



JAVIER ANDRÉS MORENO MENESES

**EFEITO DO ESTRESSE POR CALOR SOBRE
PARÂMETROS INGESTIVOS, DIGESTIVOS E
FISIOLÓGICOS DE BOVINOS ALIMENTADOS
COM DIETAS DE ALTO OU BAIXO NÍVEL
ENERGÉTICO**

LAVRAS/MG

2017

JAVIER ANDRES MORENO MENESES

**EFEITO DO ESTRESSE POR CALOR SOBRE
PARÂMETROS INGESTIVOS, DIGESTIVOS E
FISIOLÓGICOS DE BOVINOS ALIMENTADOS COM
DIETAS DE ALTO OU BAIXO NÍVEL ENERGÉTICO.**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, área de
concentração em Produção e Nutrição de
Ruminantes, para obtenção do título de
Mestre.

Prof. Dr. Mateus Pies Gionbelli
Orientador

**LAVRAS/MG
2017**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a)..**

Moreno, Meneses Javier Andrés.

Efeito do estresse por calor sobre parâmetros ingestivos, digestivo e fisiológico de bovinos alimentados com dietas de alto ou baixo nível energético./ Javier Andrés Moreno Meneses – 2017.

92 p.: il.

Orientador (a): Mateus Pies Gionbelli

Coorientador (a): Marcio de Souza Duarte, Rony Antônio
Ferreira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2017

Bibliografia.

1. Estresse por calor 2. Parametros ruminais 3. Bovinos Zebu.

JAVIER ANDRES MORENO MENESES

**EFEITO DO ESTRESSE POR CALOR SOBRE PARÂMETROS
INGESTIVOS, DIGESTIVOS E FISIOLÓGICOS DE BOVINOS
ALIMENTADOS COM DIETAS DE ALTO OU BAIXO NÍVEL
ENERGÉTICO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, área de
concentração em Produção e Nutrição
de Ruminantes, para obtenção do título
de Mestre.

APROVADA em 11 de Abril de 2017.

Dr. Marcio de Souza Duarte

UFV

Dr. Rony Antônio Ferreira

UFLA

Prof. Mateus Pies Gionbelli
Orientador

**LAVRAS – MG
2017**

A minha mãe Flor Maria

A toda minha família!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Flor Meneses, pelo amor incondicional, apoio e dedicação, fazendo com que eu fosse uma melhor pessoa.

A minha esposa Mayra Alejandra Contreras, pelo apoio incondicional, amor e paciência durante estes dois anos que ficamos separados.

Ao meu tio Armando e minhas tias Marlene e Omaira, que me ajudam e incentivam em todos os momentos.

Ao meu irmão Jorge Eliecer pela amizade, companheirismo e conselhos.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia por minha formação.

Ao Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao meu orientador, Dr. Mateus Pies Gionbelli, pela oportunidade, confiança e ensinamentos transmitidos. Sempre será um exemplo como pesquisador e pessoa.

Ao meu coorientador, Dr. Marcio de Souza Duarte, pela confiança, incentivo e imenso apoio em todos os momentos da realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Rony Ferreira pelos ensinamentos transmitidos nas aulas e pelas importantes contribuições para este trabalho.

A todos do laboratório de nutrição animal da Universidade Federal de Lavras, ao técnico Márcio o qual me auxiliou muito nas análises laboratoriais.

Ao NEPEC pelas amizades, ensinamentos e experiências aprendidas neste período.

ABSTRACT

The aim of this study was to verify the effect of a temperature of heat stress and the energetic level of the diet on the feed intake, water intake, dry matter, nutritional fractions digestibility, physiological and digestive behavioral parameters in beef cattle. The experiment was carried out in the beef cattle facilities of the Federal University of Lavras. Six heifers with an average initial weight of 280 kg were used in a 6×6 Latin square experiment with six treatments and six periods of 21 days. The 6 treatments consisted of a $2 \times 2 + 2$ factorial arrangement, with two temperatures during the day (24 °C and 34 °C), two diets (high and low energy level) and two additional treatments with restricted intake at the same level of the animals in heat stress to compare the variables to the condition of thermoneutrality. The data were analyzed using SAS. The animals in the treatments of heat stress had a decrease of 15% in the total dry matter intake (TDMI), which represented a reduction on average of 1.33 kg of DMI. However, there was an increase in water intake by 38.5% ($P < 0.0001$). There was no difference in the total apparent digestibility coefficient of DM, OM, PB, EE and NDT ($P > 0.05$). Animals with free intake and fed with high energy level presented higher values of pH (pH = 5.62). The animals that underwent heat stress had higher values of ruminal temperature (39.6 °C vs 39.4 °C). For the variable N-NH₃, there was a significant effect ($P = <.0001$) of the diet, with the highest values presented by the animals with low energy diets. No effects of the interaction between the evaluated factors and the variables related to the ocular and corporal temperature were observed. The ocular temperature at 18 hours was influenced by heat stress ($P < 0.001$), being 1.7 °C higher than the temperature measured during the first hours of the day. There was a significant effect of heat stress on body temperature ($P < 0.001$). The heart rate was influenced by the daytime ambient temperature ($P = 0.007$) with a 16% increase in beats per minute. The respiratory rate was affected as a function of the heat stress treatment, both in the day and at

night ($P < 0.001$). Animals with low energy level diets presented higher values of rumination time (33%) ($P = 0.052$). Heat stress increases water intake and reduces intake of dry matter, nutritional fractions and energy, but does not alter digestibility in zebu heifers. Ruminal temperature is marginally elevated under conditions of heat stress in cattle. Increased respiratory rate is the main way of controlling body temperature presented by zebu cattle in heat stress.

Key words: Ruminal parameters. Paired intake. Digestibility. Zebu cattle.

RESUMO

Pretendeu-se com este trabalho verificar o efeito de uma temperatura de estresse por calor e o nível energético da dieta, sobre a ingestão de alimentos, água, digestibilidade da matéria seca e frações nutricionais, parâmetros ingestivos, digestivos, fisiológicos e comportamentais em bovinos de corte. A pesquisa foi conduzida no setor de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Lavras. Foram utilizadas seis novilhas com peso médio inicial de 280 kg, num experimento em delineamento quadrado latino 6 x 6, com 6 tratamentos e 6 períodos de 21 dias. Os 6 tratamentos consistiram de um arranjo fatorial 2x2+2, com duas temperaturas ambiente durante o dia (24°C e 34°C), duas dietas (alto e baixo nível energético) e dois tratamentos adicionais com consumo restrito ao mesmo nível dos animais em estresse por calor para avaliar maneira comparativa as variáveis à condição de termoneutralidade. Os dados foram analisados utilizando a metodologia de modelos mistos no SAS. Os animais nos tratamentos de estresse por calor tiveram um decréscimo de 15% do consumo de matéria seca (CMS) o que representou uma redução em média de 1,33 kg de MS, no entanto houve um aumento no consumo de água 38,5% (P <.0001). Não houve diferença para o coeficiente de digestibilidade total aparente da MS, MO, PB, EE e NDT (P>0,05). Animais com alto nível energético na dieta apresentaram valores superiores de pH (pH=5,62). Em quanto os que foram submetidos a estresse por calor apresentaram em média maiores valores de temperatura ruminal (39,6 °C vc 39,4 °C). Para a variável N-NH₃ houve efeito significativo (P= <.0001), da dieta, sendo os maiores valores apresentados pelos animais com dietas de baixo nível energético. Não foram observados efeitos da interação entre os fatores avaliados e as variáveis relacionadas à temperatura ocular e corporal (P>0,05). A temperatura ocular às 18:00 h sofreu influência dos tratamentos de calor (P <0,001), sendo 1,7 °C maior que a temperatura mensurada durante as primeiras horas do dia. Houve efeito significativo do estresse por calor sob a temperatura corporal (P<0,001). O batimento cardíaco sofreu influência da temperatura ambiente diurna (P=0,007) com um aumento de 16% nos bpm. A frequência respiratória foi afetada em função do tratamento de estresse por calor, tanto de dia como à noite. (P <0,001). Animais com dietas de baixo nível energético apresentaram maiores valores de tempo de ruminação (33%) (P=0,052). O estresse por calor

aumentou o consumo de água e reduz o consumo de matéria seca, frações nutricionais e energia, mas não altera a digestibilidade em novilhas zebuínas. Aumento da frequência respiratória é a principal via de controle da temperatura corporal apresentada por zebuínos em estresse por calor.

Palavras-chave: Parâmetros ruminais. Consumo pareado. Digestibilidade. Bovinos zebu.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Aclimação de Zebuínos a estresse por calor	16
2.2 Características do pelame	18
2.4 Respostas fisiológicas de bovinos submetidos ao estresse por calor . 21	
2.5 Respostas hormonais de bovinos de corte submetidos a estresse por calor	23
2.6 Efeitos do estresse por calor sobre consumo de alimentos e parâmetros digestivos	28
2.7 Aumento da exigência de manutenção em função do estresse calórico .32	
3. OBJETIVO GERAL	35
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
5. MATERIAL E MÉTODOS	36
6. RESULTADOS	47
7. DISCUSSÃO	60
8. CONCLUSÕES	71
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	72

1. INTRODUÇÃO

Os bovinos de corte estão distribuídos em muitas regiões climáticas e, exceto em alguns sistemas de criação intensivos, estão amplamente expostos às condições climáticas locais. Em sistemas intensivos de produção tais como confinamentos com abrigos, pode ocorrer alguma modulação e proteção dos fatores climáticos, mas outros fatores de estresse, tais como gases contaminantes, poeira, lama, ou densidade podem comprometer o desempenho animal (NRC, 1981).

Extremos na temperatura ambiente influenciam o comportamento, a fisiologia e a produtividade dos animais devido aos complexos processos envolvidos na regulação da temperatura corporal. Para desenvolver fatores de ajuste nas recomendações nutricionais para bovinos de corte, é necessário entender melhor as interações de: (1) Consumo voluntário de alimento e de água, (2) Capacidade de assimilação dos nutrientes disponíveis nos alimentos consumidos, e (3) Exigências energéticas para manutenção do animal. A última é composta por dois componentes, um associado com a aclimação ao ambiente e o outro às respostas metabólicas agudas relacionadas ao estresse por calor (ALVES et al., 2004).

A produtividade animal é maximizada em estreitas condições ambientais e por isso que quando a temperatura ambiente está abaixo ou acima do limiar de valores ideais, os animais usam mecanismos fisiológicos e comportamentais para atender suas demandas energéticas com o fim de manter uma temperatura corporal segura. O estresse por

calor tem impacto negativo em várias características produtivas, incluindo a produção de leite, crescimento, reprodução e composição da carcaça (BAUMGARD e RHOADS, 2013). O estresse por calor é uma condição fisiológica que ocorre quando a temperatura corporal do animal excede o limite superior de segurança, resultando em uma carga térmica maior que a capacidade de dissipação de calor. Isso resulta em respostas fisiológicas e comportamentais na tentativa de manter a homeostasia (FAYLON et al., 2015).

Os animais homotérmicos mantêm a temperatura corporal relativamente constante com variação em torno de até 1°C (BERMAN et al., 1985), pelo balanço entre o calor produzido no metabolismo e o ganho do ambiente, funcionando a temperatura corporal como a principal via de regulação da dissipação de calor. Este balanço calórico é obtido pelos efeitos dos mecanismos termorregulatórios fisiológicos, morfológicos e de comportamento. Sob muitas condições há perda líquida contínua de calor sensível da superfície corporal por condução, convecção, e radiação, e sob todas as condições há perda contínua de calor insensível a partir do trato respiratório e superfície epidérmica (NRC, 2000).

Quanto às reações dos bovinos de corte às condições de temperatura elevada, o NRC, (2000) destacou mecanismos para melhorar a dissipação do calor como: mudanças de comportamento ou diminuição das atividades procura por sombra para reduzir a exposição à radiação, busca de morros para aumentar a exposição ao vento, ou entrar na água para aumentar a dissipação de calor, e como mecanismos de adaptação fisiológica, mudanças no metabolismo basal, taxa respiratória,

distribuição do fluxo sanguíneo para a pele e pulmões, consumo de alimento e água, taxa de passagem do alimento através do trato digestivo e cobertura de pelos. Mudanças fisiológicas usualmente associadas com temperaturas agudas inclui sudorese, assim como mudanças no consumo de alimento e água, taxa respiratória e frequência cardíaca.

Trabalhos clássicos sobre mecanismos termorreguladores de bovinos submetidos a estresse por calor foram feitos em animais *Bos taurus*, sendo o desempenho a característica produtiva mais avaliada, e explicada em função da baixa ingestão de alimentos, diminuição da taxa metabólica e alteração de vários hormônios (PEREIRA et al., 2008). Não são encontrados na literatura trabalhos que buscam avaliar o efeito do estresse por calor sobre variáveis fisiológicas e produtivas dissociado das alterações no consumo de alimento.

Existem poucas evidências de como o estresse por calor tem efeito sobre variáveis fisiológicas e produtivas de zebuínos de corte, assim como as alterações nas dinâmicas da digestão (parcial ruminal e intestinal). Além disso, pode-se notar que o sistema BR-CORTE (VALADARES FILHO et al., 2010) não faz qualquer ajuste nas estimativas de consumo de alimento e exigências nutricionais para zebuínos de corte e seus cruzados, sendo esta uma lacuna de conhecimento a ser preenchida. A literatura sobre animais *Bos indicus* carece de informações sobre efeito da temperatura média ambiente sobre o consumo de matéria seca, perdas endógenas de proteína bruta (exigências de proteína para manutenção) e macrominerais.

Em base disso, hipotetizamos que bovinos em estresse por calor reduzem o consumo de alimentos e a absorção de nutrientes e aumentam a ingestão de água, temperatura corporal, taxas de batimento cardíaco e de respiração.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do estresse por calor e do tipo de dieta (alta ou baixa concentração energética) sobre a ingestão de alimentos, digestibilidade total aparente das frações nutricionais, parâmetros comportamentais, fisiológicos e ruminais; avaliando as possíveis alterações fisiológicas e comportamentais associadas ou dissociadas das variações no consumo de alimentos causadas pelo estresse por calor.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aclimação de Zebuínos a estresse por calor.

Raças bovinas zebuínas são conhecidas por apresentarem melhor aclimação do que raças taurinas (BEATTY et al., 2006, RENAUDEAU, et al., 2012). Tais adaptações são resultado de milhares de anos de evolução em condições de temperaturas e umidades elevadas, como os trópicos (SENFTE e RITTENHOUSE, 1985, RENAUDEAU, et al., 2012). O resultado de tais adaptações fez com que o Zebuíno tenha capacidade de suportar cerca de 3 a 4 graus a mais que animais taurinos quando submetido a estresse por calor (GAUGHAN, et al., 1999, HANSEN , 2004, BEATTY, et al., 2006, GAUGHAN, et al., 2010). Mesmo considerando-se a melhor adaptação de zebuínos a condições de alta

temperatura, nota-se que os níveis críticos superiores de temperaturas estão ainda abaixo das temperaturas máximas médias ocorrentes em boa parte do ano no Brasil central (CPTEC-INPE, 2014). Embora a literatura conte com um elevado número de estudos sobre estresse por calor em bovinos, estes se referem em grande maioria a bovinos leiteiros (BAETA , et al., 1993, 1987, KUME, 1992, KURIHARA, 1992, MOORE, et al., 1992, TYLUTKI, et al STOWELL e BICKERT, 1997, ARECHIGA , et al., 1998, KADZERE, et al., 2002, MITLOHNER , et al., 2002, DE RENSIS e SCARAMUZZI, 2003, BERMAN, 2005, RENAUDEAU , et al., 2012).

Estudos dos efeitos do estresse por calor em bovinos de corte são menos frequentes e concentram-se, normalmente em variáveis reprodutivas (HAHN , et al., 1993, LEE , 1993, BROWN-BRANDL , et al., 2006, HANSEN , 2009, RENAUDEAU, et al., 2012). Tais estudos, entretanto, são em grande maioria específicos para animais taurinos, de forma que formam a base dos ajustes propostos pelos sistemas de alimentação do NRC (NRC, 2000, 2001). Quando consideram-se zebuínos, os estudos realizados no Brasil são escassos, havendo, no entanto, estudos comparativos entre grupos genéticos, conforme já descrito, com pouca concentração entre efeito da temperatura sobre desempenho, nutrição e fisiologia de zebuínos de corte.

2.2 Características do pelame

A cor do pelame é um dos mais importantes aspectos envolvidos nos processos de tolerância ao calor em animais, uma vez que esta determina, juntamente com as características estruturais do pelame, a proporção de radiação solar que é absorvida. Pelames escuros absorvem maior quantidade de radiação térmica (CENAE MONTEITH 1975a; SILVA et al., 2003), pelames claros a refletem. A forte pigmentação da epiderme nos zebuínos constitui uma importante barreira contra a radiação ultravioleta, que em grande parte atravessa o pelame pouco espesso desses animais. Por outro lado as raças europeias de pelame branco (despigmentados) que ficam expostas diretamente à radiação solar sofrem queimaduras frequentemente, as quais podem ser até de terceiro grau ou produzir neoplasias. É um fato reconhecido que todas as variedades animais tropicais e inclusive as humanas, apresentam epiderme altamente pigmentada.

Os mecanismos usados pelos animais para a troca de calor vão depender da carga térmica interna de cada indivíduo e do estresse por calor imposto pelo ambiente. Estes últimos são dependentes dos gradientes de temperatura e de pressão de vapor da atmosfera e da resistência ao fluxo de calor entre estes gradientes. Características do pelame como: A cor, espessura, diâmetro, comprimento e número de fibras por área, podem afetar consideravelmente os mecanismos de troca térmica (HUTCHINSON E BROWN, 1969; KOVARIK , 1973; FINCH et al., 1984; SILVA et al., 1988; McARTHUR , 1991; SILVA,1999). O

pelame dos animais assume importância fundamental para as trocas térmicas entre o organismo e o ambiente. Nas regiões tropicais, a capa tem a função de proteção mecânica da epiderme, de mimetismo e de proteção contra radiação solar. Dentre as características que mais interessam aos organismos nas regiões tropicais, destaca-se a capacidade de resistência à intensa radiação solar, qualidade muito importante para os animais em condições de pasto. Tal capacidade está diretamente relacionada com a presença de uma capa externa de pelame apropriado (SILVA , 2000a). Quando nos referimos ao tipo de pelame mais vantajoso para bovinos em regiões tropicais, temos que definir o sistema de criação, ou seja, se existe proteção contra a radiação solar. De modo geral, o tipo mais vantajoso de bovino para regiões tropicais seria aquele que apresenta uma capa de pelame branco, com pelos bem assentados sobre uma epiderme altamente pigmentada. Entretanto, uma vez que na maioria das raças europeias a pigmentação da epiderme acompanha a do pelame, têm-se duas alternativas: sob-regime de pasto, dar preferência a animais predominantemente pretos; sob regime de estabulação, animais predominantemente brancos foram mais vantajosos. Em qualquer caso, o pelame deverá ser o menos espesso possível, com pelos curtos, grossos e bem assentados (SILVA , 1999). A transferência térmica através do pelame depende do número de pelos por unidade de área, do ângulo de inclinação dos pelos em relação à epiderme, de seu diâmetro e do comprimento. O calor conduzido através das fibras é maior do que o conduzido pelo ar. Deste modo, quanto maior o número de pelos por unidade de área e quanto mais grossos forem os mesmos, maior foi a quantidade de energia térmica conduzida através da capa. A resistência

térmica da capa pode ser maior pela presença de fibras finas e compridas (SILVA , 2000b). Os efeitos da espessura do pelame sobre a troca de calor são marcantes e o aumento de 3 para 10 mm reduz a perda de calor sensível de bovinos de 17 para 10% (TURNPENNY et al., 2000). Além da estrutura morfológica do pelame, uma alta refletância à radiação de ondas curtas que confere capacidade de resistência à intensa radiação solar é uma qualidade muito importante para os animais mantidos em condições de pasto. (SILVA et al. 1988). Nos bovinos de raças Britânicas, o tipo de pelame é altamente correlacionado à tolerância ao calor, podendo ser empregado como um índice de adaptação em ambientes tropicais (TURNER , 1962).

Animais adaptados a climas quentes apresentam pelame com menor resistência ao fluxo de calor. Como descrito anteriormente, o pelame adequado para bovinos em regiões tropicais é aquele que apresenta pelos brancos, bem assentados, curtos e grossos, sobre uma epiderme pigmentada (SILVA, 1999). Finch et al. (1984) relataram que pelames densos e espessos, típicos de muitas raças europeias, têm reduzido fluxo de calor por condução e convecção, o que intensifica os efeitos do estresse calórico. O pelame liso, curto e de cor clara dos zebuínos facilita a eliminação do calor corporal e reduz a entrada de calor por radiação (HUTCHINSON E BROWN, 1969; SILVA et al.,2003).

2.4 Respostas fisiológicas de bovinos submetidos ao estresse por calor.

Em todo o mundo, os animais ruminantes são muitas vezes criados parcial ou totalmente ao ar livre, com uma constante exposição a condições climáticas naturais. Em tais condições, o estresse por calor é causado pela combinação de fatores ambientais (temperatura, umidade relativa, radiação solar, circulação do ar e da precipitação).(BEEDE e COLLIER, 1986; WIERSMA e ARMSTRONG, 1989).

As adaptações fisiológicas e metabólicas sofridas pelos animais em condições de estresse são consideradas respostas termoregulatórias com consequências negativas sobre a produtividade e saúde animal, o qual levava a uma redução do desempenho, já seja pelo efeito direto ou indireto da redução do consumo. Renaudeau et al., (2012). O aumento do calor ocorre quando há uma combinação de condições ambientais desfavoráveis e fatores próprios do animal, que levam a um aumento do teor calórico além da faixa fisiológica considera normal do animal. Bernabucci et al., (2010); (YOUNG, 1993). Animais de raças zebuínas possuem maior capacidade de regular a temperatura corporal em resposta ao estresse por calor. A capacidade de ruminantes em regular a temperatura corporal é dependente das espécies e da raça. Raças leiteiras são geralmente mais sensíveis ao estresse por calor do que as raças de corte. Raças, e animais com maior produção, são mais suscetíveis ao estresse por calor porque geram mais calor metabólico. Bernabucci et al., (2010). Além disso, a exposição a temperatura elevada produz maior deletério sobre suas células. (HANSEN, 2004).

As respostas fisiológicas de animais para períodos agudos de excessiva carga térmica têm sido bem descritas. Diversos pesquisadores estudaram os mecanismos de adaptação fisiológica. (SEVI et al., 2001; MAURYA et al., 2004; MARAI et al., 2007; OTOIKHIAN et al., 2009; PHULIA et al., 2010; BLACKSHAW, 1994; SANCHEZ et al., 1994; GAUGHAN et al., 1999) e incluem aumento da frequência respiratória, temperatura retal, frequência cardíaca, diminuição do consumo de alimento, o aumento da ingestão de água, e os desequilíbrios nos gases sanguíneos e eletrólitos do plasma.

BEATTY et al., (2006) avaliaram as respostas fisiológicas de vacas *Bos indicus* e *Bos taurus* submetidas ao estresse por calor prolongado, os autores demonstraram aumentos da temperatura corporal das raças quando foram submetidas a temperaturas superiores a 32 °C. A ingestão de matéria seca e consumo de água também foi significativo para as duas raças, tendo assim uma diminuição do consumo de matéria seca, o que está associado significativamente com o aumento da temperatura corporal. No caso da água, houve um aumento no consumo de quase um 50% para as duas raças avaliadas, o que é considerado também como efeito direto do estresse calórico. Para frequência respiratória e batimento cardíaco houve diferença entre as raças, sendo os animais *Bos taurus* os que apresentaram maiores valores. Segundo os autores, esta diferença foi porque os bovinos *indicus* têm uma série de características anatômicas e fisiológicas que melhoram a perda de calor da pele, o seja os animais têm um maior fluxo sanguíneo para a pele, facilitando assim a transferência de calor para a superfície.

Segundo Sharma et al., (2013), a frequência respiratória, a taxa de pulsação e a temperatura retal são os parâmetros que ilustram o mecanismo de adaptação fisiológica.

Rhoads et al., (2008) examinaram os efeitos do estresse por calor crônico sobre o músculo esquelético em gado de corte, usando análise de micro arranjo. Foram obtidas biopsias do músculo esquelético semimembranoso em condições de termoneutralidade e após a exposição a stress calórico. Foram identificadas mudanças drásticas no perfil transcricional do músculo, revelando que durante o estresse por calor o músculo esquelético bovino pode experimentar disfunção mitocondrial, prejudicando o status de energia celular, o que tem amplas implicações na redução do crescimento.

2.5 Respostas hormonais de bovinos de corte submetidos a estresse por calor.

É essencial entender o funcionamento do complexo hipotálamo – hipófise, ao se abordar aos mecanismos fisiológicos dos hormônios quando os animais são submetidos a condições de estresse. Ao nível do hipotálamo há uma resposta imediata entre o sistema nervoso central e as glândulas endócrinas. Além de ser um termostato regulador da temperatura, o hipotálamo pode desempenhar outras funções, entre as quais está o controle de todo o sistema endócrino, através do eixo hipotálamo-hipófise (VILELA, 2013).

Segundo Eiler (2006), o sistema endócrino opera através de mensageiros químicos, os quais são reconhecidos por receptores

hormonais específicos nas células alvo e o grau de resposta está associado à dose hormonal e ao tempo de exposição.

Selye (1950) definiu as respostas dos animais a agentes estressores em três estágios. O primeiro estágio recebeu o nome de alarme, é onde os animais reconhecem o agente estressor e ativam seu sistema neuroendócrino.

Inicialmente o mecanismo de alarme atua ativando o sistema nervoso autônomo simpático, por ordem do hipotálamo, é no hipotálamo onde há secreção do neuro-hormônio liberador de corticotrofina (CRH) pelas células neuro-secretoras, o CRH estimula a liberação do hormônio adrenocorticotrófico ou corticotrofina (ACTH) (EILER, 2006), (GARDNER, 2006).

Segundo Collier et al., (2005) é de considerar que eixo hipotálamo-hipófise-adrenal também é um componente-chave das respostas para a aclimação ao estresse calórico, por outro lado o hormônio liberador de corticotropina, tem a função de estimular o hormônio somatostatina; pelo qual os animais estressados pelo calor reduziram as concentrações de GH e níveis de tireoide (RIEDEL et al., 1998).

O ACTH estimula as glândulas suprarrenais, os quais passam a produzir e liberar os hormônios como cortisol, mineralocorticoides (aldosterona) e alguns hormônios sexuais (andrógeno e estrógeno) os quais quando os animais ficam em condições de estresse prolongado diminuem as respostas imunológicas, os processos digestivos, mantem o

equilíbrio de eletrólitos (Na e K), de água e diminui a libido. (EILER, 2006)

No segundo estágio, chamado de adaptação o organismo reduz os níveis hormonais e tentará reparar os danos causados no primeiro estágio, mas se as condições de estresse as quais são submetidos os animais são persistentes ou crônicos o animal entrara no terceiro estágio, onde terá falhas nos mecanismos de adaptação, baixas reservas energéticas, alterações no sistema imune, desenvolvimento e reprodução. (SELYE, 1950).

Segundo o Farooq et al., (2010). O sistema endócrino é altamente envolvido com a coordenação do metabolismo alterado pelo estresse por calor. Os hormônios associados com estresse por calor são prolactina, hormônio do crescimento (GH), hormônios tireoidais, glicocorticoides, mineralocorticoides e hormônio antidiurético (ADH). (COLLIER et al., 2005). As elevadas concentrações plasmáticas de prolactina durante o estresse por calor não têm uma função clara estabelecida (FAROOQ et al., 2010). Os níveis plasmáticos de hormônio do crescimento são reduzidos durante o estresse por calor em bovinos como tentativa de redução da produção de calor (HANSEN, 2004, BEATTY, et al., 2006, RENAUDEAU, et al., 2012).

Se a exposição ao estresse é prolongada, a aclimatação é utilizada como mecanismo de adaptação e é alcançada através de processos de homeostase de aclimatação (HOROWITZ , 2001), e estes são parcialmente caracterizadas por uma diminuição do hormônio de crescimento (GH), níveis de catecolaminas e glucocorticóides. Segundo

Johnson , (1980) e Yousef , (1987) Os animais que ficam com um estado endócrino alterado, tendem apresentar uma redução dos níveis circulantes de tiroxina (T4) e triiodotironina (T3), conseqüente a isso os animais tem uma queda na taxa metabólica basal.

Os hormônios da tireóide, T4 e T3, fornecem um importante mecanismo para a aclimatação e receberam considerável atenção das pesquisas nos últimos anos. É bem conhecido que a aclimatação ao calor diminui os níveis endógenos de hormônios da tireoide (em uma tentativa de reduzir a produção endógena de calor) sendo apresentado como padrão para aqueles mamíferos adaptados a climas mais quentes. (HOROWITZ, 2001).

Sivakumar et al., (2010) estudaram o efeito da suplementação com antioxidantes no equilíbrio ácido básico durante o estresse por calor em cabras, e relataram que houve aumento na concentração plasmática de prolactina 11,73-26,37 ug / L e cortisol 25,27-40,57 nmol / L quando as cabras foram submetidas ao estresse calórico, enquanto os nível de T3 e T4 nível diminuíram de 4,55 e 21,27-3,21 e 16,70 pmol / l, respectivamente, e concluíram que há um declínio nos níveis de T3 e T4 durante a exposição de cabras a radiação solar, resultados que foram corroborados por Helal et al.,(2010). Valores similares foram encontrados por Nascimento et al., (2013), avaliaram o perfil de hormônios da tiroide em vacas guzerá e holandesas em ambiente tropical, e encontraram níveis reduzidos dos hormônios nas vacas holandês durante os meses de maior temperatura ambiental. O autor explicou que

neste estudo, os animais da raça Guzará mostraram-se mais adaptados ao clima quente da região tropical.

Segundo Collier et al., (2008) o processo de aclimação está sob regulação endócrina, além disso há uma variedade de sinais do sistema endócrino associados com uma variedade de fatores de stress que modificam a resposta intracelular ao estresse calórico. Segundo Collier et al., (2008), relataram que hormônios como prolactina e melatonina, tem o papel de regular de maneira positiva a expressão do gene Heat shock proteins (HSP-70) durante a exposição prolongado ao calor.

A manutenção do equilíbrio mineral sob clima quente é de profunda importância para o crescimento, produção, reprodução e resistência às doenças e parasitos. O clima quente pode descompensar o equilíbrio mineral dos animais de exploração através da diminuição do consumo de alimentos, aumento do consumo de água, aumento da excreção de urina, sudorese, o que pode diluir e lavar os minerais do corpo. (KAMAL et al., 1984).

Nessim, e Kamal (2010) avaliaram o efeito do estresse por calor sobre as mudanças no equilíbrio mineral e aldosterona em búfalos. Os resultados demonstraram diferenças significativas na temperatura retal (38.3°C a 39.32°C) e frequência respiratória (25.38 mrm a 110.8 mrm) quando houve aumento da temperatura ambiente de 38,30 para 39.32°C, A aldosterona (ALD) aumentou ($P < 0,05$) de 5,79-37,11 pg / ml ao passo que o sódio, potássio, cálcio, fósforo e magnésio foram diminuídos ($P < 0,01$) para 19,16%, 40,70%, 46,05%, 35,69% e 48,99%, respectivamente. Os autores explicaram que o aumento do nível de ALD

foi devido à reabsorção de sódio pelas glândulas salivares, sudoríparas, rins e intestinos e também pela excreção de potássio pela urina e fezes. Estes resultados corroboram os obtidos por Aranas (1987), que relataram que a queda na produção de leite em vacas Holandesas durante o verão é mediada pela ação da aldosterona, a qual aumentou no sangue durante a estação quente, a fim de incrementar a conservação da água. Também relataram que os animais submetidos ao estresse por calor tiveram menos sódio e água no leite devido a um aumento da secreção endógena de aldosterona.

Segundo Collier, (1982) Potássio e sódio são os principais cátions envolvidos na manutenção do equilíbrio ácido-base. As vacas submetidas a condições climáticas quentes podem ter perturbações do equilíbrio ácido-base resultantes de alcalose respiratória e um desequilíbrio renal produzido pelo aumento de sódio e HCO_3 na urina.

2.6 Efeitos do estresse por calor sobre consumo de alimentos e parâmetros digestivos.

A questão de como a temperatura afeta o consumo de ração ou forragem dos ruminantes tem sido pesquisada há muito tempo. (THOMPSON, 1973). A eficiência alimentar é reduzida provavelmente devido ao gasto energético do animal tentando livrar o corpo do excesso de carga de calor por meio do aumento da respiração e outras atividades comportamentais relacionadas. (FUQUAY, 1981).

O Estresse por calor pode impedir uma ótima produção através de vários mecanismos incluindo a alteração das características da digestão (BAUMGARD e RHOADS, 2013). No entanto, as influências do estresse

por calor na digestibilidade dos nutrientes ainda não são compreendidas na sua totalidade. Presumivelmente, a digestão aumenta, conforme a taxa de passagem de sólidos diminui. Segundo Beede e Collier (1986). A digestibilidade do alimento aumentou quando os animais foram submetidos a temperaturas mais elevadas, mas é provavelmente devido ao consumo restrito, o que resultou em uma lenta taxa de passagem. Têm sido relatadas poucas relações entre o estresse por calor e digestibilidade da dieta em vacas leiteiras (MATHERS et al., 1989); (WENIGER e STEIN, 1992) e pequenos ruminantes (SILANIKOVE,1992). Durante condições de termoneutralidade, é bem documentado que o nível de consumo de matéria seca pode afetar a taxa de passagem e digestibilidade (NRC, 1996), mas a nosso conhecimento, poucos experimentos avaliaram o efeito direto e indireto do estresse por calor em bovinos *Bos taurus indicus*.

Hossein Yazdi et al., (2016), avaliaram o efeito do estresse por calor sobre metabolismo, digestibilidade e características epiteliais do rúmen em bezerros em crescimento da raça holandesa, os resultados demonstraram que houve uma redução do consumo de matéria seca induzida pelo estresse calórico, a qual foi responsável pelas diferenças de ganho obtidas entre o grupo controle e animais sob estresse. No entanto a expressão de genes relacionados a absorção de AGV no epitélio ruminal não foi afetada pelo tratamento calórico. Os autores concluíram que o período curto o qual foram submetidos os animais não teve nenhum efeito sobre a digestibilidade da dieta e a morfologia ruminal. Por outro lado Bernabucci et al., (2009) avaliaram o efeito de diferentes períodos de

exposição ao calor sobre a função ruminal e digestibilidade em ovinos, encontraram que o estresse por calor causou um aumento ($P < 0,01$) no consumo de água, reduções do consumo de matéria seca ($P < 0,05$) e redução das taxas de passagem da digesta. Resultados similares foram encontrados por Warren et al., (1974) avaliando digestibilidade e taxa de passagem de novilhos de raça holandesa alimentados com alfafa e feno de orchardgrass submetidos a temperaturas superiores a 30°C .

Lippke, (1975) e Ellis et al., (1984) trabalhando com novilhos leiteiros submetidos a estresse por calor alimentados com dietas exclusiva de forragem demonstraram que o aumento da temperatura diminui o consumo de matéria seca, causando um aumento da digestão, diminuição da taxa de passagem do sólido e o aumento do volume ruminal. Os autores encontraram uma forte evidência que sugere que a atividade tiroideana exerce uma influência sobre a taxa de passagem. Miller et al., (1974) propôs que a redução da motilidade intestinal e o tônus muscular são consequências decorrentes de uma baixa produção dos hormônios da tiroide, o que pode permitir maior acúmulo de material no rúmen e abomaso. Resultados similares foram demonstrados por Ole Miaron e Christophersonl (1992) quem avaliaram o efeito de uma prolongada exposição ao calor de novilhos de corte sobre motilidade reticular, taxa de passagem e digestibilidade. Os autores encontraram uma redução das contrações reticulares, junto com a diminuição das concentrações de triiodotironina (T3), quando os animais estavam acima da sua zona de termoneutralidade.

Engelhardt e Hales (1977) submeteram ovelhas Merino a temperaturas quentes (40 ° C Bulbo Seco e 27° C Bulbo úmido) para avaliar o efeito do calor sobre a partição do fluxo sanguíneo capilar no rúmen, retículo, e omaso, encontraram que houve uma vasodilatação periférica e vasoconstrição central, o que causou uma diminuição do fluxo sanguíneo para o sistema digestivo dos animais, o que levou a uma redução da absorção de nutrientes. Os autores demonstraram que o fluxo sanguíneo nas mucosas do rúmen e o retículo foi em média 17% mais baixa, essas respostas foram pela ativação dos receptores na medula espinhal, os que levaram a informação até o hipotálamo para ativar essa resposta vasoconstritora. É também de salientar que esta diminuição no fluxo sanguíneo muscular causada pelo aquecimento da medula espinhal correlaciona-se com a diminuição da motilidade do estômago, o que foi corroborado por Tsuchiya et al., (1974) e Christopherson (1985). Segundo Lambert (2008). Animais estressados pelo calor distribuem sangue para os tecidos periféricos, causando uma vasoconstrição no trato gastrointestinal, o que demonstra que essas alterações na morfologia epitelial do rúmen pode ser um dos mecanismos de defesa dos animais, que pode afetar o desempenho produtivo.

É importante mencionar que o estresse por calor diminui o metabolismo energético (taxa metabólica basal) e aumenta o metabolismo de eletrólitos e consumo de água. Beatty et al., (2006) avalio as respostas fisiológicas prolongadas do gado *Bos indicus* e *Bos taurus* submetidos a temperaturas e umidade contínua, e encontraram que houve um consumo maior das duas raças avaliadas durante o período quente, e houve uma

redução das concentrações plasmáticas de hormônios metabólicos, tais como tiroxina (T3) o hormônio do crescimento (GH) e corticoides.

2.7 Aumento da exigência de manutenção em função do estresse calórico.

As exigências nutricionais de manutenção são um dos componentes mais importantes na eficiência biológica da produção de carne e leite. A fração da energia da dieta que é despendida para a manutenção dos animais foi estimada aproximadamente em 60 a 70% (FERRELL , 1988) ou 71% (JOHNSON , 1984), dependendo da percentagem de animais em cada categoria de produção.

Existem diferenças entre as categorias animais e a quantidade de energia necessária para a manutenção (FERRELL e JENKINS , 1984; SOLIS et al., 1988). Estas diferenças podem ser associadas com as diferenças entre os animais no seu nível de produção e a proporção de órgãos metabolicamente ativos (JENKINS et al., 1986; TAYLOR et al., 1986; FERRELL, 1988), sugeriram que a proporção de tais órgãos ativos é transmitida geneticamente. Por isso, o jejum e a produção de calor para manutenção do animal devem ter um componente genético aditivo.

O estresse por calor aumentou as exigências de manutenção em roedores, aves (YAHAV , 2007), ovinos (WHITTOW e FINDLAY, 1968; AMES et al., 1971; COLLINS et al., 1980) e bovinos (MCDOWELL, et al, 1969; MORRISON , 1983; BEEDE e COLLIER, 1986; HUBER , 1996). Laurenz et al., (1991) avaliaram o efeito da estação sobre os requerimentos de manutenção em duas raças de corte (Angus x Simmental) e ambas raças tiveram maiores exigências

nutricionais durante a época seca. Os autores discutiram que o aumento das exigências de manutenção dos animais ocorreu devido à perda da massa corporal das vacas, o que foi relatado também por Laurenz et al., (1989) (citados por Laurenz et al., 1991) que encontraram alterações na composição corporal de vacas Angus e Simmental submetidas a estresse calórico.

O mecanismo biológico pelo qual o estresse por calor tem impacto sobre a produção e reprodução é explicada pela redução do consumo, mas também inclui uma alteração do estado do sistema endócrino, redução na ruminação e absorção de nutrientes e aumento dos requisitos de manutenção (COLLIER et al., 2005), estes fatores produzem redução de nutrientes e energia, o seja uma redução na ingestão calórica, combinada com o aumento do gasto energético para a manutenção, produzindo um balanço energético negativo (RHOADS et al.,2009)

O maior gasto energético durante o estresse por calor ocorre em função da respiração ofegante e maiores taxas de sudação. (KLEIBER ,1961; FUQUAY , 1981). Segundo o NRC (1981) o estresse por calor aumentou a taxa respiratória de bovinos, o que aumentou as despesas energéticas para manutenção em um 7%, mas quando o animal começa a ter maior atividade física entra em fase ofegante o que poderia aumentar o custo energético de manutenção.

Segundo o NRC (1981) os animais como mecanismo de defesa, compensam dentro dos limites normais, variações na temperatura mediante alterações no consumo de MS, no metabolismo e na perda de calor, o que a sua vez altera a partição de energia pelos animais. A

eficiência de utilização da energia decresce durante estresse calórico, possivelmente devido ao aumento das exigências para manutenção (CUMMINS, 1992), o que pode requerer mudanças quanto às relações entre os diferentes nutrientes e a energia da dieta (NRC, 1981).

Embora seja difícil de quantificar, estima-se que os custos de manutenção de vacas em lactação aumentam em até 25% durante o estresse por calor (NRC, 1989), e alguns autores sugerem que pode ser maior do que 30% (FOX e TYLUTKI, 1998). No entanto, devido ao fato de que animais estressados pelo calor normalmente têm uma redução de hormônios da tireoide (SANO et al., 1983; JOHNSON et al.1988; PRUNIER et al., 1997; GARRIGA et al., 2006), o consumo de oxigênio e a produção de calor podem diminuir. Autores como Kleiber (1961) e Yunianto et al., (1997) comentaram que há uma relação quadrática entre o ambiente e o estado bioenergético do animal, onde os custos de manutenção aumentam rapidamente durante o período de estresse por calor severo.

3. OBJETIVO GERAL

Verificar o efeito do estresse por calor e do tipo de dieta (alta ou baixa concentração energética) sobre a ingestão de alimentos, água, digestibilidade da matéria seca e frações nutricionais, parâmetros ingestivos, digestivos, fisiológicos, comportamentais e ruminais em bovinos de corte. Os efeitos do estresse por calor foram avaliados de maneira comparativa à condição de termoneutralidade.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar o efeito do estresse por calor e do tipo de dieta sobre:

- Ingestão diurna de alimentos;
- Ingestão noturna de alimentos;
- Ingestão total de alimentos;
- Ingestão diurna de água;
- Ingestão noturna de água;
- Ingestão total de água;
- Digestibilidade aparente total da dieta e das frações nutricionais;
- Temperatura, e pH ruminal;
- Concentração de nitrogênio amoniacal ruminal;
- Taxa de batimento cardíaco;
- Taxa respiratória;
- Temperatura ocular;

- Temperatura da pele. (mensurada no rosto, dorso e anca do animal);
- Comportamento (tempo de alimentação, ruminação, consumo de água e ócio).

5 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais envolvendo animais seguiram os preceitos éticos para estudos com animais da Universidade Federal de Lavras, envolvendo, para tal submissão do projeto no comitê de ética no uso de animais da universidade.

Foi realizado um experimento de digestão e metabolismo, em delineamento quadrado latino 6×6, com seis animais, seis tratamentos e seis períodos. Seis novilhas zebuínas puras, com peso médio inicial de 280 kg, idade média de 12 meses, canuladas no rúmen, foram utilizadas no experimento.

Após chegada à Universidade, os animais foram identificados, pesados, tratados contra endo e ectoparasitas e alojados em um piquete com pastagem e água disponível, até a realização da cirurgia para colocação de cânula ruminal. Após a cirurgia para colocada das cânulas ruminais, conferiu-se aos animais um período de 30 dias para recuperação total dos processos cirúrgicos.

Após esse período se iniciou a fase de adaptação às dietas experimentais, no qual as quantidades ofertadas de matéria seca foram aumentadas gradativamente, até que o consumo voluntário foi normal. Nessa fase, os animais foram transferidos para as câmaras bioclimáticas do setor de Bioclimatologia animal da UFLA. A estrutura é composta por duas câmaras, cada uma com 68 m² de área disponível. Metade dos animais foi alojada em cada câmara, de forma individual, separados por estruturas provisórias de madeira, com área mínima de 10 m² por animal. Cada uma das câmaras bioclimáticas é dotada de ventiladores e exaustores para circulação forçada e renovação constante do ar. Além disso, estão também disponíveis condicionadores de ar, lâmpadas infravermelhas para aquecimento e controladores de umidade. O uso conjunto de tais equipamentos permitiu o controle total da temperatura e umidade do ar, mantendo-se níveis adequados de renovação e circulação do ar de forma a evitar-se acúmulo excessivo de gases oriundos da eructação dos animais. Aparelhos “data logger” com sensores de temperatura foram colocados ao longo da sala em alturas correspondentes a porção mediana do tórax dos animais para coleta de dados climáticos por 24 horas/dia, em intervalos de 1 minuto.

Foram testados 6 tratamentos, num delineamento em quadrado latino 6×6 , com um arranjo fatorial $2 \times 2 + 2$, contendo 2 fatores (temperatura e concentração energética da dieta) e dois tratamentos adicionais, um para cada dieta, com consumo restrito pareado aos tratamentos de estresse por calor das respectivas dietas de forma a

obterem-se meios de comparação dos efeitos da temperatura sobre as variáveis propostas sem interferência do nível de consumo. Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos experimentais

Identificação tratamento	Temperatura	Nível energético	Nível Consumo
Quente-Alto-Livre	Estresse Calórico (34°C diurno e 24° C noturno)	Alto	Livre
Quente-Baixo-Livre	Estresse Calórico (34°C diurno e 24° C noturno)	Baixa energia	Livre
Conforto-Alto-Livre	Termoneutralidade (24° C permanentemente)	Alta Energia	Livre
Conforto-Baixo-Livre	Termoneutralidade (24° C permanentemente)	Baixa energia	Livre
Conforto-Alto-Restrito	Termoneutralidade (24° C permanentemente)	Alta Energia	Restrito (Igual ao tratamento Quente-Alto)
Conforto-Baixo-Restrito	Termoneutralidade (24° C permanentemente)	Baixa energia	Restrito (Igual ao tratamento Quente-Alto)

Na Tabela 1, os tratamentos 1 a 4 compõem o arranjo fatorial 2 x 2, com duas condições de temperatura e duas concentrações energéticas na dieta. Os tratamentos 5 e 6 (conforto-alto-restrito e conforto-baixo-restrito) foram definidos de forma a poder comparar-se os tratamentos de estresse por calor com os tratamentos de termoneutralidade a um mesmo nível de consumo. Dessa forma, o consumo desses animais foi restrito ao mesmo nível de consumo dos animais nos tratamentos 1 e 2. Na grande

maioria dos estudos realizados em condições de estresse calórico, as variações na digestão, metabolismo e fisiologia normal foram explicadas em função da redução do consumo, causada pela alta temperatura. Objetivou-se, com os tratamentos 5 e 6 (em termoneutralidade mas com consumo regulado para o nível de consumo em estresse calórico) comparar-se de forma direta, sem efeito de confundimento do nível de consumo, o efeito do estresse por calor sobre as variáveis respostas propostas nesse experimento. Ao nosso conhecimento, não existem na literatura estudos que se utilizaram da mesma metodologia proposta aqui para animais zebuínos. Por isso, pretende-se possibilitar, com o uso desses tratamentos adicionais, investigação inovadora a respeito do efeito do estresse por calor sobre as variáveis de estudo.

As duas temperaturas propostas referem-se a termoneutralidade (24 °C permanentemente) e estresse por calor (34 °C de 6 às 18 horas e 24 °C de 18 às 6 horas). A temperatura de 24 °C proposta é próxima ao nível de termoneutralidade para bovinos (GAUGHAN , et al., 1999, GAUGHAN , et al., 2010), enquanto as temperaturas propostas como estresse por calor (34 °C de 6 às 18 horas e 24 °C de 18 às 6 horas) representam temperaturas em que estudos prévios mostraram haver modificação na ingestão de alimentos e fisiologia normal, mesmo em zebuínos (GAUGHAN, et al., 1999, Beatty , et al., 2006, GAUGHAN, et al., 2010), e que estão próximas das temperaturas médias anuais nas regiões brasileiras onde está concentrada a maioria da produção de bovinos de corte (parte do Sudeste, Centro-Oeste e parte do Norte). Nesses casos, as temperaturas médias diurnas normalmente atingem

níveis entre 30 e 36 °C, baixando cerca de 7 a 10 graus durante a noite (CPTEC -INPE, 2014). A variação diária da temperatura nos tratamentos de conforto térmico e estresse por calor é apresentada graficamente na Figura 1.

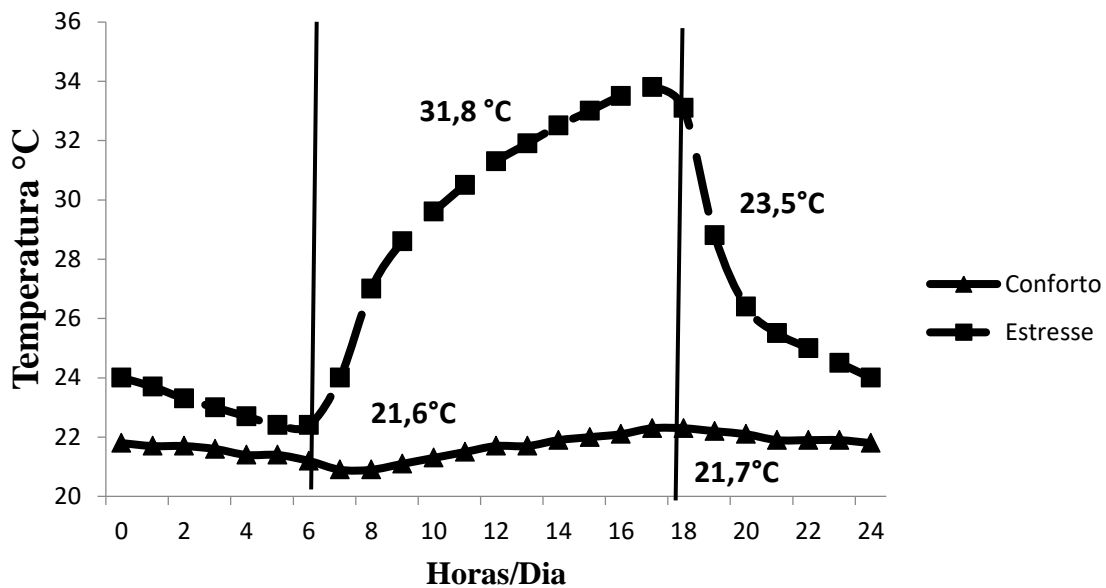


Figura 1. Média da temperatura diurna e noturna dos tratamentos termoneutralidade e estresse calórico.

As duas dietas propostas representaram, respectivamente, o tipo de dieta e nível energético mais usado nos confinamentos brasileiros (MILLEN , et al., 2009), chamada aqui de dieta de ALTO nível energético e uma dieta com BAIXO nível energético, com teor de

nutrientes digestíveis totais semelhante a uma situação de animal em pastejo, em pasto de qualidade média/boa com um nível baixo/médio de suplementação (VALENTE , et al., 2012) (Tabela 2).

Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas experimentais¹

Item	Alto nível energético	Baixo nível energético
Inclusão ingredientes		
Silagem de milho	35	85
Milho Grão	49,34	4,3
Farelo de trigo	10	4,5
Farelo de soja	4	4
Ureia + sulfato de Amônio 9:1	0,56	1,1
Mineral	1,1	1,1
MS, %	69,4	74,8
-----% (Base MS)-----		
MO	92,1	93,2
PB	12	12
FDN _p	20,9	37
CNF	50,5	37
FDN _i	14,6	15,5
EE	4,44	3,19

MO=matéria orgânica; PB=proteína bruta;

FDNP=fibra em detergente neutro corrigido para proteína

CNF=carboidratos não fibrosos; FDN_i=fibra em detergente neutro indigestível

;EE=extrato Etéreo

As duas dietas propostas foram isonitrogenadas, com variação na concentração energética, e constituídas por silagem de milho como

volumoso e milho, farelo de soja, farelo de trigo, ureia e mistura mineral para formulação do concentrado (Tabela 3).

Tabela 3. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Ingredientes	Composição química (%)						
	MS ¹	MO ²	PB ³	EE ⁴	FDNp ⁵	CNF ⁶	FDNi ⁷
Silagem de milho	34,0	93,7	6,11	3,43	38,6	30,1	10,38
Farelo de Soja	85,4	91,8	41,1	1,55	12,5	34,1	-
Farelo de Trigo	87,7	92,2	16,0	3,52	25,8	31,3	6,86
Milho grão	91,0	92,4	6,55	5,01	22,2	60,2	-
Sal mineral ⁸	96,7	9,08	0	0	0	0	0
Urea/SA	98,6	0,68	260,1	0	0	0	0

¹materia seca,²materia organica,³ proteína Bruta, ⁴extrato etéreo,

⁵ fibra em detergente neutro corrigido para proteína

⁶ carboidratos não fibrosos, ⁷ fibra em detergente neutro indigestível.

⁸ níveis de garantia por quilograma do produto: Ca: 235g; P 45g; S 23g; Na: 80,18g; Zn: 2,38 mg; Cu: 625 mg; Fe: 1,18 mg; Mn: 312 mg; Co: 32 mg; I: 41,6 mg; Se: 11,25mg.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 6:00 e às 18:00 horas. As sobras de alimento foram pesadas em ambos os períodos, bem como a quantidade de alimento fornecida. Tal medida foi usada para estimar o consumo nos períodos diurno e noturno. O consumo de água foi mensurado por meio da diferença na pesagem dos bebedouros (galões metálicos de 40 litros) ao longo do dia.

O experimento foi composto de 6 períodos de 21 dias cada um, sendo 10 dias para adaptação às dietas e às condições bioclimáticas e 11

dias para coletas. As medições de consumo e água foram realizadas durante 4 dias, nos dias 11 a 14 de cada período experimental. Nesses mesmos dias foram realizados ensaios de coleta total de fezes. O 15º e 16º dia de cada período experimental foi utilizado para medidas de comportamento ingestivo, mensuração da taxa de respiração, batimento cardíaco e temperatura corporal.

Para quantificação dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes foram feitas coletas totais de fezes, durante quatro dias consecutivos, durante os mesmos dias usados para quantificação do consumo (dias 11 a 14 de cada período). Ao final de cada dia de coleta, as fezes foram pesadas e homogeneizadas e uma amostra de aproximadamente 250 gramas foi retirada, pesada, e pré-seca em estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72 horas, moída em moinho de facas tipo Willey, com peneira contendo crivos de 1 mm, sendo então elaborada uma amostra composta por animal, em cada período, com base no peso seco total referente a cada dia de coleta. O cálculo da digestibilidade total da MS e dos nutrientes foi realizado determinando-se a quantidade média consumida de MS e nutrientes durante os três dias em que foi mensurado o consumo dos animais e a quantidade média excretada via fezes durante esses mesmos três dias.

Para avaliação da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (N-NH₃), foram realizadas coletas de líquido ruminal no dia 14 de cada período experimental. As amostras foram coletadas manualmente às 04h00, 8h00, 12h00, 16h00, 20h00 e 24h00, correspondendo a 0:00; 04:00; 08:00; 12:00; 16:00; 20:00 horas após a alimentação. Alíquotas de

50 mL de líquido ruminal foram filtradas por uma camada tripla de gaze e adicionadas em um recipiente contendo 1 ml de H₂SO₄ (1:1) e congeladas a -20°C para posterior análise quanto às concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal, segundo o método INCT-CA N-006/1 descrito por Detmann et al., (2012). Nos mesmos dias das coletas de fezes, foram mensurados o pH e a temperatura ruminal utilizando-se peagâmetro com microchip (Kahne Bolus Series-KB1000. Auckland, New Zealand) inserido no rúmen do animal, via fistula. O peagâmetro foi programado para realizar as leituras em intervalos pré-determinados (5 em 5 minutos).

Nos dias 15 e 16 de cada período foi avaliado a frequência respiratória de forma contínua com uso de sensor respiratório (Precizoo®, Lavras, MG, Brasil), a temperatura da pele (face, dorso e anca) e dos olhos foi mensurada às 8:00h e às 18:00h (câmara termográfica, Fluke corporation, Plymouth, EUA) e a frequência cardíaca, sendo o número de batimentos cardíacos determinado por aparelho Polar® (Finlândia) RS800CX preso ao tórax. Os batimentos cardíacos foram mensurados por 48 horas em intervalos de 1 minuto.

O comportamento ingestivo foi realizado pela análise de vídeo com câmeras infravermelho. Foram mensurados os tempos de ingestão de alimento em 24 horas (dia e noite), tempo de ócio, tempo gasto em posição em pé e em posição deitado, nos dias 15 e 16 de cada período experimental.

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) na dieta foram calculados de acordo com o proposto por Detmann e Valadares filho , (2010), sendo $CNF = 100 - ((\%PB - \%PB \text{ derivada da uréia} + \% \text{ da uréia})$

+ %FDNcp + %EE + %MM). O consumo de energia dos animais foi obtido a partir do produto entre o consumo de matéria seca e a teor energético das dietas, que foi determinada a partir da fórmula recomendada por Detmann, et al., (2010): $NDT (\%) = PBD + 2,25 \times EED + CNFD + FDNcpD$, sendo que PBD, EED, CNFD e FDNcpD significam, respectivamente, proteína bruta digestível, extrato etéreo digestível, carboidratos não-fibrosos digestíveis e fibra em detergente neutro (isenta de cinzas e proteína, no caso de este estudo só isenta para proteína) digestível, calculados a partir dos coeficientes de digestibilidade a serem obtidos no presente estudo.

As análises químicas e bromatológicas seguiram os padrões do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA) publicadas por Detmann et al. (2012). As amostras de silagem de milho, ingredientes do concentrado, sobras, fezes e conteúdo ruminal foram analisadas no Laboratório de Análise de alimentos da UFLA, quanto aos seus teores de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), cinza insolúvel em detergente neutro (CIDN), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e extrato etéreo (EE) seguindo os métodos.

INCT-CA G-003/1; INCT-CA M-001/1; INCT-CA N-001/1; INCT-CA F-002/1; INCTCA M-002/1; INCT-CA N-004/1, e INCT-CA G-004/1, respectivamente.

Os dados obtidos foram analisados, inicialmente por meio de análise de variância, usando o procedimento MIXED do SAS versão 9.2 (SAS Inst. Inc., Cary, NC) considerando o tratamento como efeito fixo e animal e período como efeitos aleatórios. Para o caso de variáveis com repetição temporal (no mesmo dia ou em vários dias seguidos) utilizou-se a metodologia de medidas repetidas no tempo. Posteriormente, foram realizadas comparações por meio do uso de contrastes considerando dois tipos de arranjo fatorial 2×2 , contendo duas dietas (alta ou baixa concentração energética) e duas temperaturas (conforto e estresse calórico). Na primeira avaliação não foram considerados os tratamentos adicionais, portanto, comparações em ‘consumo livre’. Na segunda avaliação, chamada de ‘consumo pareado’, foram utilizados os dados dos dois tratamentos adicionais no lugar dos tratamentos em conforto térmico e consumo livre. Assim, para todas as variáveis estudadas, tem-se o efeito da temperatura, dieta e interação entre ambas num cenário de possível interferência do consumo ou não.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se os procedimentos GLM e MIXED do software SAS. Para todas as avaliações, 5% foi considerado como nível crítico de probabilidade para ocorrência do erro tipo I.

6 RESULTADOS

Não foram observados efeitos da interação entre os fatores avaliados sobre nenhuma das variáveis relativas a consumo de alimento ou água ($P \geq 0,112$) (Tabela 4). Conforme esperado, não se observou efeito da temperatura ($P \geq 0,177$) sobre o consumo da matéria seca e frações nutricionais para animais com consumo pareado, demonstrando a eficácia da aplicação dos tratamentos adicionais, aplicados para mensurarem-se efeitos do estresse por calor de forma isolada ao consumo de alimentos.

Quando analisado de maneira separada entre dia e noite, observou-se que novilhas submetidas a estresse por calor tiveram menor consumo de matéria seca durante o dia ($P=0,037$), mas não à noite ($P \geq 0,128$). De modo semelhante, novilhas alimentadas com dieta de maior nível energético tiveram maior consumo de matéria seca durante o período diurno ($P=0,017$), mas igual às novilhas alimentadas com dieta de menor concentração energética no período noturno ($P \geq 0,222$). Tal efeito (dieta) teve sua magnitude reduzida quando a comparação foi realizada com animais que não sofreram redução do consumo pela temperatura (consumo pareado), levando a uma tendência ($P=0,057$) à maior CMS total ao longo do dia em novilhas alimentadas com dieta contendo alto nível energético, enquanto que em novilhas em consumo livre, o efeito da dieta foi claramente pronunciado ($P=0,017$, para CMS em kg/dia).

O consumo total diário de água aumentou em função da temperatura ambiente ($P=0,029$) embora não tenha sido observado efeito

significativo nas frações do dia ($P \geq 0,086$). A dieta não afetou o consumo de água em nenhuma das situações avaliadas ($P \geq 0,146$).

O estresse por calor causou redução do consumo diário de matéria seca ($P=0,041$), mas não das demais frações nutricionais avaliadas. Porém, quando as variáveis foram analisadas em fração do peso corporal (g/kg/peso corporal/dia), observou-se efeito negativo do estresse por calor sobre os consumos de matéria seca ($P=0,009$), proteína bruta ($P=0,007$), FDNp ($P=0,002$) e NDT ($P=0,035$). O estresse por calor causou redução no consumo de energia (NDT) de 14,2 e 3,3%, respectivamente, para dietas de baixa e alta concentração energética (Tabela 4).

Os animais nos tratamentos de estresse por calor tiveram decréscimo de 15% do CMS o que representou redução em média entre os tratamentos de consumo livre de 1,33 kg de MS.

O consumo de carboidratos não fibrosos (CNF) foi maior nos tratamentos com alto nível energético, independente da temperatura e tipo de alimentação ($P=0,0035$). No caso do consumo dos nutrientes digestíveis totais (NDT) houve tendência ($P=0,078$) entre os tratamentos de alimentação livre, sendo maior nos tratamentos com a inclusão da dieta de alto nível energético.

Não observou-se diferença para o coeficiente de digestibilidade total aparente da MS, MO, PB, EE e NDT ($P \geq 0,05$) entre os tratamentos avaliados (Tabela 5). A digestibilidade da FDNp foi maior ($P=0,002$) para os tratamentos com consumo livre e baixo nível energético na dieta (maior proporção de volumoso). Na hora de comparar os tratamentos

pareados, se encontrou uma maior digestibilidade do FDNp no tratamento de alto nível energético e condições de conforto ($P=0,047$).

Tabela 4. Consumo de matéria seca e frações nutricionais de novilhas zebuínas submetidas a estresse por calor ou conforto térmico e alimentadas com dietas de baixo ou alto nível energético.

Item	Tratamentos						EPM	P-valor contrastes ¹					
	Calor	Calor	Conforto	Conforto	Conforto	Conforto		Consumo livre			Consumo pareado		
	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto		T	D	T×D	T	D	T×D
Arraçoadamento	Livre	Livre	Livre	Livre	Restrito	Restrito							
	<i>Consumo diurno (06:00 às 18:00 horas), kg/dia</i>												
Matéria seca	3,29	3,83	3,59	4,69	3,21	3,80	0,326	0,037	0,017	0,379	0,863	0,063	0,971
Água	10,0	10,13	7,29	9,27	6,78	5,52	1,582	0,137	0,377	0,433	0,002	0,630	0,560
	<i>Consumo noturno (18:00 às 06:00 horas), kg/dia</i>												
Matéria seca	3,40	3,38	3,49	4,36	2,99	3,09	0,365	0,128	0,222	0,192	0,313	0,928	0,859
Água	8,17	9,15	5,86	7,65	6,32	5,30	1,341	0,086	0,200	0,703	0,014	0,961	0,335
	<i>Consumo diário total, kg/dia</i>												
Matéria seca	6,60	7,69	7,38	9,45	6,37	7,63	0,660	0,041	0,017	0,382	0,839	0,057	0,882
Água	18,21	19,28	13,15	16,92	13,17	10,83	1,974	0,029	0,146	0,423	<0,001	0,710	0,302
Proteína bruta	0,815	0,930	0,895	1,135	0,767	0,916	0,079	0,538	0,024	0,347	0,663	0,079	0,812
FDNp ²	2,157	1,583	2,690	1,984	1,822	2,142	0,254	0,070	0,018	0,777	0,644	0,095	0,601
CNF ³	2,554	4,078	2,556	4,862	2,499	3,690	0,391	0,273	0,004	0,266	0,536	0,003	0,645
NDT ⁴	4,534	5,214	5,118	6,580	4,477	5,531	0,665	0,103	0,078	0,472	0,817	0,140	0,743
	<i>Consumo diário total, g/kg de peso corporal</i>												
Matéria seca	18,4	22,4	21,3	26,1	18,4	22,3	1,45	0,009	0,002	0,690	0,960	0,004	0,983
Proteína bruta	2,35	2,45	2,51	3,02	2,10	2,33	0,19	0,007	0,024	0,132	0,177	0,232	0,671
FDNp ²	6,41	4,08	7,59	5,23	5,94	4,81	0,54	0,002	<0,001	0,961	0,721	<0,001	0,112
NDT ⁴	12,7	15,1	14,8	15,6	12,8	16,2	1,58	0,035	0,023	0,532	0,620	0,030	0,674

¹T= Temperatura; D= Dieta; TxD= Interação temperatura x dieta.

² Fibra em detergente neutro corrigido para proteína.

³ Carboidratos não fibrosos.

⁴ Nutrientes digestíveis totais.

Tabela 5. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca e das frações nutricionais (g/kg) de novilhas zebuínas submetidas a estresse por calor ou conforto térmico e alimentadas com dietas de baixo ou alto nível energético

Item	Tratamentos						EPM	P-valor contrastes ¹					
	Calor	Calor	Conforto	Conforto	Conforto	Conforto		Consumo livre			Consumo pareado		
	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto		T	D	T×D	T	D	T×D
Arraçamento	Livre	Livre	Livre	Livre	Restrito	Restrito							
<i>Digestibilidade total aparente</i>													
Matéria seca	725,8	727,5	717,9	729,2	714,4	728,3	29,25	0,808	0,611	0,705	0,687	0,550	0,641
Matéria orgânica	751,0	741,2	740,6	742,5	738,6	744,4	26,25	0,705	0,741	0,628	0,710	0,872	0,526
Proteína bruta	761,9	730,2	760,0	737,4	742,5	736,3	23,93	0,835	0,039	0,721	0,613	0,153	0,335
FDNp ¹	558,1	475,1	586,5	490,4	560,7	529,4	44,21	0,430	0,002	0,812	0,316	0,047	0,361
CNF ²	913,6	820,3	882,3	821,7	880,8	845,9	21,55	0,372	0,001	0,321	0,827	0,003	0,108
EE ³	848,8	846,7	867,0	874,5	886,1	854,7	25,43	0,079	0,835	0,709	0,090	0,206	0,269
NDT ⁴	687,0	680,8	695,6	704,3	698,7	730,3	28,9	0,411	0,949	0,689	0,164	0,532	0,392

¹ T= Temperatura; D= Dieta; TxD= Interação temperatura x dieta.

²Fibra em detergente neutro corrigido para proteína

³ Carboidratos não fibrosos

⁴ Extrato etéreo.

⁵Nutrientes digestíveis totais.

Tabela 6. pH, Temperatura e N-NH₃ ruminal de novilhas zebuínas submetidas a estresse por calor e conforto térmico e alimentadas com dietas de alto e baixo nível energético.

Item	Tratamentos						EPM	P-valor contrastes ¹					
	Calor	Calor	Conforto	Conforto	Conforto	Conforto		Consumo livre			Consumo pareado		
Dieta (nível energético)	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto		T	D	T×D	T	D	T×D
Arraçoamento	Livre	Livre	Livre	Livre	Restrito	Restrito							
<i>Variáveis Ruminais</i>													
pH	6,32a	5,80b	6,50 ^a	5,52c	6,70	5,96	39	0,677	<.0001	0,032	<.0001	<.0001	0,235
Temperatura	39,6	39,80	39,42	39,50	39,38	39,50	41	<.0001	0,110	0,498	<.0001	0,039	0,817
N-NH ₃ (mg/dL) ²	7,21	4,97	6,88	4,45	7,10	5,21	15,16	0,355	<.0001	0,839	0,881	<.0001	0,701

¹T= Temperatura; D= Dieta; TxD= Interação temperatura – dieta. a,b Médias nas diferentes colunas seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0.01).

² Nitrogênio amoniacal.

Na Tabela 6, foi observado o efeito da interação entre os fatores temperatura e dieta na variável pH nos animais que foram alimentados de maneira livre ($P=0,032$). No desmembramento da interação, observou-se que para a dieta de baixo nível energético, não houve efeito da temperatura sobre o pH ruminal, enquanto que na dieta de alto nível energético o pH ruminal foi maior nos animais submetidos à estresse calórico, em relação aqueles em conforto térmico

Entre os animais submetidos a estresse por calor e animais com alimentação restrita (isolamento do fator consumo), não foi observado interação, mas se houve diferença significativa na variável temperatura e dieta ($P=0,0081$; e $P = <.0001$), com variações entre 3% entre os dois tratamentos com alto nível energético em função do calor, e 6% nos tratamentos com baixo nível energético em função da temperatura de estresse. Ou seja, o calor, independente do tipo da dieta, reduziu o pH ruminal.

Não observou-se interação entre os fatores avaliados sobre a temperatura ruminal ($P \geq 0,05$). Os animais que foram submetidos a estresse por calor apresentaram valores de temperatura ruminal maiores que aqueles animais em zona de conforto e alimentação livre (em média, $0,26$ °C), independente do nível de consumo. Os tratamentos com alto nível energético apresentaram maiores valores de temperatura ruminal em comparação com os tratamentos de maior inclusão de volumoso, quando animais com consumo pareado foram comparados ($P=0,039$).

Para a variável N-NH₃, não foi observado interação entre os tratamentos com nível de alimentação livre e pareado em função da temperatura e tipo de dieta ($P \geq 0,05$). Houve efeito significativo ($P = <.0001$), da dieta sobre a variável N-NH₃ (Tabela 6), sendo que os tratamentos com maior inclusão de volumoso apresentaram maiores valores de N-NH₃ em comparação às dietas com alto nível energético. (7,06 mg/dl vs 4,87 mg/dl), uma produção de 31% maior de nitrogênio amoniacal nos tratamentos com baixo nível energético.

A termografia infravermelha dos olhos foi usada para indicar a temperatura interna (JOHNSON et al., 2011) e as temperaturas de uma área específica do rosto, dorso e anca dos animais, para indicar a temperatura da pele (MONTANHOLI, et al., 2010) (Figura 2). Os olhos foram escolhidos como um indicador para avaliar as temperaturas interna do animal, devido à intensa circulação sanguínea. A pele da face devido a estar sempre limpa e seca, e conseqüentemente minimizar a interferência nas medições por termografia (MONTANHOLI et al., 2010).

A temperatura do olho foi considerada como sendo o valor médio no globo ocular, e a temperatura da pele foi a média de temperatura de uma zona específica sobre a face do animal, dorso e anca (Figura 2).

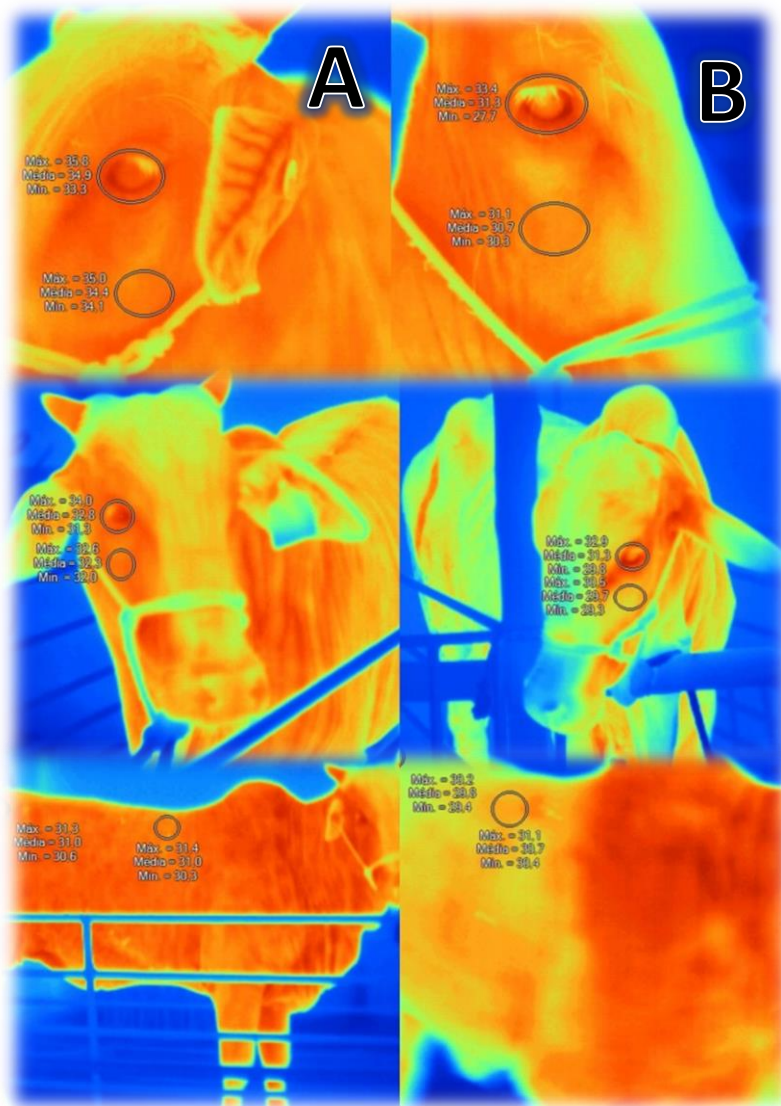


Figura 2. Fotos termográficas com temperatura ocular, e da pele (facial, dorso e anca) de novilhas submetidas a temperaturas de estresse por calor (A) e de conforto (B), alimentadas com dietas de alto e baixo nível energético.

Tabela 7 – Temperatura corporal matutina e vespertina, batimentos cardíacos e frequência respiratória de novilhas zebuínas submetidas a estresse por calor ou conforto térmico e alimentadas com dietas de baixo ou alto nível energético.

Item	Tratamentos						EPM	P-valor contrastes ¹					
	Calor	Calor	Conforto	Conforto	Conforto	Conforto		Consumo livre			Consumo pareado		
	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto		T	D	T×D	T	D	T×D
Arraçamento	Livre	Livre	Livre	Livre	Restrito	Restrito							
<i>Temperatura corporal matutina (06:00), °C</i>													
Ocular ²	36,1	35,8	36,0	36,4	35,3	35,4	0,575	0,571	0,952	0,510	0,225	0,830	0,692
Facial ²	35,6	35,4	35,2	35,5	34,1	34,2	0,697	0,788	0,922	0,671	0,034	0,959	0,779
Dorsal ²	34,6	35,6	33,4	33,9	32,5	33,3	0,528	0,048	0,759	0,697	<0,001	0,482	0,967
Anca ²	34,3	35,4	32,7	33,5	31,8	32,4	0,561	0,001	0,039	0,825	<0,001	0,077	0,597
Retal	38,2	38,3	38,0	38,2	37,9	38,2	0,092	0,070	0,092	0,319	0,023	0,394	0,933
<i>Temperatura corporal vespertina (18:00), °C</i>													
Ocular ²	37,8	37,1	36,6	36,0	35,3	35,3	0,371	0,007	0,083	0,884	<0,001	0,281	0,410
Facial ²	37,8	36,8	35,9	35,2	34,5	34,8	0,462	0,002	0,063	0,589	<0,001	0,271	0,200
Dorsal ²	37,1	36,9	33,5	34,5	32,8	33,1	0,445	<0,001	0,468	0,228	<0,001	0,825	0,468
Anca ²	36,9a	36,5	33,1	34,3	32,3	32,7	0,579	<0,001	0,363	0,076	<0,001	0,961	0,350
Retal	38,2	38,3	38,0	38,2	37,9	38,2	0,151	0,391	0,507	0,556	0,166	0,433	0,478
<i>Variáveis fisiológicas diurnas, por minuto.</i>													
Batimentos cardíacos	64,4	70,0	54,9	55,7b	57,3	61,4	5,407	0,007	0,290	0,419	0,034	0,134	0,793
Frequência respiratória	34,0	35,0	20,5	21,4	20,2	21,5	2,269	<0,001	0,621	0,984	<0,001	0,555	0,925
<i>Variáveis fisiológicas noturnas, por minuto.</i>													
Batimentos cardíacos	63,7	59,7	58,6	56,8	63,9	65,4	5,781	0,462	0,596	0,836	0,592	0,817	0,613
Frequência respiratória	29,3	28,7	20,4	20,8	19,4	20,9	1,932	<0,001	0,951	0,769	<0,001	0,805	0,556

¹ T= Temperatura; D= Dieta; TxD= Interação temperatura x dieta.

²Medidas por termografia

Tabela 8. Variáveis comportamentais (Min/dia) de novilhas submetidas a estresse por calor ou conforto térmico e alimentadas com dietas de baixo ou alto nível energético.

Item	Tratamentos						EPM	P-valor contrastes ¹					
	Calor	Calor	Conforto	Conforto	Conforto	Conforto		Consumo livre			Consumo pareado		
	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto		T	D	T×D	T	D	T×D
Arraçoamento	Livre	Livre	Livre	Livre	Restrito	Restrito							
<i>Comportamento, minutos por dia.</i>													
Ruminação	445,8	296,6	439,1	379,6	394,8	494,6	40,764	0,303	0,009	0,228	0,522	0,051	0,052
Consumo de água l/d	5,8d	15,8b	19,1a	9,1c	7,5	11,6	15,163	0,363	0,993	0,011	0,730	0,061	0,423
Consumo de alimento	160,7	155,4	192,7	146,1	170,3	140,2	15,163	0,426	0,080	0,157	0,846	0,223	0,387
Ócio	827,6	972,0	788,8	905	967,2	893,3	43,393	0,239	0,007	0,749	0,659	0,065	0,190
<i>Comportamento total %</i>													
Ruminação	30,9	20,5	30,4	26,3	27,4	27,4	2,831	0,303	0,009	0,228	0,522	0,051	0,052
Consumo de água	0,4d	1,1b	1,33a	0,6c	0,5	0,8	0,259	0,363	0,993	0,011	0,730	0,061	0,423
Consumo de alimento	11,1	10,7	13,3	10,1	11,8	9,7	1,053	0,426	0,080	0,157	0,846	0,223	0,387
Ócio	57,4	67,5	54,7	62,8	60,2	62,0	43,393	0,239	0,007	0,749	0,659	0,065	0,190

¹D= Dieta; TxD= Interação temperatura x dieta.

a,b Médias nas diferentes colunas seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0.01).

Na Tabela 7 são apresentadas as médias das temperaturas corporais, oculares e variáveis fisiológicas encontrados em cada tratamento experimental durante o dia e noite. Não foram observados efeitos da interação entre os fatores avaliados sobre nenhuma das variáveis resposta de temperatura corporal ($P \geq 0,05$).

Os tratamentos de estresse por calor e conforto, nível energético da dieta, e alimentação pareada (isolamento do fator nível de consumo) não apresentaram efeito sobre a temperatura ocular (temperatura interna) a qual foi mensurada nas primeiras horas do dia. ($P \geq 0,571$ e $P \geq 0,830$) sendo a média da temperatura ocular de $35,8 \text{ }^\circ\text{C}$ entre os tratamentos. Por outra parte teve efeito significativo do fator estresse por calor sobre a temperatura corporal dos animais (facial, anca, dorso) ($P = 0,034; <0,001; <0,001$, respectivamente), tendo um aumento em média de $2,2 \text{ }^\circ\text{C}$ respeito aos animais que ficaram na sua zona de conforto.

A temperatura ocular às 18:00 h sofreu influência dos tratamentos de calor ($P < 0,001$), sendo de $37,4 \text{ }^\circ\text{C}$, $1,7$ graus maior que a temperatura mensurada durante as primeiras horas do dia. Da mesma forma houve efeito significativo do estresse por calor sob a temperatura corporal dos animais. ($P < 0,001$).

O batimento cardíaco sofreu influência da temperatura ambiente diurna ($P=0,007$) (Tabela 7), os animais que ficaram nos tratamentos quente alto livre e quente baixo livre, apresentaram maiores valores de batimentos cardíacos por minuto ($67,2$ vs 57 batimentos por minuto), quando a temperatura ambiente média foi maior ou igual a $30 \text{ }^\circ\text{C}$, tendo um aumento de 16% na frequência de batimentos por minuto.

A frequência respiratória foi afetada em função do tratamento de estresse calórico, tanto de dia como a noite. ($P < 0,001$) (Tabela 7). A frequência respiratória nos tratamentos quentes vs os tratamentos conforto durante o dia foi em média de (35 rpm vs 20 rpm) e (29 rpm vs 20,1 rpm) durante a noite, apresentando um aumento entre 30 a 40 % para os animais submetidos ao estresse calórico.

Foram observados efeitos da interação entre os fatores temperatura e dieta na variável tempo de ruminação ($P = 0,052$), os animais que receberam uma dieta com baixo nível energético e foram submetidos a estresse por calor apresentaram maiores valores de tempo de rumia (33%) em comparação com os animais com dieta de alto nível energético também nas mesmas condições de estresse calórico. Da mesma forma aconteceu com animais que ficaram nos tratamentos conforto com baixo nível energético e alto nível energético, tendo assim um acréscimo de 13% em relação ao tempo de rumia. Houve uma tendência entre os tratamentos calor alto restrito e conforto alto restrito ($P \geq 0,0692$).

Não houve alteração no comportamento médio no tempo de consumo de alimento e ócio em função do nível energético e temperatura ($P \geq 0,15$; $P \geq 0,10$) respectivamente (Tabela 8).

De maneira geral na avaliação comportamental, a atividade que houve maior frequência foi ócio, com um 60,7% das atividades em geral, seguida da rumia, consumo de alimento e água com 27,15% ;11,1% e 0,78% respectivamente.

7 DISCUSSÃO

A ingestão de matéria seca (CMS) está diretamente ligada ao desempenho animal, pois é pelo consumo que o animal supre suas exigências nutricionais. No entanto sobre condições de estresse por calor o animal reduz o consumo, essa diminuição do consumo é maior quanto mais intenso o estresse, e seria devido principalmente à inibição pelo calor do centro do apetite (Inibição do centro lateral do apetite) no hipotálamo. A mediação de tais mecanismos se dá pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, o qual é abastecido de informações provenientes de termorreceptores termosensitivos do sistema nervoso central. Os resultados deste experimento demonstraram que houve uma diminuição entre o 15 e 20 % do CMS para os animais que ficaram submetidos ao calor, estes resultados são similares aos encontrados por Yazdi, et al (2016) e O'Brien et al.,(2010), os quais encontraram decréscimos no CMS de 23% e 25% respectivamente.

O fator endócrino que poderia explicar a inibição do consumo de matéria seca dos animais submetidos a estresse é desencadeado pela liberação do hormônio liberador de corticotrofina (CRH), o qual junto com uma maior liberação da leptina influencia o comportamento de parâmetros como ansiedade e fome, esta resposta acontece como mecanismo de desvio de energia para sobrevivência dos animais ao ser submetidos a estresse agudo, na qual há quebras de gorduras e proteínas para ser convertidas em

glicose (Gliconeogênese). Ao ter uma maior liberação de ácidos graxos, aumenta a concentração plasmática de leptina, a qual age inibindo a síntese de neurotransmissores orexigenos que atuam no controle da ingestão de alimentos, como o neuropeptídeo Y (NPY).

Não foram observados efeitos da interação entre os fatores avaliados sobre nenhuma das variáveis resposta ($P \geq 0,05$) (Tabela 5). Ao comparar-se animais com mesmo nível de consumo, os animais submetidos a estresse por calor tiveram maior consumo de água total, com cerca de 40 % do aumento na ingestão diária de água ($P=0.0002$). O maior consumo de água dos animais no calor é explicado como mecanismo usado pelo animal para compensar as perdas de água através da pele, na sudorese e evaporação respiratória, devido ao aumento da frequência respiratória, na tentativa de dissipar calor na forma evaporativa. Beatty et al., (2006) avaliaram as respostas fisiológicas de vacas *Bos indicus* submetidas a temperaturas superiores a 32 °C, e encontraram aumentos no consumo de água em quase 50%.

O período do dia também afetou o consumo de água, com novilhas submetidas ao estresse por calor ingerindo maior quantidade de água durante o período diurno (6 às 18 horas, $P=0,0029$). O nível energético da dieta não afetou a ingestão de água ($P \geq 0,05$).

As influências do estresse por calor na digestibilidade dos nutrientes ainda não são compreendidas na sua totalidade. Presumivelmente, a digestão aumenta, conforme a taxa de passagem de sólidos diminui. No presente estudo não houve diferença para os coeficientes de digestibilidade total aparente da MS, MO, PB, EE e NDT ($P \geq 0,05$) entre os tratamentos

avaliados (Tabela 6). A digestibilidade da FDNp foi maior ($P=0,002$) para os tratamentos com consumo livre e baixo nível energético na dieta.

Mulligan et al (2001) também observaram que sub condições de estresse por calor há diminuição do consumo de matéria seca, a qual está associado com decréscimos das partículas sólidas da taxa de passagens e reduzida motilidade ruminal, o que conseqüentemente aumenta a digestibilidade das dietas.

No entanto os resultados disponíveis na literatura sobre os efeitos da temperatura sobre a digestibilidade da dieta são muitas vezes confundidos, parte desta afirmação poderia estar relacionada com a raça, a espécie e adaptação dos animais as condições de estresse. A falta de resposta nas digestibilidade da MS, MO, PB, EE e NDT demonstra que a digestibilidade não somente está associada a uma redução do consumo de matéria seca, mas se com mudanças no rúmen por causa de maiores temperaturas e redução da motilidade ruminal e intestinal.

Em quanto aos valores de digestibilidade da FDNp encontrados neste estudo, os animais que estiveram nos tratamentos com baixo nível energético foram os que apresentaram maiores valores de digestibilidade, sem ter uma correlação com as temperaturas ($P>0,05$). Isso poderia ser explicado pelo maior consumo de FDNp e pelas características químicas do alimento ($>$ % de FDNp), isso provavelmente ocasionou uma menor taxa de passagem em comparação à dieta de alto nível energético (Não mensurado neste estudo),

De acordo com estudos de Van Soest (1994), a fermentação de amido e de açúcares promove a diminuição no pH ruminal, devido a maior produção total de ácidos graxos voláteis (AGV's) e principalmente devido a maior produção de propionato pela via do ácido láctico, que pode ser acumulada no rúmen, reduzindo assim a digestão da fibra. No presente estudo a dieta com alto nível energético apresentou alto teor de CNF, proporcionando menores níveis de pH.

Segundo Owens e Goetsch (1988), ao determinar o pH do fluido ruminal de animais alimentados com rações ricas em concentrado, encontraram valores entre 5,5 a 6,0 e para os alimentados exclusivamente com volumoso, de 6,2 a 7,0. Em relação aos valores de pH encontrados neste trabalho, referentes aos alimentos com volumoso, foram encontrados valores próximos àqueles preconizados por Owens e Goetsch (1988), estando este em 6,4 para as dietas avaliadas. (Tabela 8).

Os decréscimos de pH nos tratamentos que foram influenciados pela temperatura, poderiam ser explicados pelas possíveis mudanças da microbiota ruminal. Animais submetidos a estresse por calor tem inibição da motilidade ruminal e intestinal, isso influencia o pouco uso da saliva como função tampão (Isotônica) para neutralizar o pH do rúmen. Essa teoria é reforçada por Tajima et al (2007), os quais encontraram decréscimo no pH quando os animais passaram de 20 ° C a 33 °C. (pH = 7,1 a 6,8) respectivamente. Segundo Tajima et al (2007) e Yadav (2013), animais que apresentaram maiores valores de temperatura ruminal tiveram mudanças nas populações microbianas (diminuição das bacterias do gênero *Fibrobacter succinogenes*, *Prevotella ruminicola* e *Ruminococcus*

flavefaciens), segundo os autores, a redução dessas populações no rúmen fez com que as baterias ácido lácticas (BAL) tiveram maior quantidade de substrato para o seu metabolismo, o que produz maior quantidade de lactato no rúmen, ocasionando a queda do pH.

Os aumentos da temperatura ambiente devido às mudanças climáticas podem alterar a fisiologia básica do rúmen, o que afeta de maneira negativa a produção. O consumo de matéria seca diminui como resposta adaptativa ao estresse calórico. Aumentos na temperatura ambiental reduzem a motilidade intestinal, e ruminal, deprimindo o consumo dos ruminantes. Ole Miaron e Christophersonl (1992). Os animais que foram submetidos a estresse por calor apresentaram em média valores de temperatura ruminal maiores que aqueles animais em zona de conforto e alimentação livre (39,6 °C vs 39,4 °C). Segundo Yadav (2013), o estresse por calor influenciado pelo aumento da temperatura ambiental, reduz a produção total de AGV, o que pode resultar em variações individuais de pH, taxa de passagem, e tempo de retenção da digesta. Mudanças no padrão de fermentação no rúmen podem resultar numa variação na digestibilidade.

Nokata et al (2008); Kelly et al (1971); Tajima et al (2007) demonstraram que bovinos submetidos ao estresse por calor, tiveram uma redução da produção total dos AGV, especificamente a relação acetato-propionato. O efeito da temperatura ruminal em função do ambiente, distribuição das culturas microbianas e a fermentação ruminal in vitro tem sido estudado nos últimos anos, pelo qual se entende que a diminuição das

concentrações molares dos AGV durante o calor tem sido atribuída à diminuição do consumo de alimentos.

Houve efeito significativo ($P < .0001$), da dieta sobre a variável N-NH₃ (Tabela 6), sendo que os tratamentos com maior inclusão de volumoso apresentaram maiores valores de N-NH₃ em comparação às dietas com alto nível energético. (7,06 mg/dl vs 4,87 mg/dl), uma produção de 31% a mais de nitrogênio amoniacal nos tratamentos com baixo nível energético. Isto poderia ser explicado pela disponibilidade de energia no rúmen, quando há deficiência de energia como substrato para os microrganismos, faz com que os aminoácidos sejam fermentados para obtenção de energia, gerando acúmulo de amônia.

O aumento da temperatura ambiental modificou a temperatura ocular ($P < 0,001$) e retal ($P = 0,023$). As respostas fisiológicas relacionadas com o estresse por calor estão intimamente relacionadas com a temperatura da superfície corporal, essas modificações incluem respostas da ativação de receptores térmicos e glândulas sudoríparas, bem como a ativação do sistema nervoso central (COLLIER et al., 2008). Tanto as temperaturas oculares com a temperatura da superfície da pele aumentaram em função da temperatura ambiental (> 30 °C) (Tabela 7). Fato que nos mostra que a carga de calor foi superior à sua perda nesses períodos. De forma semelhante a este trabalho Domingues (2014) em experimentos com vacas (*Bos indicus*) submetidas ao calor e Scharf (2008) trabalhando com novilhos taurinos de raça angus e taurinos adaptados (Romosinuano) submetidos ao estresse calórico, também encontraram aumento da temperatura interna dos animais, sendo resultado de uma carga de calor

superior a sua dissipação o que provocou o incremento da temperatura interna.

Quanto maior a temperatura interna dos animais, maior são seus efeitos sobre o animal, como mostra deste experimento, onde há um efeito da alta temperatura sobre a queda no CMS e aumento na temperatura interna. Neste experimento a média da temperatura interna ocular diurna e noturna foi maior a temperatura diurna e noturna corporal (36,9 ° C vs 35,9° C), em quanto a temperatura diurna e noturna retal foi (38,25 ° C vs 35,9° C) (Tabela 8), o que segundo o Schaf et al. (2010), favorece a troca ou fluxo do calor interno para o ambiente, facilitando assim as trocas de calor.

Segundo Sharma et al., (2013). A frequência respiratória, a taxa de pulsação e a temperatura retal são os parâmetros que ilustram o mecanismo de adaptação fisiológica dos animais. O batimento cardíaco sofreu influência da temperatura ambiente quando foram comparados os animais em zona de termoneutralidade e com alimentação livre (P=0.007), porem quando o consumo para animais em termoneutralidad foi restrito ao mesmo nível dos animais em estresse calórico, os animais em estresse apresentaram maiores taxas de batimento cardíaco, quando a temperatura ambiente média foi maior ou igual a 30 °C, tendo um aumento de 16% na frequência de batimentos por minuto (68 vs 57,8 batimentos por minutos, (P = 0.0162). Esses resultados são similares aos encontrados por Purwanto et al (1989), que avaliaram a taxa de produção de calor e produção de leite de vacas submetidas a temperatura de conforto e estresse calórico, e encontraram que as vacas tiveram um acréscimo na taxa de batimento

cardíaco a medida que aumentou-se a temperatura ambiental. Por outro lado, Domingues (2014) em experimentos com vacas zebuínas encontrou diminuição da frequência cardíaca nos animais que foram submetidos a temperaturas superiores a 36°C. Uma possível explicação é relatada por Beatty et al. (2006) que sugerem que a redução da frequência cardíaca acontece pela diminuição da taxa metabólica quando os animais se encontram sob estresse crônico, e na tentativa de reduzir a produção de calor, por meio do aumento da perda de água por vias respiratórias o fluxo sanguíneo pode diminuir, e por consequência também a frequência cardíaca do animal. A dieta não influenciou o batimento cardíaco ($P \geq 0,05$).

As frequências respiratórias elevadas fazem parte do repertório de respostas utilizadas pelos animais para aumentar a perda de calor em situações de carga térmica elevada. No presente estudo, animais submetidos a temperaturas de 34 °C durante o dia (tem max) apresentaram frequência respiratória 37% superior em relação aos tratamentos com condições de conforto ou termoneutralidade. Segundo Hales (1976), o aumento extremo da taxa respiratória está associado com um aumento do volume na corrente alveolar, que aumenta a perda de água por evaporação respiratória, excreção elevada de CO₂ respiratório e alcalose. Segundo Blackshaw e Blackshaw (1994) esse aumento da taxa respiratória resulta no deslocamento do equilíbrio do bicarbonato para H₂CO₃ a partir de H⁺ e HCO₃. No resultado dessa alcalose a concentração de CO₂ diminui, o pH aumenta, a concentração de HCO₃ diminui. Estes resultados são similares aos apresentados por Mader e Gaughan (2014), os quais avaliaram o efeito de uma temperatura de estresse por calor (34,1° C) em vacas de corte (*Bos*

taurus) e mestiços (*Bos taurus/bos indicus*), onde encontraram taxas respiratórias de 53,7 bpm.

Alterações nas características da dinâmica digestiva são reconhecidas como possíveis mecanismos através o estresse por calor pode afetar a nutrição dos animais. Incrementos na temperatura ambiente reduzem os tempos de ruminação e deprime o apetite por causa do efeito negativo direto no centro do consumo no hipotálamo (SEIJAM et al 2012).

Foram observados efeitos da interação entre os fatores temperatura e dieta na variável tempo de ruminação, ($P=0,052$), os animais que receberam uma dieta com baixo nível energético e foram submetidos a estresse por calor apresentaram maiores valores de tempo de ruminação (33%) em comparação com os animais com dieta de alto nível energético nas mesmas condições de estresse calórico. Da mesma forma aconteceu com animais que ficaram nos tratamentos conforto com baixo e alto nível energético, houve um acréscimo de 13% em relação ao tempo de ruminação. Houve uma tendência entre os tratamentos calor alto restrito e conforto alto restrito. ($P=0.0692$).

Estudos prévios têm sugerido que uma alta concentração de amido e baixa fibra na dieta reduzem os tempos de ruminação (Faleiro et al., 2011) (Tabela 8), e pH ruminal (Petherick et al., 2009b), (Tabela 6), isso poderia ser a explicação dos maiores tempos de rumia apresentados entre os tratamentos de baixo nível e alto nível energético, levando assim a mudanças no comportamento alimentar em bovinos de corte.

O uso de dietas com altas concentrações de amido altera o comportamento alimentar, reduzindo assim a frequência de visita ao cocho, a ingestão por refeição e o tempo gasto na zona de alimentação por refeição por dia, vários fatores estão envolvidos na regulação da ingestão da ração em ruminantes (Illius et al., 2002, Forbes, 2003). O teor de amido, e NDT nas dietas com alto nível energético em comparação com dietas de baixo nível energético (alta inclusão de volumoso) foram os que precipitaram a diferença no comportamento especificamente nos tempo de rumia neste experimento. (445,8 min vs 296,6 min) nos tratamentos quentes com baixo e alto nível energético respectivamente e (439,1 min vs 379,6 min) nos mesmos tratamentos, mas em condições de termoneutralidade.

Outra explicação do tempo de ruminação em função das diferenças das dietas poderia ser que uma maior proporção de amido degradável no rúmen, está associada ao aumento da produção de ácidos orgânicos, aumentando assim a osmolaridade ruminal (não mensurada neste estudo) (Martin et al., 1999, Philippeau et al., 1999). O que pode por sua vez inibir a ingestão de alimentos, salivação e posterior ruminação após refeições, além da maior densidade energética proporcionada pelas dietas de alto nível energético, permitindo aos animais atender suas necessidades e consumir menos.

Ao nos referir sobre a interação apresentada no experimento, entre o tempo de rumia e temperatura de estresse por calor ($P=0,052$) (Tabela 8), poderíamos explicar os maiores tempo de rumia no calor (Dieta de baixo nível energético) em comparação com o mesmo nível de consumo, mas em condições de termoneutralidade, como um mecanismo comportamental das

novilhas em alternar os períodos de atividade ingestiva com os períodos de ruminação em função das alterações fisiológicas ocasionadas pelo calor, o seja os animais optaram por diminuir a atividade ingestiva de alimentos pela manhã, o que ocasionou uma maior atividade de ruminação.

Os tempos de consumo de alimentos e ócio neste experimento, também estão relacionados em função do nível energético da dieta, animais que consumiram dietas com alto nível energético independente do fator temperatura, apresentaram menores tempos de consumo de alimentos (Menor consumo por refeição) e maiores tempos em ócio, (Tabela 8).

8. CONCLUSÕES

O estresse por calor aumentou o consumo de água e reduziu o consumo de matéria seca, frações nutricionais e energia, mas não alterou a digestibilidade em novilhas zebuínas.

A temperatura ruminal é marginalmente elevada em condições de estresse por calor em bovinos, que também têm aumento da temperatura ruminal em dietas com maiores concentrações energéticas.

Em condições de consumo pareado, o estresse por calor também causou redução do pH ruminal em bovinos. Embora tenha afetado o consumo de alimento, não foram observados indícios de alterações no comportamento alimentar de zebuínos (tempo de cada ação) em função do estresse por calor. Aumento da frequência respiratória é a principal via de controle da temperatura corporal apresentada por zebuínos em estresse por calor. .

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AMES, D.; NELLOR, J.; ADAMS, T. Energy balance during heat stress in sheep. **Journal of Animal Science**, v. 32, n. 4, p. 784-788, 1971. ISSN 0021-8812.

ARANAS, T.; ROUSSEL, J.; SEYBT, S. Circadian rhythm of aldosterone in dairy cattle during the summer. **International journal of biometeorology**, v. 31, n. 3, p. 237-247, 1987. ISSN 0020-7128.

ARECHIGA, C. F. et al. Effects of timed insemination and supplemental beta-carotene on reproduction and milk yield of dairy cows under heat stress. **J Dairy Sci**, v. 81, n. 2, p. 390-402, Feb 1998. ISSN 0022-0302 (Print)0022-0302 (Linking). Disponível em: <
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=9532492>.

ARIAS, R. A., MADER, T. L. Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. **Journal of Animal Science**. 89, 245-251, 2011.

BAETA, F. C. et al. Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, p. 21pp, 1987.

BARBOSA, A. M. et al. Endogenous fraction and urinary recovery of purine derivatives obtained by different methods in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 2, p. 510-9, Feb 2011. ISSN 1525-3163 (Electronic) 0021-8812 (Linking). Disponível em: <
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20889688>>.

BAUMGARD, L. H.; RHOADS JR, R. P. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. **Annu. Rev. Anim. Biosci.**, v. 1, n. 1, p. 311-337, 2013. ISSN 2165-8102.

BEATTY, D. T. et al. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 4, p. 972-985, April 1, 2006 2006. Disponível em: < <http://www.journalofanimalscience.org/content/84/4/972.abstract> >.

BEEDE, D.; COLLIER, R. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. **Journal of Animal Science**, v. 62, n. 2, p. 543-554, 1986. ISSN 0021-8812.

BERMAN, A. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 1377-1384, 2005.

BERMAN, A. et al. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. **Journal of Dairy Science**, v. 68, n. 6, p. 1488-1495, 1985. ISSN 0022-0302.

BERNABUCCI, U. et al. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, v. 4, n. 07, p. 1167-1183, 2010. ISSN 1751-732X.

BERNABUCCI, U. et al. Influence of different periods of exposure to hot environment on rumen function and diet digestibility in sheep. **International journal of biometeorology**, v. 53, n. 5, p. 387-395, 2009. ISSN 0020-7128.

BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, A. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. **Animal Production Science**, v. 34, n. 2, p. 285-295, 1994. ISSN 1836-5787.

BROWN-BRANDL, T. M.; EIGENBERG, R. A.; NIENABER, J. A. Heat stress risk factors of feedlot heifers. **Livestock Science**, v. 105, p. 57-68, 2006.

CAMERON, M. R.; KLUSMEYER, T. H.; LYNCH, G. L. et al. Effect of urea and starch on rumen fermentation, nutrient passage to the duodenum, and performance of cows. **J. Dairy Sci.**, 1991. 74(4):1321-1336.

CENA, K.; MONTEITH, J. Transfer processes in animal coats. I. Radiative transfer. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 188, n. 1093, p. 377-393, 1975. ISSN 0962-8452.

COLLIER, J. et al. Prostaglandins A1 (PGA1) and E1 (PGE1) alter heat shock protein 70 (HSP-70) gene expression in bovine mammary epithelial cells (BMEC). **Journal of Animal Science**, 2007. ISSN 1525-3163.

COLLIER, R. J. et al. Physiological limitations, nutrient partitioning. **Yield of farmed species. Constraints and opportunities in the 21st Century** (ed. R Sylvester-Bradley and J Wiseman), p. 351-377, 2005.

COLLIER, R. J. et al. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. **Journal of Dairy Science**, v. 65, n. 11, p. 2213-2227, 1982. ISSN 0022-0302.

COLLINS, F. G.; MITROS, F. A.; SKIBBA, J. L. Effect of palmitate on hepatic biosynthetic functions at hyperthermic temperatures. **Metabolism**, v. 29, n. 6, p. 524-531, 1980. ISSN 0026-0495.

CONNOR, E. et al. Gene expression in the digestive tissues of ruminants and their relationships with feeding and digestive processes. **Animal**, v. 4, n. 07, p. 993-1007, 2010. ISSN 1751-732X.

COSTA, S. F. et al. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e epiderme de bezerros: II. Aspectos ultra-estruturais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 10-18, 2008. ISSN 0102-0935. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352008000100002&nrm=iso >.

CPTEC-INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 16/06/2014 2014. Disponível em: < <http://www.cptec.inpe.br/> >.

CHEN, X. B. et al. Effect of feeding frequency on diurnal variation in plasma and urinary purine derivatives in steers. **Animal Science**, v. 55, n. 02, p. 185-191, 1992. ISSN 1748-748X. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1017/S0003356100037442> >. Acesso em: 1992.

CHRISTOPHERSON, R. The thermal environment and the ruminant digestive system. 1985.

DA SILVA, R. G. Um Modelo para a Determinação do Equilíbrio Térmico de Bovinos em Ambientes Tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1244-1252, 2000. ISSN 0100-4859.

DA SILVA, R. G.; LA SCALA, N.; TONHATI, H. Radiative properties of the skin and haircoat of cattle and other animals. **Transactions-American Society of Agricultural Engineers**, v. 46, n. 3, p. 913-918, 2003. ISSN 0001-2351.

DA SILVA, R. G.; LA SCALA, N.; TONHATI, H. Radiative properties of the skin and haircoat of cattle and other animals. **Transactions of the ASAE**, v. 46, n. 3, p. 913-918, 2003.

DASILVA, R.; ARANTESNETO, J.; HELTZFILHO, S. GENETIC-ASPECTS OF THE VARIATION OF THE SWEATING RATE AND

COAT CHARACTERISTICS OF JERSEY CATTLE. **Revista Brasileira de Genética**, v. 11, n. 2, p. 335-347, 1988. ISSN 0100-8455.

DE MATTOS NASCIMENTO, M. R. B. et al. Perfil dos hormônios tireoideanos de vacas das raças guzerá e holandesa em ambiente tropical= Thyroid hormone profile of holstein and guzerat dairy cattle in a tropical environment. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, 2013. ISSN 1981-3163.

DE RENSIS, F.; SCARAMUZZI, R. J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow--a review. **Theriogenology**, v. 60, n. 6, p. 1139-51, Oct 1 2003. ISSN 0093-691X (Print)0093-691X (Linking). Disponível em: <
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12935853>.

DETMANN, E. et al. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT-Ciência Animal**. Viçosa, MG: Suprema, 2012. 214.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arq. Bras. Med. Vet. Zoo.**, v. 62, p. 980-984, 2010. ISSN 0102-0935. Disponível em: <
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352010000400030&nrm=iso>.

DOMINGUES, S.S. **Parâmetros Ingestivos e Fisiológicos de Novilhas Zebuínas submetidas a estresse térmico** (monografia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

EILER, H. Glândulas endócrinas. **Dukes. Fisiologia dos Animais Domésticos**, v. 12, p. 577-622, 2006.

ELLIS, W. et al. Dietary influences on flow rate and digestive capacity. **Herbivore nutrition in the subtropics and tropics/edited by FMC Gilchrist and RI Mackie**, 1984.

FALEIRO, A. G.; GONZÁLEZ, L. A.; BLANCH, M.; CAVINI, S.; CASTELLS, L.; RUÍZ DE LA TORRE, J. L.; MANTECA, X.; CALSAMIGLIA, S.; AND FERRET. A. Performance, ruminal changes, behaviour and welfare of growing heifers fed a concentrate diet with or without barley straw. **Animal**. 2011. V. 5:294–303.

FAROOQ, U. et al. Physiological responses of cattle to heat stress. **World Applied Sciences Journal**, v. 8, n. Special Issue of Biotechnology & Genetic Engineering, p. 38-43, 2010.

FAYLON, M. et al. Effects of acute heat stress on lipid metabolism of bovine primary adipocytes. **Journal of dairy science**, v. 98, n. 12, p. 8732-8740, 2015. ISSN 0022-0302.

FERRELL, C. L. Contribution of visceral organs to animal energy expenditure. **Journal of Animal Science**, v. 66 (Suppl. 3), p. 23-34, 1988.

FERRELL, C. L.; JENKINS, T. G. Energy utilization by mature, nonpregnant, nonlactating cows of different types. **Journal of Animal Science**, v. 58, p. 234-243, 1984.

FINCH, V. A.; BENNETT, I.; HOLMES, C. Sweating response in cattle and its relation to rectal temperature, tolerance of sun and metabolic rate. **The Journal of Agricultural Science**, v. 99, n. 03, p. 479-487, 1982. ISSN 1469-5146.

FORBES, J. M. The multifactorial nature of food intake control. **J. Anim. Sci.** 2003. v. 81:E139–E144

FOX, D. G.; SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. **Journal of Animal Science**, v. 66, p. 1475-1495, 1988.

FUJIHARA, T. et al. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **The Journal of Agricultural Science**, v. 109, n. 01, p. 7-12, 1987. ISSN 1469-5146.

FULTON, W. R., T. J. KLOPFENSTEIN, AND R. A. BRITTON. Adaptation to high concentrate diets by beef cattle. I. Adaptation to corn and wheat diets. **J. Anim. Sci.** 1979.v. 49:775–784.

FUQUAY, J. W. Heat stress as it affects animal production. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 1, p. 164-174, 1981.

GARDNER, D. G. et al. **Endocrinología básica y clínica/Greenspan. Endocrinología básica y clínica.** e-libro, Corp. 2012. (0071622438)

GARRIGA, C. et al. Heat stress increases apical glucose transport in the chicken jejunum. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 290, n. 1, p. R195-R201, 2006. ISSN 0363-6119.

GAUGHAN, J. B. et al. Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 2398-2405, 1999.

GAUGHAN, J. B. et al. Assessing the heat tolerance of 17 beef cattle genotypes. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, n. 6, p. 617-627, 2010/11/01 2010. ISSN 0020-7128. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00484-009-0233-4>>.

HAHN, G. L.; NIENABER, J. A.; EIGENBERG, R. A. Environmental influences on the dynamics of thermoregulation and feeding behavior in cattle and swine. In: COLLINS, E. e BOON, C., Livestock environment, 1993, Coventry. ASAE, July 6-9, 1993. p.1106-1116.

HANSEN, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, v. 82–83, n. 0, p. 349-360, 2004. ISSN 0378-4320. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378432004000661> >.

_____. Effects of heat stress on mammalian reproduction. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**, v. 364, n. 1534, p. 3341-50, Nov 27 2009. ISSN 1471-2970 (Electronic)0962-8436 (Linking). Disponível em: < http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=19833646 >.

HELAL, A. et al. Effect of heat stress on coat characteristics and physiological responses of Balady and Damascus goats in Sinai, Egypt. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science**, v. 7, n. 1, p. 60-69, 2010. ISSN 1818-6769.

HOROWITZ, M. Heat acclimation: phenotypic plasticity and cues to the underlying molecular mechanisms. **Journal of Thermal Biology**, v. 26, n. 4, p. 357-363, 2001. ISSN 0306-4565.

HUBER, J. Amelioration of heat stress in dairy cattle. **Progress in Dairy Science**. CJC Philips, ed. CAB International, Wallingford, UK, p. 211-243, 1996.

ILLIUS, A. W., B. J. TOLKAMP, AND J. YEARSLEY. The evolution of the control of food intake. **Proc. Nutr. Soc.** 2002. .61:465–472.

HUTCHINSON, J.; BROWN, G. D. Penetrance of cattle coats by radiation. **Journal of Applied Physiology**, v. 26, n. 4, p. 454-464, 1969. ISSN 8750-7587.

JENKINS, T. G.; FERRELL, C. L.; CUNDIFF, L. V. Relationship of components of the body among mature cows as related to size, lactation potential and possible effects on productivity. **Animal Production**, v. 43, p. 245-254, 1986.

JOHNSON, S. R. et al. Thermographic Eye Temperature as an Index to Body Temperature in Ponies. **Journal Equine Veterinary Science** . v 31, p. 63-66, 2011.

JOHNSON, D. E. Maintenance requirements for beef cattle: Importance and physiological and environmental causes of variation. **Proceedings of Beef Cow Efficiency Forum**, 1984, Fort Collins, CO. p.6.

JOHNSON, H. Depressed chemical thermogenesis and hormonal functions in heat. **Environmental physiology aging, heat and attitude** (ed. SM Horvath and MK Yousef), p. 3-9, 1980.

JOHNSON, H.; SHANKLIN, M.; HAHN, L. Productive adaptability of Holstein cows to environmental heat. **Research Bulletin**, n. 1060, 1988.

KADZERE, C. T. et al. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v. 77, n. 1, p. 59-91, 2002. ISSN 0301-6226. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030162260100330X> >.

KAMAL, T.; HABEEB, A. Comparison between methods of estimating total body water using tritiated water, antipyrine and dessication in Friesian cattle. Proceedings of the 1st Egyptian-British Conference on Animal and Poultry Production, Zagazig University, Zagazig, Egypt, 1984. p.304-311.

KELLEY, R. O.; MARTZ, F. A.; JOHNSON, H. D. Effect of environmental temperature on ruminal volatile fatty acid levels with

controlled feed intake. *Journal of dairy science*, 1967, vol. 50, no 4, p. 531-533.

KERN, R. J. et al. Surface enlargement factor of rumen papillae and expression of genes involved in dermatological diseases and their relationships with feed intake in beef steers. In: SUPPLEMENT, J. O. A. S., ADSA/ASAS Midwest Section, 2014, Des Moines, IA. ASAS/ADSA.

KHAN, M. A. et al. Structural Growth, Rumen Development, and Metabolic and Immune Responses of Holstein Male Calves Fed Milk Through Step-Down and Conventional Methods. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 7, p. 3376-3387, 2007. ISSN 0022-0302. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030207717897> >.

KLEIBER, M. **The Fire of Life: An Introduction to Animal Energetics**. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1961. 454.

KOVARIK, M. Radiation penetrance of protective covers. *Journal of applied physiology*, v. 35, n. 4, p. 562-563, 1973. ISSN 8750-7587.

KUME, S. Mineral requirement of dairy cows under high temperature conditions. Proceedings of Tropical Agriculture Research Series, 1992, Tsukuba. September 24-15, 1991. p.199-207.

KURIHARA, M. Energy requirements of dairy cows under high temperature conditions. Proceedings of Tropical Agriculture Research Series, 1992, Tsukuba. September 24-15, 1991. p.208-216.

LAMBERT, G. Intestinal barrier dysfunction, endotoxemia, and gastrointestinal symptoms: the 'canary in the coal mine'during exercise-heat stress? , 2008. ISSN 3805586493.

LAURENZ, J. et al. Seasonal changes in body composition of mature beef cows. **PR-Texas Agricultural Experiment Station (USA)**, 1989. ISSN 1058-1138.

LAURENZ, J. C. et al. Effects of season on the maintenance requirements of mature beef cows. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 5, p. 2168-2176, 1991.

LEE, C. N. Environmental stress effects on bovine reproduction. **Vet Clin North Am Food Anim Pract**, v. 9, n. 2, p. 263-73, Jul 1993. ISSN 0749-0720 (Print) 0749-0720 (Linking). Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=8348371>.

LINDHOLM-PERRY, A. K. et al. DNA polymorphisms and transcript abundance of PRKAG2 and phosphorylated AMP-activated protein kinase in the rumen are associated with gain and feed intake in beef steers. **Animal Genetics**, p. n/a-n/a, 2014. ISSN 1365-2052. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/age.12151>>.

LIPPKE, H. Digestibility and volatile fatty acids in steers and wethers at 21 and 32C ambient temperature. **Journal of Dairy Science**, v. 58, n. 12, p. 1860-1864, 1975. ISSN 0022-0302.

MADER, T.L., JOHNSON, L.J AND GAUGHAN, B.L. A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. **J. Anim. Sci.** 2010. 88:2153–2165.

MARAI, I. et al. Physiological traits as affected by heat stress in sheep—a review. **Small Ruminant Research**, v. 71, n. 1, p. 1-12, 2007. ISSN 0921-4488.

MARTIN, C., C. PHILIPPEAU, AND B. MICHALET-DOREAU. Effect of wheat and corn variety on fiber digestion in beef steers fed high-grain diets. **J. Anim. Sci.** 1999. 77:2269–2278.

MATHERS, J.; BABER, R.; ARCHIBALD, R. Intake, digestion and gastro-intestinal mean retention time in Asiatic buffaloes and Ayrshire cattle given two contrasting diets and housed at 20 and 33 C. **The Journal of Agricultural Science**, v. 113, n. 02, p. 211-222, 1989. ISSN 1469-5146.

MAURYA, V.; NAQVI, S.; MITTAL, J. Effect of dietary energy level on physiological responses and reproductive performance of Malpura sheep in the hot semi-arid regions of India. **Small Ruminant Research**, v. 55, n. 1, p. 117-122, 2004. ISSN 0921-4488.

MCARTHUR, A. Thermal radiation exchange, convection and the storage of latent heat in animal coats. **Agricultural and forest meteorology**, v. 53, n. 4, p. 325-336, 1991. ISSN 0168-1923.

MCARTHUR, A. J. The direct effects of climate on livestock. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (Ed.). **Livestock environment, II**. Ames: ASAE, 1982. p.311-317.

MCDOWELL, R. et al. Effect of heat stress on energy and water utilization of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 52, n. 2, p. 188-194, 1969. ISSN 0022-0302.

MIARON, J. O.; CHRISTOPHERSON, R. Effect of prolonged thermal exposure on heat production, reticular motility, rumen-fluid and-particulate passage-rate constants, and apparent digestibility in steers. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 72, n. 4, p. 809-819, 1992. ISSN 0008-5286.

MILLEN, D. D. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 10, p. 3427-3439, October 1, 2009 2009. Disponível em: <
<http://www.journalofanimalscience.org/content/87/10/3427.abstract> >.

MILLER, J. et al. Effect of thyroid status on digestive tract fill and flow rate of undigested residues in cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 57, n. 2, p. 193-197, 1974. ISSN 0022-0302.

MITLOHNER, F. M.; GALYEAN, M. L.; MCGLONE, J. J. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. **Journal Animal Science**, v. 80, p. 2043-2050, 2002.

MONTANHOLI, Y. R., SWANSON, K. C., PALME, R., SCHENKEL, F. S., MCBRIDE, B. W., LU, D., MILLER, S. P. Assessing feed efficiency in beef steers through feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids. **Animal** 4, 692-701, 2010

MOORE, R. B.; FUQUAY, J. W.; DRAPALA, W. J. Effects of late gestation heat stress on postpartum milk production and reproduction in dairy cattle. **J Dairy Sci**, v. 75, n. 7, p. 1877-82, Jul 1992. ISSN 0022-0302 (Print) 0022-0302 (Linking). Disponível em: <
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=1500584 >.

MORRISON, S. Ruminant heat stress: effect on production and means of alleviation. **Journal of Animal Science**, v. 57, n. 6, p. 1594-1600, 1983. ISSN 0021-8812.

NESSIM, M.; KAMAL, T. HEAT-INDUCED CHANGES IN ALDOSTERONE LEVEL AND MINERAL BALANCE IN EGYPTIAN BUFFALO CALVES.

NONAKA, I., et al. Effects of high environmental temperatures on physiological and nutritional status of prepubertal Holstein heifers. *Livestock Science*, 2008, vol. 113, no 1, p. 14-23.

NRC. Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. Washington, DC: National Academy Press, 1981. 152.

_____. **Nutrient Requirements of Beef Cattle.** 7th. Washington, DC: National Academy Press, 1996. 242.

_____. **Nutrient Requirements of Beef Cattle.** updated 7th. Washington, DC, USA: National Academy Press, 2000. 242.

_____. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7th. Washington, DC, USA: National Academy Press, 2001. 362.

O'BRIEN, M. D., RHOADS, R. P., SANDERS, S. R., DUFF, G. C., BAUMGARD, L. H. Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. *Domestic Animal Endocrinology*. 38, 86-94, 2010.

OTOIKHIAN, C. et al. Physiological response of local (West African Dwarf) and adapted Switzerland (White Bornu) goat breed to varied climatic conditions in South-South Nigeria. *African Journal of General Agriculture*, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2009.

OWENS, F. N., GOETSCH, A. L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D. C. 1988. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition.** Englewood cliffs. O & Books Inc., p. 146-171. 1988

PEARCE, S. et al. Short-term exposure to heat stress attenuates appetite and intestinal integrity in growing pigs. *Journal of Animal Science*, v. 92, n. 12, p. 5444-5454, 2014. ISSN 1525-3163.

PEARCE, S. C. et al. Heat stress reduces intestinal barrier integrity and favors intestinal glucose transport in growing pigs. **PLoS One**, v. 8, n. 8, p. e70215, 2013. ISSN 1932-6203.

PETHERICK, J. C.; DOOGAN, V. J.; VENUS, B. K. ; HOLROYD, R. G.; AND OLSSON. P. Quality of handling and holding yard environment, and beef cattle temperament: 2. Consequences for stress and productivity. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 2009b 120:28–38

PHILIPPEAU, C.; MARTIN, C.; AND MICHALET-DOREAU. B. Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site, and extent of digestion in beef steers. **J. Anim. Sci.** 1999. 77:1587–1596.

PHULIA, S. et al. Alteration in surface body temperature and physiological responses in Sirohi goats during day time in summer season. **Indian Journal of Animal Sciences**, v. 80, n. 4, p. 340-342, 2010. ISSN 0367-8318.

PRUNIER, A.; DE BRAGANÇA, M. M.; LE DIVIDICH, J. Influence of high ambient temperature on performance of reproductive sows. **Livestock Production Science**, v. 52, n. 2, p. 123-133, 1997. ISSN 0301-6226.

PUNIA, B.; LEIBHOLZ, J.; FAICHNEY, G. Effects of level of intake and urea supplementation of alkali-treated straw on protozoal and bacterial nitrogen synthesis in the rumen and partition of digestion in cattle. **Crop and Pasture Science**, v. 39, n. 6, p. 1181-1194, 1988. ISSN 1836-5795.

RENAUDEAU, D. et al. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, v. 6, n. Special Issue 05, p. 707-728, 2012. ISSN 1751-732X. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731111002448> >. Acesso em: 2012.

RHOADS, M. et al. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 5, p. 1986-1997, 2009. ISSN 0022-0302.

RHOADS, R. et al. Short communication: Alterations in expression of gluconeogenic genes during heat stress and exogenous bovine somatotropin administration. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 4, p. 1917-1921, 2011. ISSN 0022-0302.

RHOADS, R. P. et al. Consequences of heat stress on the profile of skeletal muscle gene expression in beef cattle. **The FASEB Journal**, v. 22, n. 1_MeetingAbstracts, p. 1165.1, 2008.

RIEDEL, W.; LAYKA, H.; NEECK, G. Secretory pattern of GH, TSH, thyroid hormones, ACTH, cortisol, FSH, and LH in patients with fibromyalgia syndrome following systemic injection of the relevant hypothalamic-releasing hormones. **Zeitschrift für Rheumatologie**, v. 57, n. 2, p. S81-S87, 1998. ISSN 0340-1855.

ROTTA, P. P. et al. Digesta sampling sites and marker methods for estimation of ruminal outflow in bulls fed different proportions of corn silage or sugar cane. **Journal of Animal Science**, April 28, 2014 2014. Disponível em: <
<http://www.journalofanimalscience.org/content/early/2014/04/28/jas.2013-7364.abstract>>.

SANCHEZ, W.; MCGUIRE, M.; BEEDE, D. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: Review and original research. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 7, p. 2051-2079, 1994. ISSN 0022-0302.

SANO, H. et al. Turnover and oxidation rates of blood glucose and heat production in sheep exposed to heat. **Journal of Dairy Science**, v. 66, n. 4, p. 856-861, 1983. ISSN 0022-0302.

SEJIAN, V., VALTORTA, S., GALLARDO, M. AND SINGH, A. K. Ameliorative Measures to Counteract Environmental Stresses. In **Environmental Stress and Amelioration in Livestock Production**. Springer Berlin Heidelberg. 2012. pp. 153-180.

SCHARF, B. **Comparison of thermoregulatory mechanisms in Heat sensitive and tolerant breeds of bos taurus Cattle**, tese the mester of science, 2008.

SELYE, H. Stress and the general adaptation syndrome. **British Medical Journal**, v. 1, n. 4667, p. 1383, 1950.

SENF, R. L.; RITTENHOUSE, L. R. A model of thermal acclimation in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 61, n. 2, p. 297-306, 1985.

SEVI, A. et al. Effects of solar radiation and feeding time on behavior, immune response and production of lactating ewes under high ambient temperature. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 3, p. 629-640, 2001. ISSN 0022-0302.

SHARMA, S. et al. Effect of melatonin administration on thyroid hormones, cortisol and expression profile of heat shock proteins in goats (*Capra hircus*) exposed to heat stress. **Small Ruminant Research**, v. 112, n. 1, p. 216-223, 2013. ISSN 0921-4488.

SILANIKOVE, N. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. **Livestock Production Science**, v. 30, n. 3, p. 175-194, 1992. ISSN 0301-6226.

SILVA, R. Introdução à bioclimatologia animal. Nobel, São Paulo. **Google Scholar**, 2000.

SILVA, R. G. D. Estimativa do balanço térmico por radiação em vacas Holandesas expostas ao sol e à sombra em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1403-1411, 1999. ISSN 1516-3598.

SIVAKUMAR, A.; SINGH, G.; VARSHNEY, V. Antioxidants supplementation on acid base balance during heat stress in goats. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, n. 11, p. 1462-1468, 2010. ISSN 1011-2367.

SOLIS, J. C. et al. Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of different breed types. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 3, p. 764-773, 1988.

SPICER, L.A., THEURER, C.B., SOWE, J. et al. Ruminal and post-ruminal utilisation of nitrogen and starch from sorghum grain, corn and barley-based diets by beef steers. **J. Anim. Sci.** 1986. 62(2): 521-530.

STOWELL, R. R.; BICKERT, W. G. Heat stress characterization of dairy cattle in naturally ventilated barns using a thermal energy model. In: BOTTCHEER, R. W. e HOFF, S. J., *Livestock environment*, 1997, Bloomington. ASAE. p.218-225.

TAYLOR, S. C. S.; THIESSEN, R. S.; MURRAY, J. Inter-breed relationship of maintenance efficiency to milk yield in cattle. **Animal Production**, v. 43, p. 37-61, 1986.

TAJIMA, KIYOSHI, et al. Influence of high temperature and humidity on rumen bacterial diversity in Holstein heifers. **Anaerobe**, 2007, vol. 13, no 2, p. 57-64.

THOMPSON, G. Climatic physiology of cattle. **Journal of Dairy Research**, v. 40, n. 03, p. 441-473, 1973. ISSN 1469-7629.

TSUCHIYA, K. et al. Changes of gastrointestinal motility evoked by spinal cord cooling and heating. **Pflügers Archiv**, v. 351, n. 4, p. 275-286, 1974. ISSN 0031-6768.

TURNER, H. Effect of clipping the coat on performance of calves in the field. **Crop and Pasture Science**, v. 13, n. 1, p. 180-192, 1962. ISSN 1836-5795.

TURNPENNY, J. et al. Thermal balance of livestock: 2. Applications of a parsimonious model. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 101, n. 1, p. 29-52, 2000. ISSN 0168-1923.

TYLUTKI, T. P.; GEBREMEDHIN, K. G.; FOX, D. G. Influence of haircoat on heat loss of Holstein steers. In: COLLINS, E. e BOON, C., Livestock environment, 1993, Coventry. ASAE, July 6-9, 1993. p.273-280.

VALADARES FILHO, S. C. et al. **Nutrient Requirements of Zebu Beef Cattle - BR-CORTE**. 2. Visconde do Rio Branco, MG, Brazil: Suprema Gráfica e Editora, 2010. 185.

VALADARES, R. F. D. et al. Protein levels in cattle diets. 1. Intake and total and partial apparent digestibility. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 6, p. 1252-1258, 1997.

VALENTE, E. et al. Strategies of supplementation of female suckling calves and nutrition parameters of beef cows on tropical pasture. **Tropical Animal Health and Production**, v. 44, n. 7, p. 1803-1811, 2012/10/01 2012. ISSN 0049-4747. Disponível em: <
<http://dx.doi.org/10.1007/s11250-012-0142-0>>.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p

VILELA, R. A. **Efeito do ambiente térmico na fisiologia adaptativa de bubalinos**. 2013. Universidade de São Paulo

VON ENGELHARDT, W.; HALES, J. Partition of capillary blood flow in rumen, reticulum, and omasum of sheep. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**, v. 232, n. 1, p. E53, 1977. ISSN 0193-1849.

WARREN, W. et al. Digestibility and rate of passage by steers fed tall fescue, alfalfa and orchardgrass hay in 18 and 32 C ambient temperatures. **Journal of Animal Science**, v. 39, n. 1, p. 93-96, 1974. ISSN 0021-8812.

WENIGER, J.; STEIN, M. Einfluss von Umgebungstemperatur und Luftfeuchte auf die Naehrstoffverdaulichkeit beim Schaf, 1: Problemstellung, Durchfuehrung der Untersuchungen, Verdaulichkeit. **Züchtungskunde**, 1992. ISSN 0044-5401.

WHITTOW, G.; FINDLAY, J. Oxygen cost of thermal panting. **American Journal of Physiology--Legacy Content**, v. 214, n. 1, p. 94-99, 1968. ISSN 0002-9513.

WIERSMA, F.; ARMSTRONG, D. Microclimate modification to improve milk production in hot arid climates. **Proceedings of the 11th International Congress on Agricultural Engineering**. Agricultural Engineering (ed. VA Dodd and PM Grace), 1989. p.1433-1440.

YADAV, BRIJESH, et al. Impact of heat stress on rumen functions. **Veterinary World**, 2013, vol. 6, no 12, p. 992-996.

YAHAV, S. Thermal manipulation during the perinatal period-does it improve thermotolerance and performance of broiler chickens? , **Proceedings of the 19th Australian Poultry Science Symposium**,

Sydney, New South Wales, Australia, 12-14 February 2007., 2007, Poultry Research Foundation. p.1-8.

YAZDI, M. H. et al. Effects of heat stress on metabolism, digestibility, and rumen epithelial characteristics in growing Holstein calves. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 1, p. 77-89, 2016. ISSN 1525-3163.

YOUNG, B. Implications of excessive heat load to the welfare of cattle in feedlots. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**, p. 45-50, 1993.

YOUSEF, M. Principles of bioclimatology and adaptation. **World Animal Science (Netherlands)**, 1987.

YUNianto, V. D. et al. Effect of environmental temperature on muscle protein turnover and heat production in tube-fed broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 77, n. 06, p. 897-909, 1997. ISSN 1475-2662.