis ao conforto térmico dos animais, e esse processo é mediado pelo balanço de radiação, ou seja, pela contabilização entre o recebimento e devolução de radiação. Além disso, ao longo do dia, a variação da temperatura (TA) e umidade relativa do ar também proporcionam maior ou menor desconforto térmico ao animal (Silva et. al., 2011a).

A TA é o fator climático com maior influência sobre o ambiente físico, pois afeta os mecanismos reguladores térmicos, energéticos, hormonais e de consumo de água dos animais domésticos, o que reflete no crescimento, reprodução, produção e imunidade (BACCARI JÚNIOR, 2001). A análise de regressão associada à TA em função do horário de avaliação, apresentou modelo quadrático ($P < 0,01$) (Figura 1). Derivando a equação, encontrou-se o maior valor para a TA às 13h42, de 32,9°C, demonstrando que nesse horário, o clima mais quente poderia desfavorecer o conforto térmico dos animais. Em condições de elevadas temperaturas e umidade relativa do ar, os animais dissipam calor e modificam os valores de variáveis fisiológicas (Rocha et al., 2012).

Os efeitos da TA estão intimamente ligados e dependentes do nível de umidade relativa do ar (UR) (Silva, 2000). Esse fator climático mede a relação entre a quantidade de vapor existente no ambiente e que existiria se o mesmo estivesse saturado, na mesma temperatura (Pereira, 2005). Quanto mais elevada a TA, maior é a capacidade do ambiente em reter vapor d'água, devido a UR apresentar um curso diário inverso ao da TA (Rocha et al., 2012).

Na Figura 2 está apresentada a análise de regressão associada à UR, que revelou efeito quadrático ($P < 0,01$) em função do horário de avaliação. Observou-se que a UR tem efeito inverso ao da TA, apresentando menor valor às 13h27, de 64% ($P < 0,05$). Valores semelhantes de TA e UR foram encontrados por Silva et al. (2011b).

As médias das variáveis agrometeorológicas (TA, UR, RS, VV e ITU) estão na tabela 3. Os valores encontrados para TA e UR indicam que entre as 13h00 e 14h00 o ambiente térmico favorece o estresse calórico nos animais que precisam dissipar todo o calor excedente através de seus mecanismos de termorregulação. O maior valor da UR ocorreu às 6h00 ($P < 0,05$), que não diferiu dos horários de 18h00 e 21h00.

A radiação solar (RS) tem efeito direto sobre os animais que vivem em sistema tradicional de criação, sem acesso à sombra. Os bubalinos são particularmente susceptíveis à RS direta por absorverem uma grande quantidade de calor devido à coloração escura da epiderme e pelagem esparsas (Marai and Haezeb, 2010). A incidência direta da radiação sobre os animais é o fator que contribui para a elevação da temperatura da superfície corporal (TSC) além de contribuir para a elevação da TA. Na Figura 3 podemos observar que na análise de regressão, associada à RS, houve efeito quadrático em função dos horários de avaliação ($P < 0,01$). O valor máximo de radiação, derivando a equação, foi de 1639 MJ m^{-2} às 13h35. No decurso do dia, existem momentos mais ou menos favoráveis ao conforto térmico dos animais, e esse processo é mediado pelo balanço de radiação, ou seja, pela contabilização entre o recebimento e devolução de radiação, que é muito variável ao longo do dia e do ano, o que promove alterações diárias e anuais na TA (Silva et al., 2011a).

O equilíbrio térmico dos animais depende dos níveis de UR, em associação com a TA (Silva et al., 2011b), e o ITU representa bem essa associação, por ter em sua fórmula essas duas variáveis (Figura 4). No presente trabalho, o ITU apresentou efeito quadrático em função dos horários de avaliação ($P < 0,01$), com valor máximo de 84,44 às 13h50. Valores de ITU até 70 indicam ambiente não estressante, entre 71 e 78, crítico, entre 79 e 83, perigoso e acima de 83, condição de emergência (Neves, 2008). Observou-se que, às 9h00 da manhã (Tabela 3), com 73,9, o ITU já apresentava valor crítico para os animais. Entre 10h24 e 17h32, com ITU acima de 83, no entanto, as condições ambientais eram de emergência, indicando que os animais poderiam apresentar desconforto térmico acentuado, o que impõe a necessidade de uso de práticas de manejo no ambiente físico, como sombreamento natural ou artificial, como os sistemas silvipastoris, água e alimentos adequados, em quantidade e qualidade, além de bom manejo no rebanho, principalmente em regiões tropicais como a Amazônia (Silva et al., 2011b). Barros et al (2015), em Belém, Pará, observou valores de índices semelhantes aos relatados nesse trabalho de 77,7 pela manhã e 81,8 durante o turno da tarde.

O aumento da TA determina redução no gradiente térmico entre o animal e o ambiente, dificultando a dissipação do calor metabólico acumulado por via sensível. Nesse cenário, para manter o balanço térmico, a termólise passa a ser importante via para manter esse equilíbrio térmico. O resumo da análise de regressão para as variáveis fisiológicas FR e TA está apresentado na Tabela 4. Houve alterações das variáveis fisiológicas ao longo das horas do dia e na interação dia/hora.

Os valores médios, máximos e mínimos, de observações (N), desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) das variáveis fisiológicas estão apresentados na Tabela 5. A análise de regressão associada à FR revelou efeito ($P < 0,01$) em função dos horários do dia, apresentando modelo quadrático (Figura 6). Por derivação da equação obteve-se o horário 13h28, para maximização do FR, que chegaria a $36,08 \text{ mov.min}^{-1}$. A elevação dos valores de FR a partir de 12h00 às 15h00 está associada ao aumento da TA, RS. A FR é relevante na dissipação de calor endógeno de búfalos. Na Tabela 6 estão apresentadas as médias ajustadas por quadrados mínimos para variáveis fisiológicas (TR, FR e Calor acumulado) de búfalas, nos diferentes horários do dia. Houve diferença da FR entre os horários do dia, onde às 12h00 e 15h00, apresentou valores mais elevados ($P < 0,05$). Na avaliação dos dados médios, nos horários de 6h00, 9h00, 18h00 e 21h00, os valores observados estão dentro da faixa de variação normal para búfalos, de 18 a 30 mov.min^{-1} (Shafie, 2000). Por outro lado, os valores observados às 12h00 e 15h00, suplantaram os indicados para situações de termoneutralidade da espécie bubalina, o que já era esperado, uma vez que a combinação dos elementos climáticos ocasionou maior grau de desconforto aos animais, elevando a FR, a fim de manter a temperatura corporal, em níveis normais.

Segundo Alam et al. (2010), a estimulação térmica nos termorreceptores periféricos desencadeia o início da termólise evaporativa por meio da polipnéia térmica. Nesse sentido, houve calor acumulado pelos animais ao longo do dia, devido ao ganho de calor por radiação e conseqüente incremento da TR, mesmo ocorrendo as perdas de calor por convecção e por via latente. A partir do momento que houve redução da TR, houve o restabelecimento do equilíbrio térmico, pois os animais utilizaram, de forma eficaz, a termólise sensível e latente. Tendência semelhante foi observada por Vilela (2013).

Na presente pesquisa verificou-se uma elevação gradual da FR até às 13h00, com uma elevação de $18,69 \text{ mov.min}^{-1}$ às 6h00, passando para $27,08 \text{ mov.min}^{-1}$ às 9h00 e alcançando valores médios de $41,04 \text{ mov.min}^{-1}$, às 12h00, quando o ITU estava 85,30, demonstrando estado de emergência. Valores semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2010).

A temperatura corporal é determinada pela diferença entre energia térmica produzida mais a recebida pelo organismo animal e a energia térmica dissipada destes para o ambiente. Houve diferença significativa ($P < 0,05$) da TR entre os horários do dia, onde às 15h00 observou-se o valor mais elevado ($39,01^\circ\text{C}$), quando o ITU indicava estado de emergência (85,30). A análise de coeficiente de regressão associada à TR diferiu

($P < 0,01$) entre os horários de avaliação, apresentando modelo quadrático, conforme pode ser observado na Figura 7. Por derivação da equação obteve-se o horário 15h05, para maximização do TR, que chegaria a 38,63°C.

Observa-se que, mesmo nos horários de TA mais amena, os valores de TR estão fora da faixa de variação normal para bubalinos, de 37,4 a 37,9°C (Shafie, 2000). Por possuírem a pele bastante pigmentada e baixa densidade de pelos, os búfalos, ao serem expostos à radiação solar, a energia radiante é absorvida e transmitida com um fluxo de calor no sentido centrípeto. Às 15h00, com ITU de 85,30 e RS de 2443,1 MJ m⁻², os animais apresentaram TR bastante elevada (39,01°C), indicando que os mecanismos de liberação de calor se tornaram insuficientes para manter a homeotermia (ROBINSON, 2004). Posteriormente, com a redução da TA, observou-se alteração do fluxo de calor no sentido centrífugo, com maior inércia térmica para dissipação de calor, onde ocorreu decréscimo da TR entre 18h00 e 21h00, conseguindo restabelecer o equilíbrio térmico. Esses dados estão de acordo com os observados por Vilela (2013).

No decorrer do dia, o ganho de calor por radiação influenciou o calor acumulado pelo animal e conseqüentemente em um incremento na TR (Figura 8) mesmo com as perdas de calor por convecção e pela via latente. A partir do momento que houve redução na TR os animais conseguiram restabelecer o equilíbrio térmico por utilizarem eficazmente tanto as vias de termólise sensível como latente. Resultados semelhantes forma encontrados por Vilela (2013).

As áreas trabalhadas com termografia em infravermelho estão representadas na figura 9. Com relação às temperaturas de superfície corporal avaliada com termografia infravermelha, as médias ajustadas por quadrados mínimos das áreas avaliadas nas búfalas estão apresentadas na Tabela 7. Houve diferença significativa dos pontos avaliados de todas as TIF avaliadas entre os horários de coleta, onde os maiores valores foram encontrados às 15h00, não se diferenciando significativamente de 12h00 e 18h00. Esse resultado pode ter ocorrido, provavelmente, pelos animais estarem mais propensos ao acúmulo de calor, devido aos efeitos do ambiente, com maiores valores de TA (34,14 e 32,61°C), RS (1532,6 e 2443,1 MJ m⁻²) e ITU (85,30 e 84,53) nos horários de 12h00 e 18h00, respectivamente e, sob essas condições, há um aumento do fluxo sanguíneo do núcleo central para a periferia corporal, na tentativa de eliminar calor corporal, o que contribui para a elevação da temperatura da superfície corporal, de acordo com Silva et al. (2011a).

As TIV apresentaram análise de regressão com efeito quadrático em função dos horários do dia (Tabela 8). Ao longo do dia, as TIV tiveram os níveis máximos de 12h00 às 18h00, com redução às 21h00. Estes resultados, provavelmente, ocorreram devido à maior intensidade de radiação solar nesses horários. Por derivação das equações obteve-se o horário 13h50, para maximização da TIV do olho, que chegaria a 36,49 °C; 13h51, para maximização da TIV da bochecha, que chegaria a 36,6 °C; 13h51, para maximização do a TIV do costado, que chegaria a 38,71°C; 14h23, para maximização da TIV do boleto, que chegaria a 37,01 °C e 13h54, para maximização da TIV da cauda, que chegaria a 33,81 °C.

A correlação entre as TIV e as variáveis fisiológicas FR e TR pode indicar a eficácia dessas variáveis, como indicadoras de estresse térmico (Tabela 9). Todas as TIV estão correlacionadas às variáveis fisiológicas FR e TR, exceto a TIV do costado, que não se correlaciona com a TR, embora tenha correlação ($P < 0,01$) com a FR. As TIV do olho e bochecha têm correlação com a TR ($P < 0,01$) e com a FR ($P < 0,05$).

Por outro lado, as TIV da cauda e do boleto têm correlação ($P < 0,05$) com a FR e TR. Esses resultados apontam as TIV do olho e da bochecha como as mais indicadas para avaliar estados de estresse térmico em búfalos, pois estão mais correlacionadas com a TR, que é um indicador de equilíbrio térmico e é utilizada para avaliar a adversidade do ambiente térmico (Silanikove, 2000).

CONCLUSÃO

Os mecanismos de dissipação de calor de búfalos são eficientes pois, mesmo submetidos a condições climáticas desencadeadores de estresse térmico, foram capazes de retornar a sua homeotermia à medida que as variáveis ambientais ficaram mais amenas.

O uso da termografia infravermelha permitiu precisão na determinação da temperatura de superfície corporal de búfalos e sua associação com a termorregulação, sendo a temperatura do olho e da bochecha as mais indicadas para a determinação de estresse térmico, por estarem mais correlacionadas à temperatura retal dos animais.

REFERÊNCIAS

- Alam, M. R.; Gregory, N. G.; Uddin, M. S.; Jabbar, M. A.; Silva-Fletcher, A.; Kempson, A. G. C.; Saifuddin, A. K. M. 2010. Frequency of heat stress in cattle and water buffalo at livestock markets in Bangladesh. *Journal of Commonwealth Veterinary Association* 26(1):13-17.
- Baccari Júnior, F. 2001. Manejo ambiental de vacas leiteiras em clima quente. Londrina: UEL, 110 p.
- Barros, D. V.; Silva, L. K.; Lourenço Júnior, J. B.; Silva, A. O.; Silva, A. G.; Franco, I. M.; Oliveira, C. M.; Tholon, P.; Martorano, L. G.; Garcia, A. R. 2015. Evaluation of thermal comfort, physiological, hematological, and seminal features of buffalo bulls in an artificial insemination station in a tropical environment. *Tropical Animal Health And Production* 47(5):805-813.
- Damasceno, F. A.; Viana, J. M.; Tinoco, I. F. F.; Gomes, R. C. C.; Schiassi, L. 2010. Adaptação de bubalinos ao ambiente tropical. *Revista Eletrônica Nutritime* 7:1370-1381.
- Garcia, A.R. 2013. Conforto térmico na reprodução de bubalinos criados em condições tropicais. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 37(2):121-130.
- Ludwig, N.; Gargano, M.; Luzi, F.; Carezzi, C.; Verga, M. 2007. Technical note: Applicability of infrared thermography as non-invasive measurements of stress in rabbit. *World Rabbit Science* 15:199-206.
- Marai, I. F. M.; Haezeb, A. A. M. 2010. Buffalo's biological functions as affected by heat stress – a review. *Livestock Science* 127:89-109.
- Martorano, L. G.; Pereira, L. C.; César, E. G. M.; Pereira, I. C. B. Estudos climáticos do estado do Pará, classificação climática (köppen) e deficiência hídrica (thornthwhite, mather).1993. BELÉM: SUDAM/EMBRAPA/SNLCS. 53 p.
- McGovern, R. E.; Bruce, J. M. A. 2000. Model of thermal balance for cattle in hot conditions. *Journal of Agriculture And Engineering* 77(1):81-92.
- Brasil. Ministério da Agricultura. Dados de rebanho bovinos e bubalinos do Brasil, 2014. disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/dados%20de%20rebanho%20bovino%20e%20bubalino%20do%20Brasil%202014.pdf acesso em: 01/10/2015.
- Oliveira, J. P. F.; Rangel, A. H. N.; Barreto, M. L. J.; Lima Júnior, D. M.; Urbano, S. A.; Aureliano, I. P. L. 2014. Adaptabilidade de fêmeas bubalinas em sala de ordenha sob condições ambientais do agreste do Rio Grande do Norte, Brasil. *Comunicata Scientiae* 5(2):148-154.
- Pachêco, N. A.; Santiago, A. V.; Bastos, T. X.; Cordeiro, A. H. F. 2009. Boletim agrometeorológico de 2009 para Belém, PA. documentos, 371. Embrapa Amazônia Oriental, Belém.
- Pereira, J. C. C. Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal. 2005. Belo horizonte: FEPMVZ, 195 p.

Robinson, N. E. 2004. Homeostase – Termorregulação. p. 550-560. In: Cunningham jg. Tratado de fisiologia veterinária. 3ed. Rio de Janeiro.

Rocha, D. R.; Salles, M. G. F.; Moura, A. A. A. N.; Araújo, A. A. 2012. Índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras no período chuvoso e seco no Ceará. Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais 10(4):335-343.

Shafie, M. M. 2000. Physiology responses and adaptation of water buffalo. p.260-270 In: yousef, m.k. Stress physiology. 2ed. Livestock.

Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. Livestock Production Science 67(1):1-18.

Silva, R.G. 2000. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: nobel, 286 p.

Silva, J. A. R.; Alencar, A. A.; Lourenço Junior, J. B.; Viana, R. B.; Santos, N. F. A.; Garcia, A. R. 2011a. Perfil hematológico de búfalas da raça murreh, criadas ao sol e à sombra, em clima tropical da Amazônia oriental. Acta Amazonica 41:425-430.

Silva, J. A. R.; Araújo, A. A.; Lourenço Júnior, J. B.; Santos, N. F. A.; Garcia, A. R.; Nahúm, B. S. 2011. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia oriental. Pesquisa Agropecuária Brasileira 46:1364-1371.

Silva, E. M. N.; Souza, B. B.; Silva, G. A.; Alcântara, M. D. B.; Cunha, M. G. G.; Marques, B. A. A. 2010. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. Caatinga 23(3):142-148.

Statistical Analysis System – SAS (2003) SAS user's guide. version 6.08. San Diego: Statistical analysis system Institute.

Thom, E. C. The discomfort index. 1959. Weatherwise 12:57-59.

Vilela, R. A. 2013. Efeito do ambiente térmico na fisiologia adaptativa de bubalinos. Tese (D.Sc.). Universidade de São Paulo, Pirassununga.

TABELAS

Tabela 1. Resumo das análises de regressão linear e quadrática (p-valores), ao nível de significância de 5%, para as variáveis agrometeorológicas observadas durante o período experimental, na Amazônia Oriental.

F.V.	GL	TA	UR	ITU	RA	VV
Intercepto	5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hora	5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hora*Hora	25	0,048	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

F.V.: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; TA: Temperatura do ar (°C); UR: Umidade relativa (%); ITU: Índice de Temperatura e Umidade; Ra: Radiação (KJ m⁻²); Vv: Velocidade do vento (m s⁻¹).

Tabela 2. Número de observações (N), média, desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV), mínima (Min.) e máxima (Max.), das variáveis agrometeorológicas, durante o período experimental, na Amazônia Oriental.

Variável	N	Média	DP	CV (%)	Min.	Max.
TA	858	29,26	3,74	12,78	23,14	37,28
UR	858	74,50	10,97	14,72	47,62	90,06
ITU	858	80,56	4,21	5,22	72,45	87,26
Ra	858	968,34	1013,52	102,76	-3,54	2844
Vv	858	0,97	0,81	83,50	0	2,5

TA: Temperatura do ar (°C); UR: Umidade relativa (%); ITU: Índice de Temperatura e Umidade; Ra: Radiação (KJ m⁻²); Vv: Velocidade do vento (m s⁻¹).

Figura 1 - Temperatura do ar observada às 6, 9, 12, 15, 18 e 21 horas, durante o período experimental, na Amazônia Oriental.

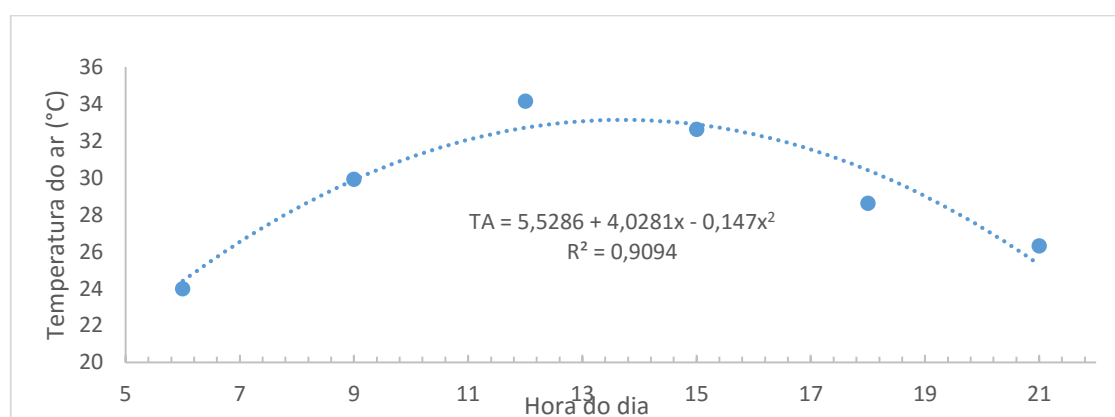


Tabela 3. Médias ajustadas das variáveis climáticas ao longo do dia, durante o período experimental, na Amazônia oriental.

Variável climática	Hora do dia					
	6h00	9h00	12h00	15h00	18h00	21h00
Temperatura do ar (°C)	23,98 ^d	29,91 ^b	34,14 ^a	32,61 ^a	28,62 ^b	26,31 ^c
Umidade relativa do ar (%)	86,68 ^a	73,91 ^b	58,21 ^d	66,93 ^{cd}	78,7 ^{ab}	82,66 ^{ab}
Radiação solar (MJ m ⁻²)	0,0 ^d	376,4 ^c	1532,6 ^b	2443,1 ^a	299,0 ^c	0,0 ^d
Velocidade do vento (m/s)	0,00 ^b	0,00 ^b	1,41 ^a	1,46 ^a	1,50 ^a	1,51 ^a
Índice de Temperatura e Umidade	73.91 ^d	81.83 ^b	85.30 ^a	84.53 ^a	80.52 ^b	77.30 ^c

^{a,b} Médias dos horários, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma linha, são diferentes (P<0,05).

Figura 2. Umidade relativa do ar observada às 6, 9, 12, 15, 18 e 21 horas, durante o período experimental, na Amazônia Oriental.

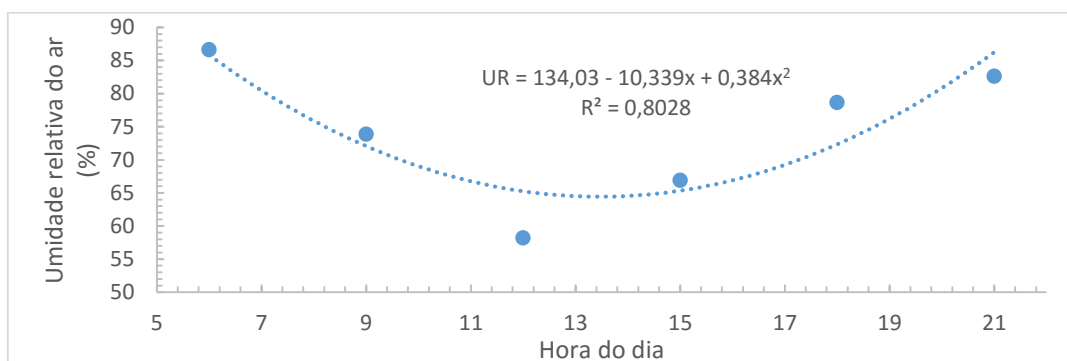


Figura 3. Radiação solar observada às 6, 9, 12, 15, 18 e 21 horas, durante o período experimental, na Amazônia Oriental.

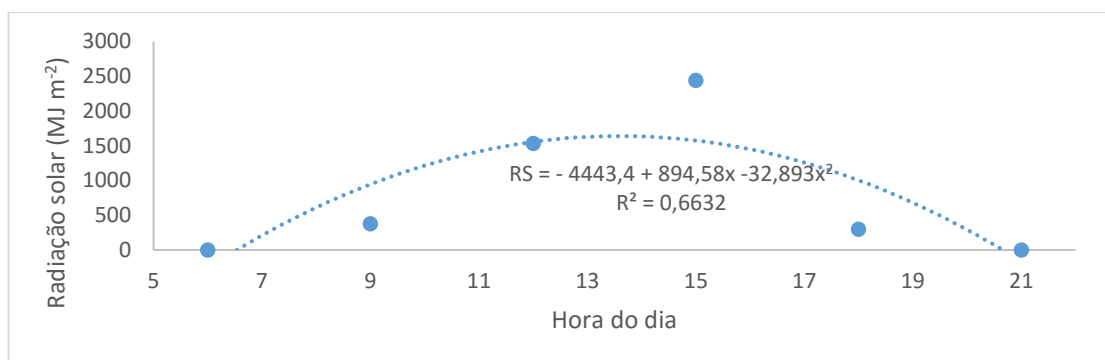


Figura 4. Velocidade do vento às 6, 9, 12, 15, 18 e 21 horas, durante o período experimental, na Amazônia Oriental.

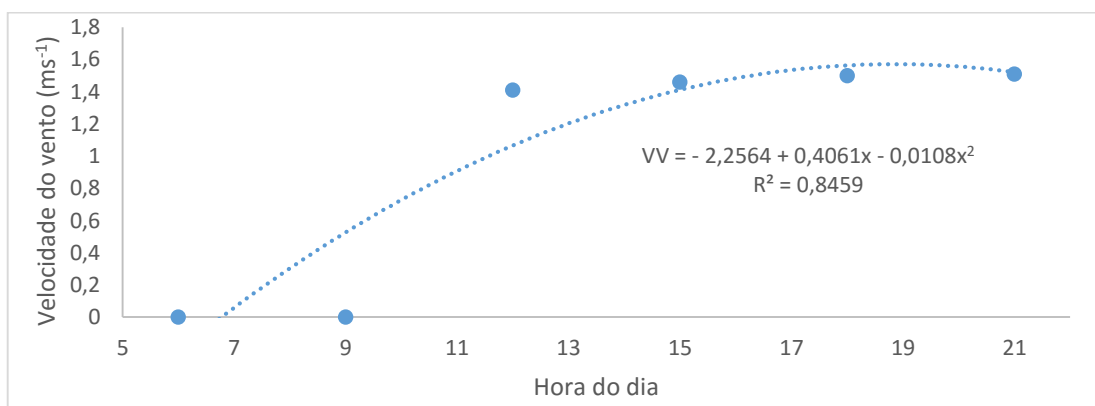


Figura 5. Índice de temperatura e Umidade às 6, 9, 12, 15, 18 e 21 horas, durante o período experimental, na Amazônia Oriental.

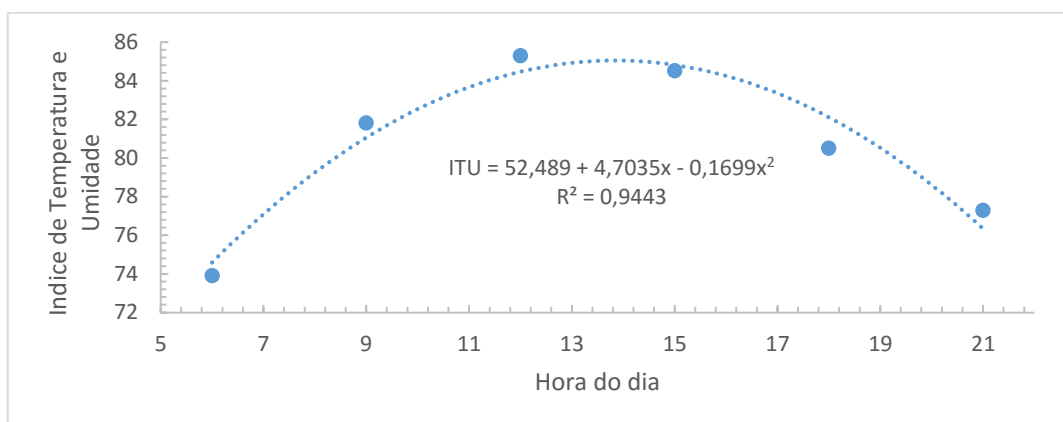


Tabela 4. Resumo das análises de regressão linear e quadrática (p-valores) para as variáveis fisiológicas de búfalas criadas nas condições climáticas da Amazônia Oriental.

F.V.	GL	FR	TR
Intercepto	5	<0,01	<0,01
Hora	5	<0,01	<0,01
Hora*Hora	25	<0,01	<0,01

F.V.: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; FR: Frequência respiratória (mov min^{-1}); TR: Temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$).

Tabela 5. Frequência respiratória de búfalas, observada às 6, 9, 12, 15, 18 e 21 horas, durante o período experimental, na Amazônia Oriental.

Variável	N	Média	DP	CV	Min.	Max.
FR	858	27,5	15,4	56,00	11	103
TR	858	38,8	0,48	1,24	30	40,7

FR: Frequência respiratória (mov min^{-1}); TR: Temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$).

Figura 6. Frequência respiratória de búfalas, observada às 6, 9, 12, 15, 18 e 21 horas, durante o período experimental, na Amazônia Oriental.

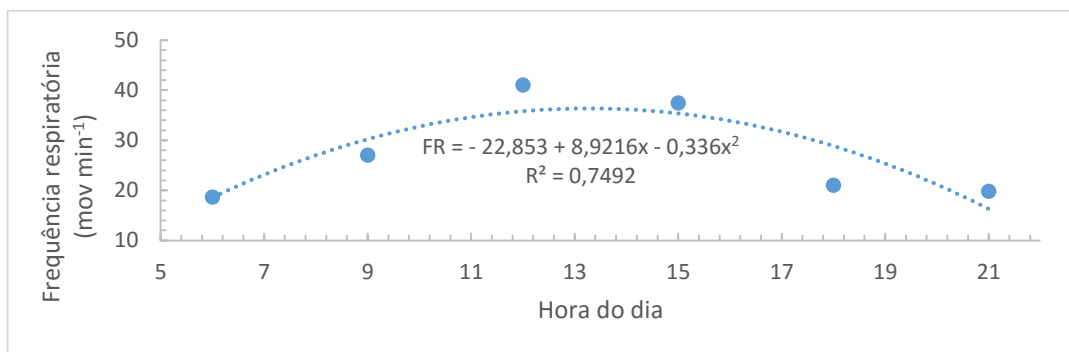


Figura 7. Temperatura retal de búfalas, observada às 6, 9, 12, 15, 18 e 21 horas do dia, durante o período experimental, na Amazônia Oriental.

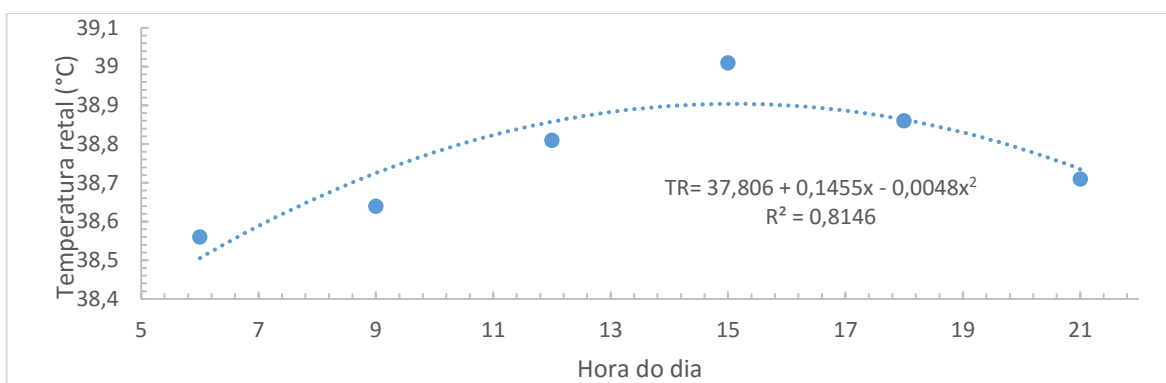


Figura 8. Dinâmica do equilíbrio térmico do animal ao longo do dia

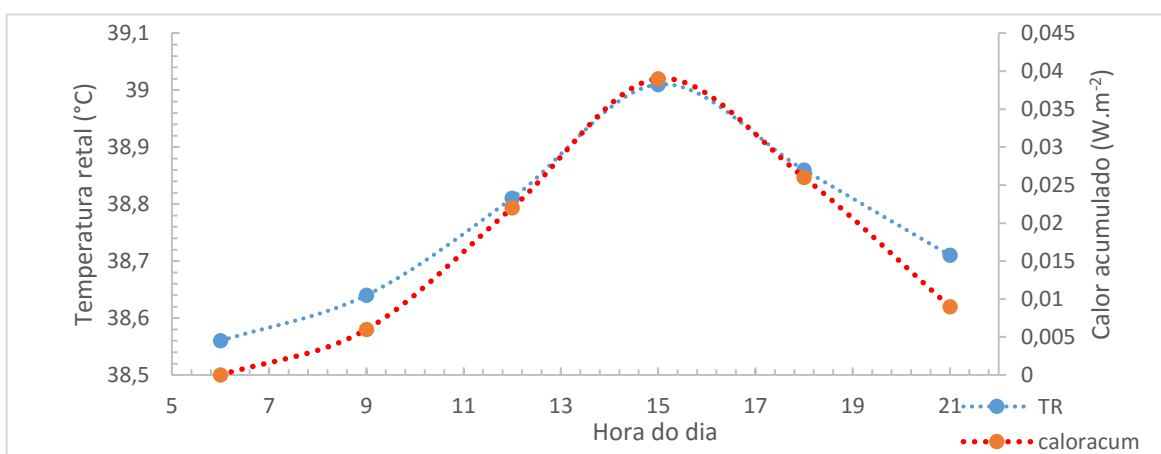
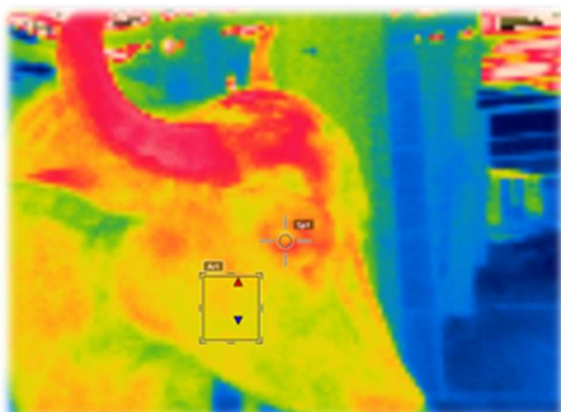
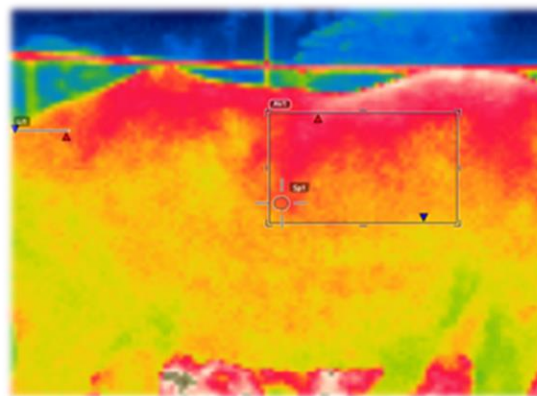


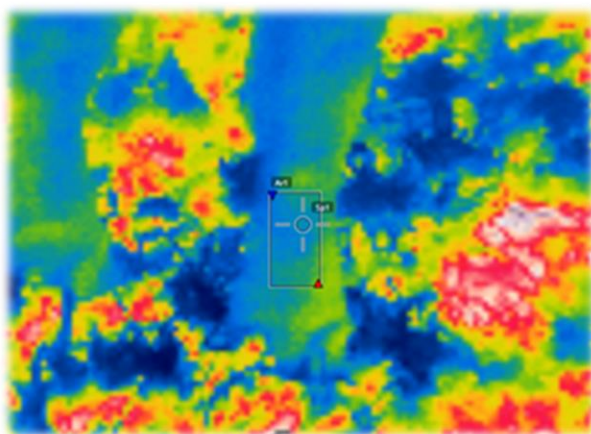
Figura 9. Imagens termográficas da região da bochecha, olho (a), costado, base da cauda (b) e boleto (c) de búfalas criadas na Amazônia Oriental



a) Bochecha e olho



b) Costado e base da cauda



c) Boleto

Tabela 6. Médias ajustadas das variáveis fisiológicas das búfalas, ao longo do dia, durante o período experimental, na Amazônia Oriental.

Variável fisiológica	Hora do dia					
	6h00	9h00	12h00	15h00	18h00	21h00
Frequência respiratória (Mov.min ⁻¹)	18,69 ^b	27,08 ^b	41,04 ^a	37,46 ^a	21,03 ^b	19,86 ^b
Temperatura retal (°C)	38,56 ^c	38,64 ^{bc}	38,81 ^{ab}	39,01 ^a	38,86 ^{ab}	38,71 ^b
Calor acumulado (W.m ⁻²)	0,000 ^d	0,006 ^{cd}	0,022 ^{abc}	0,039 ^a	0,026 ^{ab}	0,009 ^{cd}

^{a,b} Médias dos horários, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma linha, são diferentes (P<0,05).

Tabela 7. Médias ajustadas das áreas de temperatura da superfície corporal, em °C, avaliadas por termografia infravermelha, das búfalas, ao longo do dia.

Variável	Horário do dia					
	6h00	9h00	12h00	15h00	18h00	21h00
Temp. do olho	32,92 ^d	34,87 ^{bcd}	36,71 ^{ab}	37,59 ^a	35,80 ^{abc}	33,90 ^{cd}
Temp. da bochecha	33,38 ^c	35,03 ^{bc}	36,10 ^{ab}	37,03 ^a	35,77 ^{ab}	33,76 ^c
Temp. do costado	33,10 ^b	36,28 ^{ab}	38,94 ^a	38,62 ^a	36,28 ^{ab}	33,29 ^b
Temp. do boleto	30,51 ^d	34,08 ^{bc}	36,39 ^{ab}	37,52 ^a	34,61 ^{abc}	32,49 ^{cd}
Temp. da cauda	31,34 ^c	34,71 ^b	37,12 ^{ab}	37,68 ^a	35,34 ^{ab}	32,10 ^c

^{a,b} Médias dos horários, seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma linha, são diferentes ($P < 0,05$).

Tabela 8. Valores temperatura da superfície corporal, avaliadas por termografia infravermelha (TIV) em °C, das búfalas, ao longo do dia (06h00, 09h00, 12h00, 15h00, 18h00 e 21h00), com as respectivas equações de regressão (ER), coeficientes de determinação (R^2) e coeficientes de variação (CV) e p-valores linear, quadrático e do intercepto.

Variável	Equação de regressão	R^2	P- value ^{1,2,3}			CV
			Q	L	Intercepto	
TIV olho	$Y=23,74+1,89X - 0,070X^2$	0,96	0,004	<0,01	<0,01	1,34
TIV bochecha	$Y=25,96+1,53X-0,055X^2$	0,95	0,0041	<0,01	<0,01	1,099
TIV costado	$Y=20,26+2,73X-0,101X^2$	0,98	0,0011	<0,01	<0,01	1,22
TIV boleto	$Y=17,38+2,76X-0,097X^2$	0,96	0,0034	<0,01	<0,01	1,898
TIV cauda	$Y=17,81+2,85X+-0,103X^2$	0,99	0,0005	<0,01	<0,01	1,03

R^2 : Coeficiente de determinação; CV: Coeficiente de variação; $P < 0,05$

Tabela 9. Correlação entre as temperaturas da superfície corporal avaliadas por termografia infravermelha e as variáveis fisiológicas frequência respiratória e temperatura retal de búfalas criadas em clima quente e úmido.

Temperatura da superfície corporal	Frequência respiratória	Temperatura retal
Temp. do olho (°C)	0,85303*	0,92904**
Temp. da bochecha (°C)	0,81573*	0,92226**
Temp. do costado (°C)	0,92965**	0,78412 ^{NS}
Temp. da cauda (°C)	0,88633*	0,86125*
Temp. do boleto (°C)	0,87408*	0,89005*

* $P < 5\%$; ** $P < 1\%$, ^{NS}= Não significativo

1 **5. ARTIGO 3- INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO**
2 **COM TORTA DE PALMISTE NO COMPORTAMENTO**
3 **DE FÊMEAS BUBALINAS CRIADAS EM CLIMA**
4 **AMAZÔNICO***

5 * Esse artigo foi escrito nas normas da revista “Agriculture, ecosystems and
6 environment” ao qual foi submetido

7

8 Carolina Carvalho Brcko⁽¹⁾, Jamile Andréa Rodrigues da Silva^{(2)*}, Lucieta
9 Guerreiro Martorano⁽³⁾, Benjamim de Sousa Nahúm⁽³⁾, André Guimarães
10 Maciel e Silva⁽⁴⁾, Antônio Vinicius Barbosa⁽²⁾, João Maria do Amaral Júnior⁽⁴⁾
11 e José de Brito Lourenço Júnior⁽⁴⁾

12

13 ⁽¹⁾ Federal Institute of Pará – IFPA. BR 316, Km 61 - Saudade II - Cristo Redentor, CEP 68740-
14 970, Castanhal, PA, Brazil. E-mail: carolbrcko@gmail.com

15 ⁽²⁾ Federal Rural University of the Amazon – UFRA. Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501,
16 CEP 66077-901. Belém, PA, Brazil. E-mail: jamileandrea@yahoo.com.br,
17 profvinibarbo@yahoo.com.br.

18 ⁽³⁾ Embrapa Amazônia Oriental - Travessa Doutor Enéas Pinheiro, s/n - Marco, CEP 66095-903.
19 Belém, PA, Brazil. E-mail: lucieta.martorano@embrapa.br; benjamim.nahum@embrapa.br

20 ⁽⁴⁾ Federal University of Pará – UFPA. Rua Augusto Corrêa, 01, Campus Universitário do Guamá,
21 CEP 66075-110. Belém, PA, Brazil. E-mail: andregms@gmail.com;
22 jamaral@veterinario.med.br; joselourencojr@yahoo.com.br

23 * Autor correspondente

24

25 **Resumo** – A pesquisa objetivou avaliar a influência da
26 suplementação energética de torta de palmiste no
27 comportamento de fêmeas bubalinas, na Amazônia Oriental. O
28 experimento foi conduzido na Embrapa Amazônia Oriental,
29 Belém, Pará, no período mais chuvoso de 2013 e menos
30 chuvosos 2014. Foram considerados três turnos: manhã (6h00 a
31 9h55), intermediário (10h00 a 13h55) e tarde (14h00 a 17h55) e

32 utilizadas 24 fêmeas (*Bubalus bubalis*), distribuídas em quatro
33 tratamentos e seis repetições. Os tratamentos eram a inclusão de
34 níveis de torta de palmiste, em relação do peso corporal, (0%,
35 0,25%, 0,5% e 1,0%). Foram registrados dados de temperatura
36 do ar (TA), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento
37 (VV), radiação solar (RS), Índice de Temperatura e Umidade
38 (ITU), pastejo, ruminação, ócio e outras atividades. Em ambos
39 os períodos do ano, os valores de TA e RS estavam mais elevadas
40 à tarde, os de VV nos turnos intermediário e tarde e o ITU, no
41 turno intermediário, não sendo diferente da tarde. Os tratamentos
42 não influenciaram n comportamento dos animais. Não houve
43 diferença estatística dos tempos de pastejo, ruminação, ócio e
44 outras atividades em função dos níveis de torta de palmiste,
45 porém houve entre os turnos ($P < 0,05$), onde, em ambos os
46 períodos do ano, os animais pastejaram mais à tarde. No turno
47 intermediário, o período mais chuvoso apresentou os maiores
48 valores, já no turno da tarde, o período menos chuvoso foi o que
49 os animais mais pastejaram. No período mais chuvoso, os
50 animais ruminaram mais à tarde e no período menos chuvoso,
51 nos turnos da manhã e intermediário. Os animais dispuseram
52 mais tempo em ócio no turno intermediário, e nesse turno, o
53 período menos chuvoso do ano apresentou maiores valores. Já
54 pela tarde, o período mais chuvoso foi o que apresentou valores
55 do tempo de ócio mais elevados. Em todos os períodos do ano,
56 as búfalas dispuseram do maior tempo para “outras atividades”

57 no turno da manhã ($P < 0,05$). Durante os horários avaliados, os
58 animais pastejaram mais no período menos chuvoso do ano e
59 passaram mais tempo em ruminação no período mais chuvoso.
60 O tempo gasto em ócio foi maior no período menos chuvoso do
61 ano. Os búfalos são influenciados pelo clima e modificam suas
62 atividades a fim de amenizar a produção de calor.

63 **Palavras-chave:** etologia, calor, nutrição, búfalos

64 **INFLUENCE OF THE SUPPLEMENTATION WITH**
65 **PALM KERNEL CAKE ON THE BEHAVIOR OF**
66 **FEMALE BUFFALOES REARED IN THE AMAZONIAN**
67 **CLIMATE**

68 **Abstract** - This research aimed to assess the influence of energy
69 supplementation with palm kernel cake on the behavior of
70 female buffaloes under the climate conditions of the eastern
71 Amazon. The trial was carried out at Embrapa Eastern Amazon,
72 Belém, PA, Brazil, during the rainier season of 2013 and less
73 rainy season of 2014. Three periods of the day were considered:
74 morning (6:00 to 9:55 A.M.), intermediate (10:00 A.M. to 1:55
75 P.M.), and afternoon (2:00 to 5:55 P.M.). The sample consisted
76 of 24 female buffaloes (*Bubalus bubalis*) assigned to four
77 treatments and six repetitions. The treatments were the dietary
78 inclusion of palm kernel cake based on body weight, i.e., 0%,
79 0.25%, 0.5%, and 1.0%. Data on air temperature (AT), relative
80 air humidity (RH), wind velocity (WV), solar radiation (SR),

81 temperature and humidity index (THI), grazing, rumination,
82 idling, and other activities were also recorded. In both seasons,
83 AT and SR values were the highest in the afternoon, WV was
84 the highest in the intermediate period and afternoon, and THI, in
85 the intermediate period, not differing in the afternoon. The
86 treatments did not impact the animals' behavior. No statistical
87 difference was found in the times the animals spent in grazing,
88 rumination, idling, or in other activities as a function of the
89 inclusion of palm kernel cake at different levels, however, the
90 times differed among the period of the day ($P<0.05$) In the
91 intermediate period, the rainier season had the highest values,
92 while the animals grazed the most in the afternoon during the
93 less rainy season. In the rainier season, the animals ruminated
94 the most in the afternoon, while in the less rainy season, in the
95 morning and intermediate periods. The animals spent more time
96 idle in the intermediate period, whose values were higher in the
97 less rainy season. In the afternoon, the rainier season was when
98 the idle times were the highest. Throughout the year, the female
99 buffaloes spent more time in other activities in the morning
100 ($P<0.05$). During the times assessed, the animals grazed the most
101 in the less rainy season and spent more time ruminating in the
102 rainier season. The time spent idle was greater in the less rainy
103 season. Buffaloes are influenced by the climate and change their
104 activities in order to decrease heat production.

105 **Keywords:** ethology, heat, nutrition, buffaloes

106 1.INTRODUÇÃO

107 Os búfalos (*Bubalus bubalis*) são reconhecidamente
108 rústicos e se adaptam facilmente aos ambientes mais inóspitos.
109 A dificuldade se encontra em fornecer recursos para que se
110 protejam contra o calor, principalmente contra a radiação solar
111 direta, a principal causa estressora para essa espécie. Isso ocorre
112 porque esses animais possuem particularidades estruturais
113 específicas, como forte concentração de melanina na pele e no
114 pelo, baixa quantidade de glândulas sudoríparas, baixa
115 densidade de pelos e pele escura, sendo sensíveis à radiação solar
116 (Khongdee et al. 2012).

117 Em condições de estresse térmico, os búfalos alteram sua
118 postura para dissipar calor por convecção, e permanecem maior
119 percentual de tempo em ócio, para reduzir o calor gerado pelos
120 movimentos. Entre outras alterações comportamentais, as
121 modificações no padrão de ingestão de alimentos, com redução
122 na ruminação, afetam a produtividade animal (Santos, 2010).

123 As atividades diárias são caracterizadas por três
124 comportamentos básicos: a alimentação, a ruminação e o ócio.
125 Sua duração e distribuição podem ser influenciadas pelas
126 características da dieta, manejo, condições climáticas e atividade
127 dos animais do grupo (Fischer et al. 1997).

128 O manejo nutricional para regiões com elevadas
129 temperaturas e umidade do ar deve incluir dietas de elevada
130 densidade energética, além de suplementação adicional de

131 minerais e manter água de boa qualidade à disposição dos
132 animais (Pires, 2006). Isso é possível através da formulação de
133 dietas com produtos que apresentem um bom teor de gordura,
134 como é o caso da torta de palmiste.

135 A torta de palmiste é um subproduto agroindustrial do
136 palmiste, e vem sendo amplamente utilizado na alimentação
137 animal, por apresentar grande potencial, levando em
138 consideração seu teor de gordura, bem como sua disponibilidade
139 durante o ano e o seu baixo custo, principalmente em regiões de
140 alta produção como as regiões Norte e Nordeste do Brasil (Costa,
141 2006).

142 Considerando-se que são praticamente inexistentes
143 informações sobre o comportamento diário de bubalinos
144 relacionadas ao estresse térmico na Amazônia, objetivou avaliar
145 a influência da suplementação energética de torta de palmiste no
146 comportamento de fêmeas bubalinas, na Amazônia Oriental.

147 2.MATERIAL E MÉTODOS

148 O experimento foi conduzido na Embrapa Amazônia
149 Oriental, Belém, Pará. A área de estudo apresenta condições
150 climáticas típicas de clima Af₂, conforme classificação de
151 Köppen, adaptada por Martorano et al. (1993). As coletas foram
152 feitas em dois períodos distintos: mais chuvoso e menos
153 chuvoso. Foram utilizadas 24 búfalas mestiças Murrah-
154 Mediterrâneo (*Bubalus bubalis*), com idade e peso médio iniciais

155 de 54±7 meses e 503,1±23 kg, respectivamente, não gestantes,
156 não lactantes e clinicamente saudáveis.

157 Os animais ficaram em piquete com capim *Brachiaria*
158 *brizantha* (CV. Marandu) em sistema rotacionado, sem acesso a
159 sombra ou lagoas, com acesso à água para beber e sal mineral à
160 vontade e foram divididos aleatoriamente em quatro
161 tratamentos, baseados no nível de inclusão da torta de palmiste
162 em relação ao peso corporal: 1,0%, 0,50%, 0,25% e 0%. Foram
163 adicionados 0,15% de farelo de trigo em todos os tratamentos,
164 atuando como palatabilizante. A dieta era oferecida em cochos
165 individuais, uma vez ao dia, das 7h00 às 8h00. A oferta de
166 forragem foi homogênea em todos os piquetes, sendo em torno
167 de 9 kg de MS/100 kg de peso vivo animal durante todo o
168 período experimental.

169 As análises bromatológicas das dietas experimentais
170 foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da
171 Universidade Federal do Pará – UFPA para avaliar o conteúdo
172 de matéria seca, orgânica e mineral dos alimentos, de acordo
173 com as recomendações da AOAC (2005). A fibra detergente
174 neutro, fibra em detergente ácido, celulose e lignina seguiram o
175 método sequencial, descrito por Van Soest et al. (1991). As
176 determinações de proteína bruta (PB) foram efetuadas pelo
177 método Kjeldahl (AOAC 2005). A composição bromatológica
178 dos ingredientes das dietas experimentais e da dieta total, em
179 matéria seca está apresentada na Tabela 1.

180 Os dados agrometeorológicos foram obtidos em uma
181 estação automática portátil, programada para efetuar aquisição
182 de dados e armazenar a leitura dos sensores em dataloggers em
183 cada 1 minuto (Modelo TGD-300, Instrutherm, São Paulo,
184 Brazil). A estação era dotada de sensores de medições rotineiras
185 de tempo e clima e termômetro de globo negro, instalada em no
186 piquete, à altura do dorso dos animais, de modo a acompanhar a
187 rotação dos animais nas pastagens. Foram registrados dados de
188 temperatura do ar (TA, °C), umidade relativa do ar (UR, %),
189 velocidade do vento (VV, m.s⁻¹) e radiação solar (RS, KJ.m⁻²).
190 A partir dos valores de variáveis ambientais, foi calculado o
191 Índice de Temperatura e Umidade (ITU), proposto por Thom,
192 em 1959, através da fórmula $ITU = tbs + 0,36 \cdot tpo + 41,5$, onde:
193 tbs = Temperatura de bulbo seco (°C), tpo = Temperatura do
194 ponto de orvalho (°C). As leituras das variáveis ambientais
195 foram realizadas das 6h00 às 18h00, por três dias consecutivos,
196 em dois períodos do ano, mais e menos chuvosos. Os dados de
197 precipitação foram obtidos da estação meteorológica do INMET,
198 localizada a 3,5km da local experimental.

199 Foram obtidas informações sobre comportamento dos
200 animais, durante 12 horas consecutivas, de 6h00 às 18h00, em
201 fichas especiais de 60 minutos cada, divididas em doze períodos
202 de cinco minutos, nas três campanhas de colheita de dados, nos
203 dois períodos do ano, mais e menos chuvosos, conforme
204 metodologia adaptada de Lourenço Júnior (1998). As fêmeas

205 foram numeradas de 1 a 24, com tinta atóxica, de cor branca, na
206 paleta e trem posterior, para facilitar a identificação do animal.

207 Para efeito de avaliação do comportamento animal foram
208 consideradas três categorias de atividades. O **pastejo**, que
209 considerou o tempo despendido pelo animal pastando,
210 **ruminação**, representada pela somatória dos períodos em que o
211 animal permanecia deitado ou em pé ruminando e **ócio**, o tempo
212 total gasto pelo animal em pé ou deitado, **comendo**
213 **concentrado**, tempo gasto ingerindo a suplementação, além de
214 **outras atividades** como **andando**, **defecando**, **bebendo água**,
215 **urinando e comendo sal**. A coleta dos dados foi contínua,
216 visando observação representativa da atividade de
217 comportamento animal, a cada cinco minutos. Os observadores
218 eram substituídos a intervalos de quatro horas.

219 O delineamento experimental foi inteiramente
220 casualizado. Para melhor avaliação dos dados, foram
221 considerados três turnos do dia: **Manhã** - entre 6h00 e 9h55,
222 **Intermediário** - 10h00 e 13h55 e **Tarde** - 14h00 e 17h55 e dois
223 períodos do ano: **mais chuvoso e menos chuvoso**. Foram
224 realizadas comparação das médias das variáveis de
225 comportamento, considerando-se os tratamentos, turnos,
226 períodos do ano, e suas interações, através da análise de
227 variância (ANOVA – t-Student, com nível de significância de
228 5%) no software “Statistical Analysis System” (SAS, 2003), bem
229 como averiguação dos pressupostos deste teste, tendo os

230 resíduos distribuição normal para o teste de Kolmogorov-
231 Smirnov, com nível de significância de 1%.

232 3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

233 A suplementação com torta de palmiste não afetou o
234 comportamento dos animais nos diferentes turnos e períodos do
235 ano avaliados ($P < 0,05\%$). A composição bromatológica dos
236 ingredientes utilizados na dieta dos animais está descrito na
237 tabela 1.

238 As variáveis climáticas constituem o componente
239 exógeno que mais influenciam na produção animal. Os valores
240 médios das variáveis climáticas, durante o período experimental,
241 estão apresentados na Tabela 2. Em ambos os períodos do ano,
242 houve diferença significativa entre os turnos ($P < 0,05$) para as
243 variáveis TA e RS, onde no turno da tarde, os valores estavam
244 mais elevados. No decurso do dia existem momentos mais ou
245 menos favoráveis ao conforto térmico dos animais, e esse
246 processo é mediado pelo balanço de radiação, ou seja, pela
247 contabilização entre o recebimento e devolução de radiação, que
248 é muito variável ao longo do dia e do ano, o que promove
249 alterações diárias e anuais na temperatura do ar (Silva, 2010).

250 A maior VV nos turnos intermediários e da tarde, em
251 ambos os períodos do ano, podem ter contribuído para facilitar a
252 dissipação de calor corporal dos animais por convecção e
253 evaporação (Pereira, 2005), pois a movimentação do ar é
254 considerada um fator indispensável para melhoria das condições

255 ambientais, porque influi na perda de calor pela superfície
256 corporal através da evaporação da umidade da pele do animal
257 (Tonello, 2011).

258 O comportamento diurno da temperatura e da umidade
259 relativa do ar, durante os períodos de observação dos animais
260 estão representados na Figura 1 e na Figura 2.

261 Através da análise do boxplot da temperatura do ar
262 (Figura 1), observa-se que no turno da manhã (6h00 as 9h55),
263 nos dois períodos analisados, há um decréscimo nos valores até
264 as 9h00. Não foi observada dispersão nos dados pois a altura do
265 retângulo foi bem próxima a mediana (Q3-Q1), entretanto, as
266 9h00, horário em que os animais retornavam ao pasto após
267 suplementação, a dispersão dos valores térmicos foi maior no
268 período mais chuvoso, pois nota-se, assimetria negativa. A partir
269 do início do turno intermediário (10h00 as 13h55), observa-se a
270 elevação gradual da temperatura. A maior dispersão entre os
271 valores térmico ocorreu no período menos chuvoso, com maior
272 amplitude as 12h00. Já no período mais chuvoso, a maior
273 amplitude foi observada às 11h00. Nota-se que nesses horários
274 os valores de temperatura do ar são simétricos. No turno da tarde
275 (14h00 as 17h55), verifica-se que no período mais chuvoso a
276 dispersão dos dados expressa pelos boxplots é pequena quando
277 comparada ao menos chuvoso. As maiores amplitudes térmicas
278 forma registradas as 16h00 e 17h00 no período menos chuvoso.

279 Tal fato pode ser explicado pela variação da umidade relativa do
280 ar observada nesses horários e apresentadas na figura 2.

281 O boxplot dos dados de UR está representado na Figura
282 2. O curso diário médio da UR é inverso ao da TA, e vai de
283 acordo ao encontrado por Rocha et al. (2012). O comportamento
284 da UR no turno da manhã foi semelhante nos dois períodos do
285 ano, e não foi observado grande dispersão dos dados no turno.
286 No turno intermediário, partir das 11h00, observa-se uma queda
287 gradual da umidade relativa do ar tanto no período mais chuvoso
288 quanto no menos chuvoso. Os efeitos ambientais expressos pela
289 umidade relativa do ar no período menos chuvoso as 12h00,
290 evidenciaram assimetria positiva. No período mais chuvoso,
291 entre 11h00 e 12h00 os valores foram praticamente simétricos.
292 No turno da tarde, em ambos os períodos, ocorreram as maiores
293 dispersões dos dados. O valor mínimo observado as 17h00 foi de
294 53% enquanto que o máximo foi de 78%. As 16h00 o valor
295 mínimo registrado foi de 55% e o máximo de 76%. Esses valores
296 foram influenciados por eventos pluviais registrados nesses dias
297 de coleta.

298 Essas informações corroboram com a análise de
299 variância que detectou diferença significativa ($P < 0,05$) da UR
300 entre os turnos, em todos os períodos do ano, onde os maiores
301 valores foram encontrados no turno da manhã. Foram
302 observados valores de UR mais elevados no turno da tarde no
303 período menos chuvoso quando comparados ao mais chuvoso.

304 De acordo com os dados da estação do INMET, durante o
305 período mais chuvoso não houve registro de chuva durante o
306 horário de observação dos animais. Já no período menos
307 chuvoso, foi registrado no segundo dia de observação, entre as
308 17h00 e 18h00 precipitação pluvial de 2,4mm e no terceiro dia,
309 entre as 16h00 e 17h00 precipitação pluvial de 1,2mm
310 influenciando diretamente na UR do turno. É importante lembrar
311 que o conforto térmico dos animais depende em alto grau dos
312 níveis de UR, em associação com a TA. O ITU representa bem
313 essa associação. Houve diferença significativa do ITU ($P < 0,05$)
314 entre os turnos, onde em ambos os períodos, no turno
315 intermediário os valores foram mais elevados, não sendo
316 diferentes, estatisticamente, dos valores da tarde, demonstrando
317 que esses dois turnos apresentam risco às situações de estresse
318 térmico aos animais, em ambos os períodos do ano.

319 Valores de ITU até 70 indicam ambiente não estressante,
320 entre 71 e 78, crítico, entre 79 e 83, perigoso e acima de 83,
321 condição de emergência (Neves, 2008). Portanto, mesmo no
322 turno da manhã, em ambos os períodos do ano, o ITU já indicava
323 situação de perigo, sendo o turno intermediário as condições
324 ambientais eram de emergência, indicando que os animais
325 poderiam apresentar desconforto térmico acentuado. Em
326 condições de elevadas TA e UR, os animais dissipam calor e,
327 dentre outras alterações fisiológicas, alteram seus padrões fixos
328 de comportamento, tempos de permanência em pé e deitados, e

329 buscam ambientes com temperatura mais amena (Schütz et al.,
330 2008; Schütz et al., 2009) para se termorregular.

331 O tempo de pastejo, ruminação e ócio dos animais
332 experimentais, em ambos os períodos do ano, nos turnos da
333 manhã, intermediário e tarde, está apresentado na Tabela 3. Não
334 houve diferença estatística entre os tratamentos, indicando que
335 os diferentes níveis de torta de palmiste não influenciaram na
336 ingestão de pasto durante o período experimental. Para Bremm
337 et al. (2005) e Silva et al. (2005), os níveis de suplementação não
338 interferem no tempo de pastejo. Esses dados diferem dos
339 relatados por Macari et al. (2007), que afirmam que o
340 fornecimento de concentrado modifica o comportamento
341 ingestivo, reduzindo o tempo gasto pelo animal com a atividade
342 de pastejo de forma crescente com os níveis de suplementação.
343 Por outro lado, houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre os
344 turnos, sendo que, em ambos os períodos do ano, os animais
345 pastejaram mais no turno da tarde. Santos (2010) obtiveram
346 dados semelhantes, onde as búfalas em áreas sem sombreamento
347 pastejaram com maior intensidade à tarde.

348 No turno da manhã, os animais pastejaram menos. Esses
349 resultados podem ter ocorrido porque, no momento em que o
350 suplemento (torta de palmiste) foi ofertado, aproximadamente às
351 8h00, os animais precisaram interromper suas atividades de
352 pastejo para ocorrer o processo de ingestão do suplemento.
353 Considerando-se que a atividade de pastejo é uma das que mais

354 influencia o desempenho produtivo, seria interessante definir um
355 horário para suplementação onde os animais não tivessem que
356 interromper tal atividade. Segundo Pezenti et al. (2015), é
357 importante o conhecimento dos horários de concentração do
358 pastejo dos animais, para o melhor aproveitamento das forragens
359 e para o estabelecimento de estratégias adequadas de manejo. Na
360 presente pesquisa, no turno intermediário, o período mais
361 chuvoso do ano apresentou os maiores valores de atividade de
362 pastejo, já no turno da tarde, os animais pastejaram mais no
363 período menos chuvoso do ano. Esse fato pode ser explicado
364 pela precipitação registrada durante o período menos chuvoso,
365 no turno da tarde. Com a chuva, há uma diminuição na
366 temperatura do ar e na temperatura da superfície corporal,
367 diminuindo o desconforto térmico. Em menor condição de
368 estresse térmico, os animais retornam à atividade de pastejo.

369 Não houve diferença significativa do tempo de
370 ruminação entre os tratamentos, demonstrando que os diferentes
371 níveis de torta de palmiste não influenciam na atividade de
372 ruminação. De acordo com Bremm et al. (2005) e Silva et al.
373 (2005), os níveis de suplementação não interferem no tempo de
374 ruminação.

375 Porém, houve efeito dos turnos, onde no período mais
376 chuvoso do ano, os animais ruminavam mais no turno da tarde e
377 no período menos chuvoso do ano, os animais passaram mais
378 tempo em ruminação nos turnos da manhã e intermediário.

379 Santos (2010), na Amazônia, observaram que as novilhas
380 bubalinas procuravam as áreas sombreadas, principalmente nas
381 horas mais quentes do dia, para ruminar, tanto em pé como
382 deitadas, na procura de local mais adequado para seu bem-estar.

383 Também houve diferenças significativas entre os períodos
384 do ano no turno da tarde, onde no período menos chuvoso, os
385 animais passavam menos tempo ruminando, provavelmente
386 devido ao clima estar mais ameno, quando comparado com o
387 período mais chuvoso do ano. Com variáveis ambientais mais
388 amenas no turno da tarde do período menos chuvoso, o pastejo
389 foi priorizado, fazendo com que o tempo gasto com ruminação
390 fosse menor quando comparado ao período mais chuvoso. Para
391 Ferreira et al. (2014), os animais preferem executar essa
392 atividade nos períodos mais frescos do dia, para compensar a
393 maior produção de calor interno.

394 Não houve diferença significativa no tempo dispendido a
395 ócio, entre os tratamentos, indicando que os diferentes níveis de
396 torta de palmiste não influenciam no tempo gasto em ócio, pelos
397 animais. Entretanto, houve entre turnos ($P < 0,05$), onde em todos
398 os tratamentos, os animais dispuseram mais tempo em ócio no
399 turno intermediário. Raslan (2008) enfatiza que em temperatura
400 elevadas, os animais deixarão de ingerir alimentos e passarão a
401 ficar em ócio, o que poderá levar a um atraso no
402 desenvolvimento do animal. Santos (2010) observaram que
403 novilhas bubalinas procuram áreas sombreadas, para permanecer

404 em ócio, nas duas posições, principalmente, no período
405 intermediário, com o objetivo de realizar essa atividade com
406 maior conforto térmico.

407 A análise de variância também apontou efeitos dos
408 períodos do ano, onde no turno intermediário, o período menos
409 chuvoso do ano apresentou maiores valores de tempo de ócio.
410 Esse fato pode ter ocorrido porque o clima estava propício a
411 causar desconforto térmico, com maiores valores de UR nesse
412 período (83,5%), caracterizando ano atípico. Como
413 consequência, os animais apresentaram maior dificuldade em
414 perder calor por evaporação respiratória, apresentando estresse
415 térmico e, portanto, procuravam permanecer em ócio para evitar
416 incremento na termogênese.

417 Já no turno da tarde, o período mais chuvoso foi o que
418 apresentou valores do tempo de ócio mais elevados. Esse fato
419 ocorreu porque nesse ano atípico, o período mais chuvoso
420 apresentou maiores valores de TA nesse turno, o que pode ter
421 promovido desconforto térmico, induzindo os animais a
422 permanecerem em ócio, a fim de evitar maior produção de calor
423 corporal.

424 Também, não houve diferença no tempo despendido em
425 “outras atividades” entre os níveis de torta de palmiste,
426 entretanto, em todos os períodos do ano, as búfalas dispuseram
427 do maior tempo para essas atividades no turno da manhã
428 ($P < 0,05$). Esses resultados podem ter sido influenciados pelas

429 variáveis ambientais mais amenas. Os animais passaram mais
430 tempo andando pelo piquete, estimulados por temperaturas mais
431 baixas, quando comparadas às encontradas nos outros turnos.

432 Os níveis de inclusão de torta de palmiste influenciaram
433 significativamente no tempo gasto na ingestão de concentrado
434 ($p < 0,05$) (Tabela 4). Essa diferença foi provavelmente
435 influenciada pelo volume de alimento fornecido em cada
436 tratamento, uma vez que a mesma era baseada no peso vivo do
437 animal. Pode-se observar que os animais que receberam 0,5% do
438 PV de torta de palmiste passaram mais tempo ingerindo o
439 alimento, quando comparada aos outros tratamentos. A
440 palatabilidade pela inclusão do farelo de trigo fez com que os
441 animais tivessem mais interesse pelo suplemento, gastando mais
442 tempo em sua ingestão. O menor tempo foi gasto pelo grupo que
443 recebeu apenas o trigo. Isso ocorreu em função da pouca
444 quantidade de alimento ofertada. Não houve diferença
445 significativa entre os períodos mais e menos chuvoso ano
446 ($P < 0,05$). Isso era esperado pois, os animais tiveram acesso à
447 suplementação por tempo semelhante nos dois períodos do ano.

448 A soma das atividades das búfalas em ambos os períodos
449 do ano, sem considerar os turnos, nas condições climáticas da
450 Amazônia, estão apresentadas na Tabela 5. Houve diferença
451 ($P < 0,05$) entre os períodos do ano para as atividades de pastejo,
452 ruminação e ócio. Os animais pastejaram mais no período menos
453 chuvoso do ano. Por outro lado, os animais passaram mais tempo

454 em ruminação no período mais chuvoso do ano. O tempo gasto
455 em ócio foi maior no período menos chuvoso do ano. Isso ocorre
456 porque nesse período há maior desconforto térmico, então os
457 animais procuram diminuir suas atividades na tentativa de
458 diminuir o incremento de calor corporal.

459 Em ambos os períodos do ano, os animais gastaram mais
460 tempo em ócio. Provavelmente, incrementaram as atividades de
461 pastejo, ruminação e outras atividades após esse horário, quando
462 a TA estava mais amena. Castro et al. (2002), ao pesquisar o
463 percentual do tempo gasto em cada atividade de bubalinos,
464 encontraram valores de 20% para pastejo, 14% para ruminação
465 e 66% para o ócio, indicando que os búfalos, ao permanecerem
466 maior tempo de ócio durante o dia, pastam mais durante a noite.
467

468 4.CONCLUSÃO

469 A suplementação não expressou efeito sobre o
470 comportamento das búfalas manejadas sem acesso a sombra,
471 indicando viabilidade na adoção desse subproduto para a
472 suplementação em épocas com baixa oferta de pastagem na
473 região. Reforçando que os efeitos são decorrentes da
474 variabilidade das condições térmico-hídricas na região.

475 O sistema de manejo tradicional, sem acesso à sombra,
476 influencia o comportamento dos animais, que aumentam o
477 tempo de ócio como estratégia de diminuir a produção de calor
478 da alimentação ou movimentação. A medida que a temperatura

479 e umidade relativa do ar vão ficando mais amenas, retornam ao
480 pastejo.

481 Entre 11h00 e 12h00 nos períodos avaliados, as
482 condições térmicas são simétricas e a umidade relativa apresenta
483 simetria no período mais chuvoso e assimetria positiva no
484 período menos chuvoso.

485

486 REFERÊNCIAS

487 Association of official analytical chemists - AOAC. Official
488 methods of analysis. 2005. Washington, D.C.: AOAC
489 International.

490 Bremm, C.; Rocha, M.G.; Restle, J. 2005. Efeito de níveis de
491 suplementação sobre o comportamento ingestivo de bezerras em
492 pastagem de aveia (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium*
493 *multiflorum* Lam.) Revista Brasileira de Zootecnia. 34, 319-329.

494 Castro, V.S., Ribeiro da Silva, C., Soares, M. C., Siqueira, M.
495 R., Siqueira, E. R., Jorge, A. M. 2002. Comportamento de
496 novilhas bubalinas (*bubalus bubalis*) em regime de
497 confinamento. (In Press).

498 Costa, D.A. Avaliação nutricional da torta de dendê para
499 suplementação alimentar de ruminantes na Amazônia Oriental.
500 2006. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) -Centro
501 de Ciências Agrárias, UFPA. Universidade Federal do Pará,
502 Belém.

- 503 *Ferreira, L. C. B., Machado Filho, L. C. P., Hotzel, M. J., Alves,*
504 *A. A., Barcellos, A. O. 2014. Respostas fisiológicas e*
505 *comportamentais de bovinos a diferentes ofertas de sombra.*
506 *Cadernos de Agroecologia. 9.*
- 507 Fischer, V., Deswysen, A. G., Dèspres, L. 1997
508 Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dieta a base de
509 feno durante um período de seis meses. *Revista Brasileira de*
510 *Zootecnia. 26, 1032-1038.*
- 511 Khongdee, T., Sripoon, S., Vajrabukka, C. 2012. The effects of
512 high temperature and roof modification on physiological
513 responses of swamp buffalo in the tropics. *International Journal*
514 *of Biometeorology. 57, 349-354.*
- 515 Loureço júnior, J.B. Variáveis produtivas, fisiológicas e de
516 comportamento de zebuínos e bubalinos e fatores do ambiente
517 físico em pastagem cultivada da ilha de Marajó. 1998. 127 p.
518 Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Federal
519 do Pará, Belém - PA.
- 520 Macari, S., Rocha, M. G., Potter, L., Roman, J., Bremm, C.,
521 Costa, V. G. 2007. Comportamento ingestivo diurno de novilhas
522 de corte recebendo níveis de suplemento. *Ciência Rural. 37,*
523 *1746-1752.*
- 524 Neves, M. L. M. W. 2008. Índices de conforto térmico para
525 ovinos Santa Inês de diferentes cores de pelame em condições

- 526 de pastejo. 77f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal
527 Rural de Pernambuco, Recife.
- 528 Pereira, J. C. C. 2005. Fundamentos de bioclimatologia
529 aplicados à produção animal. Belo Horizonte: FEPMVZ.
- 530 Pezenti, E., Pereira, M. M. S., Silva, M. L. F., Públio, P. P. P.,
531 Lins, T. J. D., Silva, R. R. 2015. Aspectos da ruminção e do
532 comportamento ingestivo de novilhos suplementados a pasto no
533 período seco. Caderno de Ciências Agrárias. 7, 33-36.
- 534 Pires, M. F. A. 2006. Manejo nutricional para evitar o estresse
535 calórico, Juiz de Fora – MG. Comunicado Técnico. pp. 3.
- 536 Raslan, L. S. A. 2008. Aspectos comportamentais e fisiológicos
537 de ovino SRD sob pastejo com e sem sombreamento. 2008. 86f.
538 Dissertação (Mestrado). UESB- Universidade Estadual do
539 Sudoeste de Bahia. Campus Itapetinga.
- 540 Rocha, D. R., Salles, M. G. F., Moura, A. A. A. N., Araújo, A.
541 A. (2012) Índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras no
542 período chuvoso e seco no Ceará. Revista Acadêmica de
543 Ciências Agrárias e Ambientais. 10, 335-343.
- 544 Santos, N. F. A. Bem-estar e comportamento de fêmeas
545 bubalinas da raça Murrah, em sistemas tradicional e silvipastoril,
546 em Belém, Pará. 2010. 125f. Tese (Doutorado) – Universidade
547 Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental,
548 Belém, PA.

- 549 Schütz, K. E.; Cox, N. R.; Matthews, L. R. 2008. How important
550 is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following
551 different levels of lying deprivation. *Applied Animal Behaviour
552 Science*. 114, 307-318.
- 553 Schütz, K. E.; Rogers, A. R.; Cox, N. R.; Tucker, C. B. 2009.
554 Dairy cows prefer shade that offers greater protection against
555 solar radiation in summer: Shade use, behavior, and body
556 temperature. *Applied Animal Behaviour Science*, 116, 28-34.
- 557 Silva, J. A. R. Avaliação do estresse térmico em búfalas Murrah
558 criadas em dois diferentes sistemas de manejos nas condições
559 climáticas da Amazônia Oriental. 2010, 149 f. Tese (Doutorado
560 em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- 561 Silva, R. R., Carvalho, G. G. P., Magalhães, A. F., Silva, F. F.,
562 Prado, I. L., Franco, C. M., Veloso, M. A., Chaves, J. C. J. 2005.
563 Comportamento ingestivo de novilhas mestiças de holandês em
564 pastejo. *Revista Archivos de Zootecnia*. 5, 63-74.
- 565 Statistical Analysis System – SAS user's guide. 2003. Version
566 6.08. San Diego: Statistical Analysis System Institute.
- 567 Tonello, C. L. Validação de índice de conforto térmico e
568 zoneamento bioclimático da bovinocultura de leite. 2011. 140f.
569 Tese (Doutorado em Zootecnia). Centro de Ciências Agrárias,
570 Universidade Estadual de Maringá, Paraná.

571 Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods
 572 for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch
 573 polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal Dairy
 574 Science. 74, 3.583-3.597.

575 TABELAS

576 **Tabela 1.** Composição bromatológica da torta de palmiste
 577 (*Elaeis guineensis*), do farelo de trigo, da gramínea *Brachiaria*
 578 *brizantha* (CV. Marandu) em matéria seca (MS).

579

Dieta	Variável (% em MS)					
	MS	MM	EE	PB	FDN	FDA
Torta de palmiste	90,47	4,61	11,64	11,12	69,87	48,23
Farelo de trigo	88,32	5,88	3,48	15,49	44,19	14,27
<i>Brachiaria brizantha</i>	37,4	6,76	2,54	8,19	68,14	40,55

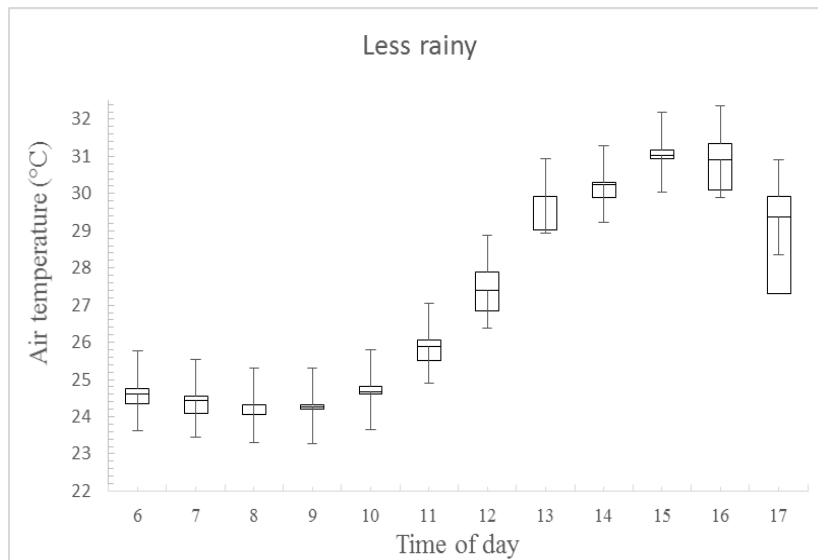
580 Matéria seca (MS); matéria mineral (MO); extrato etéreo (EE); proteína bruta
 581 (PB); fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA);
 582 MS = matéria seca; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em
 583 detergente ácido.

584

585 **Tabela 2.** Médias das variáveis e índices climáticos, durante os
 586 períodos mais chuvoso e menos chuvoso do ano e nos turnos da
 587 manhã, intermediário e tarde, na área experimental, em Belém,
 588 Pará.

Variáveis climáticas	Mais chuvoso			Menos chuvoso		
	Manhã	Intermed.	Tarde	Manhã	Intermed.	Tarde
TA	23,7±0,5 ^A	27,3±0,4 ^B	32,1±0,2 ^C	24,5±0,3 ^A	27,1±0,6 ^B	30,6±0,9 ^C
UR	91,1±0,4 ^A	78,8±2,5 ^B	54,1±2,1 ^C	92,2±0,4 ^A	83,5±1,8 ^B	65,5±6,3 ^C
VV	0,3±0,1 ^A	1,2±0,1 ^B	1,6±0,2 ^B	0,02±0,0 ^A	0,9±0,2 ^B	1,8±0,5 ^B
RS	3,3±0,2 ^A	936±30,8 ^B	2620±367 ^C	3,28±0,2 ^A	488,9±39 ^B	2612,3±374 ^C
ITU	79,1±0,8 ^A	84,9±0,7 ^B	81,6±4,3 ^{AB}	79,0±0,1 ^A	84,4±0,4 ^B	83,9±1,7 ^{AB}

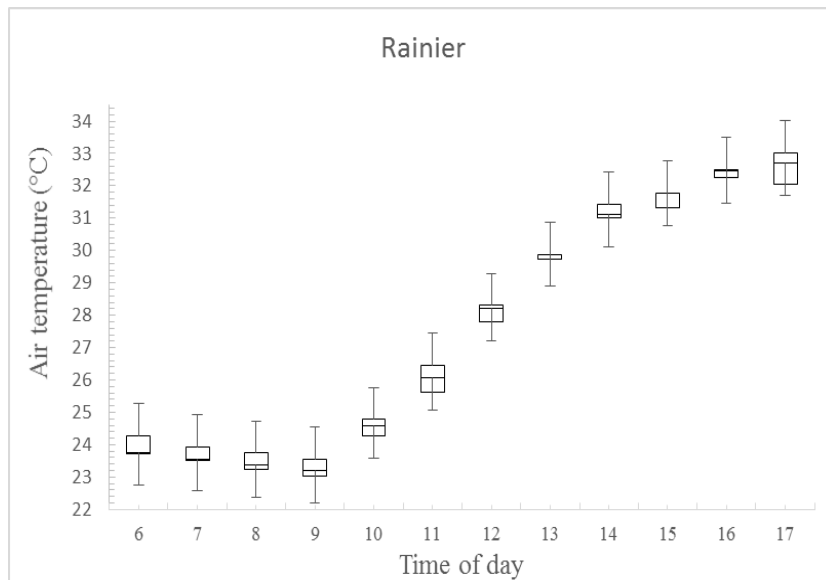
589 Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha, são diferentes
 590 ($P < 0,05$). Períodos: Manhã (6h:00 - 9h:55), Intermediário (10h:00 - 13h:55)
 591 e, Tarde (14h:00 - 17h:55). TA – Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), UR - umidade
 592 relativa do ar (%), VV – velocidade do vento (m s^{-1}), RS – radiação solar (KJ
 593 m^{-2}), ITU – índice de temperatura e umidade.



594

595

596



597

598

599 **Figura 1.** Boxplot com o conjunto de dados de temperatura
600 relativa do ar referente ao tempo de observação dos animais, nos
601 períodos menos e mais chuvoso do ano, em Belém, PA.

602

603

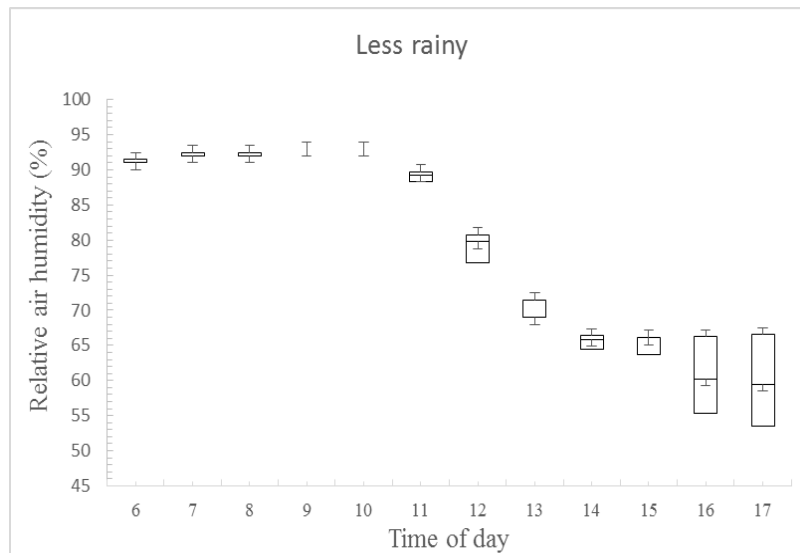
604

605

606

607

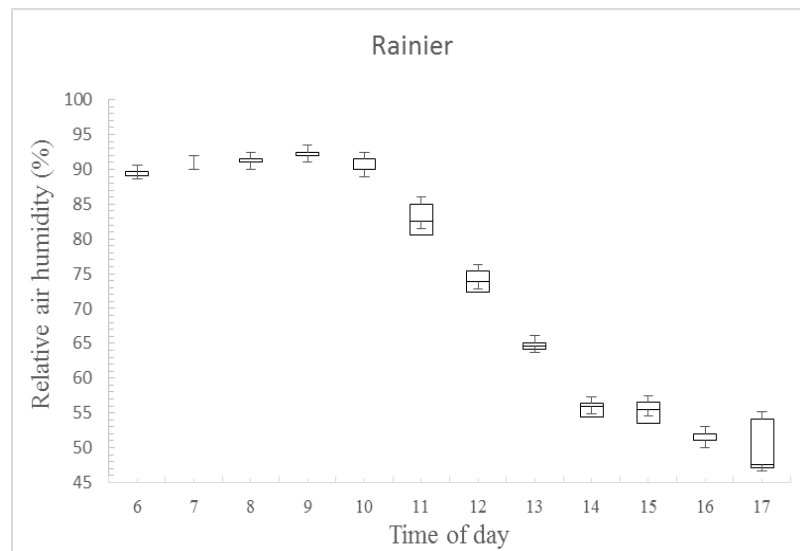
608



609

610

611



612

613

614 **Figura 2.** Boxplot com o conjunto de dados de umidade relativa
 615 do ar referente ao tempo de observação dos animais, nos
 616 períodos menos e mais chuvoso do ano, em Belém, PA.

617

618

619

620

621

622

623

624 **Tabela 3.** Tempo gasto com pastejo, ruminação, ócio e em
 625 outras atividades, em minutos, por búfalas, em três turnos do dia
 626 e dois períodos do ano, em Belém, Pará

Atividade	Período	Turno		
		Manhã	Intermediário	Tarde
Pastejo	Mais chuvoso	39,23 ^{Ac}	54,23 ^{Ab}	91,6 ^{Ba}
	Menos chuvoso	43,12 ^{Ab}	24,02 ^{Bc}	131,67 ^{Aa}
Ruminação	Mais chuvoso	34,58 ^{Ab}	41,11 ^{Ab}	55,76 ^{Aa}
	Menos chuvoso	30,76 ^{Aa}	32,98 ^{Aa}	22,15 ^{Bb}
Ócio	Mais chuvoso	93,75 ^{Ab}	130,86 ^{Ba}	85,35 ^{Ab}
	Menos chuvoso	95 ^{Ab}	163,89 ^{Aa}	68,47 ^{Bc}
Outas atividades	Mais chuvoso	34,37 ^{Aa}	13,82 ^{Ab}	7,29 ^{Bc}
	Menos chuvoso	29,02 ^{Aa}	18,68 ^{Ab}	17,56 ^{Ab}

627 ^{AB}Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna, são diferentes
 628 (P<0,05). ^{ab}Médias seguidas de letras minúsculas distintas, na linha, são
 629 diferentes (P<0,05). Períodos: Manhã (6h00 - 9h55), Intermediário (10h00 -
 630 13h55) e Tarde (14h00 - 17h55).
 631

632 **Tabela 4.** Tempo gasto por cada grupo experimental, na ingestão
 633 de concentrado, em minutos, no turno da manhã nos dois
 634 períodos do ano, em Belém, Pará.

	Mais chuvoso	Menos chuvoso
1%	37,77 ^{Ba}	38,05 ^{Ba}
0,5%	51,95 ^{Aa}	55,27 ^{Aa}
0,25%	30,55 ^{Ba}	39,16 ^{Ba}
0%	21,94 ^{Ca}	25,83 ^{Ca}

635 ^{AB} Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna, são diferentes
 636 (P<0,05). ^{ab} Médias seguidas de letras minúsculas distintas, na linha, são
 637 diferentes (P<0,05).

638 **Tabela 5.** Atividades gerais de búfalas em dois períodos do ano
 639 da Amazônia Oriental, em minutos.

	Mais chuvoso	Menos chuvoso
PASTEJO	185,28 ^{Bb}	198,82 ^{Ba}
RUMINAÇÃO	131,45 ^{Ba}	85,89 ^{Cb}
ÓCIO	309,92 ^{Aa}	327,36 ^{Aa}
COMENDO CONCENTRADO	38,05 ^{Da}	42,07 ^{Ea}
OUTRAS ATIVIDADES	55,48 ^{Ca}	65,28 ^{Da}

640 ^{AB} Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna, são diferentes
 641 (P<0,05). ^{ab} Médias seguidas de letras minúsculas distintas, na linha, são
 642 diferentes (P<0,05)

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer da tese, foi assinalada a importância da avaliação dos efeitos de variáveis climáticas sobre as variáveis fisiológicas e de comportamento de búfalas mestiças Murrah/Mediterrâneo, criadas nas condições climáticas da Amazônia Oriental.

No artigo 1 foi possível concluir que o turno da tarde, representado pelo horário de pico de temperatura local (13h00), é o mais estressante que o da manhã, representado pelo horário de temperatura mais amena (07h00). Esse resultado se deve ao fato das variáveis fisiológicas terem apresentado valores mais elevados, durante esse turno, fato que pode estar relacionado com o aumento da temperatura do ar, ocorridos durante esse turno, que proporcionaram condições desfavoráveis aos animais, os quais entraram em estresse térmico. Em situação de estresse térmico ocorre elevação da temperatura corporal e, conseqüentemente, aumento da evaporação respiratória e cutânea e fluxo sanguíneo periférico, que eleva a temperatura da superfície corporal. Com aumento do fluxo sanguíneo para a periferia do corpo, há vasodilatação periférica, que resulta em queda da pressão sanguínea e, para compensar essa baixa pressão, aumenta o trabalho cardíaco, com conseqüente elevação da frequência cardíaca.

Quando se considera os tratamentos experimentais, a torta de palmiste não influenciou as respostas termorregulatórias perante o estresse por calor. O incremento calórico das dietas pode não ter sido suficiente para provocar alterações na fisiologia do animal. Além disso, a não significância dos tratamentos poderia ser explicada pela adaptabilidade apresentada pelos bubalinos. Essas conclusões foram confirmadas através da capacidade de troca e armazenamento de calor dos animais apresentadas no capítulo 3.

As respostas termolíticas dos bubalinos sob radiação solar direta (Artigo 2) são amplas, entretanto os animais demonstram capacidade de recuperação fisiológicas completa durante o período com temperaturas mais amenas. Apesar de armazenar calor de forma rápida, os animais também possuem capacidade de perder calor de forma rápida, desde que exista um gradiente térmico.

No artigo 3, foi possível concluir que os animais alteram seu comportamento em função do ambiente térmico, mantendo-se mais tempo em ócio em períodos de temperatura mais elevada e retornando ao pastejo à medida que a temperatura vai diminuindo. Os búfalos costumam pastear durante o dia, principalmente no início da manhã e final da tarde, quando a radiação solar não é muito intensa, de modo que o pastejo noturno é muito comum. A saciedade provocada pelo pastejo noturno, e as condições desfavoráveis ao pastejo diurno poderiam

explicar o comportamento semelhante do grupo de animais estudados e a não influência dos tratamentos no comportamento dos animais.