

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 25/02/2021.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EQUILÍBRIO TÉRMICO DE BOVINOS CRUZADOS (ANGUS  
VS NELORE) EM AMBIENTE TROPICAL**

**Gustavo André Bernado Moura**  
Zootecnista

**2019**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EQUILÍBRIO TÉRMICO DE BOVINOS CRUZADOS (ANGUS  
VS NELORE) EM AMBIENTE TROPICAL**

**Gustavo André Bernado Moura**

**Orientador: Prof. Dr. Alex Sandro Campos Maia**

**Dissertação de mestrado  
apresentada à Faculdade de  
Ciências Agrária e Veterinárias –  
Unesp, Câmpus de Jaboticabal,  
como parte das exigências para  
obtenção do título de Mestre em  
Zootecnia.**

**2019**

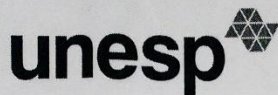
## Ficha Catalográfica

M929e	Moura, Gustavo André Bernado Equilíbrio Térmico de Bovinos Cruzados (Angus Vs Nelore) em Ambiente Tropical / Gustavo André Bernado Moura. -- Jaboticabal, 2019 62 p. + 1 CD-ROM  Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientadora: Alex Sandro Campos Maia  1. Biometeorologia e Bem-Estar Animal. 2. Bovinos de Corte. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.  
Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias,  
Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

# Certificado de Aprovação



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



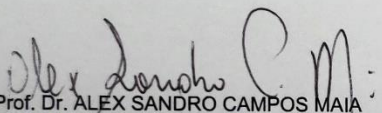
## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

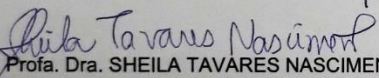
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EQUILÍBRIO TÉRMICO DE BOVINOS CRUZADOS (ANGUS VS NELORE)  
EM AMBIENTE TROPICAL

AUTOR: GUSTAVO ANDRÉ BERNADO MOURA

ORIENTADOR: ALEX SANDRO CAMPOS MAIA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ZOOTECNIA, pela  
Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. ALEX SANDRO CAMPOS MAIA  
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

  
Profa. Dra. SHEILA TAVARES NASCIMENTO  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária-UnB / Brasília/DF

  
Pós-Doutoranda CINTIA CAROL DE MELO COSTA  
Laboratório de Biometeorologia Animal-FCAV/UNESP / Jaboticabal/SP

Jaboticabal, 25 de fevereiro de 2019

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Gustavo André Bernado Moura nasceu em Serra Talhada no Estado de Pernambuco no 05 de novembro de 1993. Em 2011 ingressou no curso de Bacharelado em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, obtendo o título de Zootecnista em junho de 2016. Durante a graduação foi bolsista de extensão e iniciação científica voluntária; também foi integrante do Grupo de Estudos e Pesquisas do Leite no Sertão (GEPEL), Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) e da empresa Consultoria Agropecuária Jr (CIAGRO). Em março de 2018 ingressou no curso de mestrado em Zootecnia no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual Júlio Mesquita, dedicando-se a área de Biometeorologia Animal. Atualmente é integrante do Grupo de Inovação em Biometeorologia, Ambiente e Bem-Estar Animal (INO-BIO-MANERA).

## **Dedicatória**

Dedico a minha mãe, Andrea Lopes de Moura e a meu tio Aristóteles Simões de Moura (*in memoriam*). E a toda minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus, por tudo que provê em minha vida.

À toda minha família por me apoiar e me dar forças, por ser o meu pilar.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Jaboticabal, e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Alex Sandro Campos Maia, por todos os ensinamentos compartilhados.

Ao Grupo de Inovação em Biometeorologia, Ambiência e Bem-Estar Animal (INOBIOMANERA). A todos os integrantes/amigos do grupo que me ajudaram nessa jornada.

Aos estagiários que participaram da execução do meu experimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



## SUMÁRIO

Certificado da Comissão de Ética no Uso de Animais .....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT .....	v
1. CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais.....	1
1.1 Introdução .....	1
1.2 Revisão de literatura .....	3
1.2.1 Uma breve história sobre os bovinos.....	3
1.2.2 Sistema de produção de bovinos de corte.....	5
1.2.2.1 Cadeia produtiva.....	5
1.2.3 Termorregulação de bovinos de corte .....	7
1.3 Considerações gerais.....	13
1.4 Objetivos .....	14
1.4.1 Objetivo Geral.....	14
1.4.2 Objetivos Específicos .....	14
1.5 Referências .....	15
2 CAPÍTULO 2 – Respostas Fisiológicas e Equilíbrio Térmico de Bovinos Cruzados (½ Nelore x ½ Angus) em Ambiente Tropical .....	25
2.1 Introdução .....	26
2.2 Materiais e métodos .....	27
2.2.1 Animais, local e desenho experimental .....	27
2.2.2 Estrutura, manejo dos animais e registro dos dados .....	28
2.2.3 Variáveis meteorológicas.....	29
2.2.4 Treinamento dos animais e parâmetros fisiológicos .....	30
2.2.5 Determinação do equilíbrio térmico .....	30
2.2.6 Análise estatística .....	31
2.3 Resultados .....	31

2.4	Discussão.....	36
2.5	Conclusão .....	41
2.6	Referências .....	42
2.7	ANEXO – Material suplementar .....	46
2.7.1	Protocolo de Treinamento dos animais .....	46
2.7.2	Calibração do sistema .....	48
2.7.3	Equilíbrio Térmico.....	49
2.7.4	Produção metabólica de calor .....	50
2.7.5	Fluxo de calor por convecção .....	51
2.7.6	Radiação de ondas longas .....	52
2.7.8	Fluxo de calor por evaporação na superfície cutânea .....	53
2.7.9	Imagens.....	54

## Certificado da Comissão de Ética no Uso de Animais



### CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

#### CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado **“Equilíbrio térmico de bovinos Angus associado à sua emissão de metano entérico”**, protocolo nº 013641/17, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Alex Sandro Campos Maia, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 06 de setembro de 2017.

Vigência do Projeto	15/09/2017 a 15/03/2018
Espécie / Linhagem	Bovinos
Nº de animais	12
Peso / Idade	360 Kg / 18 meses
Sexo	Macho
Origem	Sítio Boa Esperança – Pedranópolis - SP

Jaboticabal, 06 de setembro de 2017.

  
**Prof. Dr. Lizandra Amoroso**  
 Coordenadora – CEUA

## TERMORREGULAÇÃO E EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO DE BOVINOS CRUZADOS (ANGUS VS NELORE) EM AMBIENTE TROPICAL

**RESUMO** – Objetiva-se avaliar termorregulação e emissão de metano de bovinos cruzados ( $\frac{1}{2}$ Nelore x  $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus). O trabalho foi conduzido no Laboratório de Bioclimatologia Animal da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), campus de Jaboticabal. Doze bovinos F1 ( $\frac{1}{2}$ Nelore x  $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus), não castrados, com 36 meses e peso médio de  $606 \pm 6$  Kg, foram distribuídos aleatoriamente em um quadrado latino  $12 \times 12$  para avaliações das respostas fisiológicas das 06:00 às 18:00 durante doze dias, protegidos da radiação solar e chuva. Temperatura do ar ( $T_A$ , °C), umidade relativa (UR, %) radiação solar ( $R_S$ ,  $W m^{-2}$ ), velocidade do vento ( $V_v$ ,  $m s^{-1}$ ) e temperatura radiante média a sombra ( $TRM_{SOM}$ , °C) foram registradas. A proporção dos gases respiratórios (oxigênio,  $O_2$  %; gás carbônico,  $CO_2$  %) pressão de saturação do ar expirado e da cápsula ventilada ( $P_S\{T_{EXP}\}$  e  $P_S\{T_{EP}\}$ , KPa), frequência respiratória ( $F_R$ , respirações  $min^{-1}$ ) e volume respiratório ( $V_E$ ,  $L s^{-1}$ ); temperatura da epiderme ( $T_{EP}$ , °C), pelame ( $T_s$ , °C), retal ( $T_R$ , °C) e do ar expirado ( $T_{EXP}$ , °C) foram registradas por meio de um sistema de medidas fisiológicas e calorimetria indireta. A  $T_A$  teve variação de  $14,42$  °C ( $16,27 \pm 0,19$  a  $31,13 \pm 0,30$  °C), a  $TRM_{SOM}$   $21$  °C ( $16,27 \pm 0,19$  a  $31,13 \pm 0,30$  °C) e a UR de  $46$  % ( $73,79 \pm 0,59$  a  $27,17 \pm 1,05$  %). Os animais apresentaram um metabolismo médio de  $215 W m^{-2}$ , com  $T_R$  variando de  $39,03$  a  $39,62$  °C e  $T_{EP}$  superior a  $T_s$ , com uma pequena variação ao longo do dia. Quando a temperatura do ar foi inferior a  $19$  °C, os fluxos sensíveis representaram de  $73,55 - 63,62\%$  do calor metabólico. Com o aumento da temperatura os mecanismos sensíveis perderam importância, e a partir dos  $32$  °C tornaram-se um ganho de calor do ambiente, sendo os mecanismos latentes o único meio para dissipar calor. Em conclusão os animais demonstraram uma elevada capacidade para manter o equilíbrio térmico quando protegidos da radiação, contudo, com uma maior dependência dos mecanismos latentes.

**Palavras-chave:** ambiente tropical, gases de efeito estufa, equilíbrio térmico, bovinos de corte

## THERMOREGULATION AND EMISSION METHANE ENTERIC OF CROSSBRED CATTLE (ANGUS VS NELORE) IN TROPICAL ENVIRONMENT

**ABSTRACT** – The objective of this study was to evaluate the thermoregulation and emission of methane from crossbred cattle ( $\frac{1}{2}$ Nelore x  $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus). The work was carried out at the Animal Bioclimatology Laboratory of the Júlio de Mesquita Filho State University (UNESP), Jaboticabal campus. Twelve 36-month-old F1 ( $\frac{1}{2}$  Nelore x  $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus) cattle with a mean weight of  $606 \pm 6$  kg were randomly distributed in a 12 x 12 Latin square for evaluations of the physiological responses from 06:00 to 18:00 during twelve days, protected from solar radiation and rain. Temperature of air ( $T_A$ , ° C), relative humidity ( $R_H$ ,%) solar radiation ( $R_s$ ,  $W\ m^{-2}$ ), wind speed ( $V_v$ ,  $m\ s^{-1}$ ) were recorded. The proportion of respiratory gases (oxygen,  $O_2\%$ , carbon dioxide,  $CO_2\%$ ), expired air saturation pressure and ventilated capsule ( $P_s$  { $T_{EXP}$ } and  $P_s$  { $T_{EP}$ }, KPa), respiratory rate ( $F_R$ , breaths  $min^{-1}$ ) and respiratory volume ( $V_E$ ,  $L\ s^{-1}$ ); ( $T_{EP}$ , ° C), hair ( $T_s$ , ° C), rectal ( $T_R$ , ° C) and expired air ( $T_{EXP}$ , ° C) were recorded by means of a system of physiological measurements and indirect calorimetry. The  $T_A$  had a variation of  $14.42$  ° C ( $16.27 \pm 0.19$  at  $31.13 \pm 0.30$  ° C),  $TRM_{SOM}$   $21$  ° C ( $16.27 \pm 0.19$  at  $31.13 \pm 0.30$  ° C) and  $46\%$   $R_H$  ( $73.79 \pm 0.59$  to  $27.17 \pm 1.05\%$ ). The animals had an average metabolism of  $215\ W\ m^{-2}$ , with  $T_R$  ranging from  $39.03$  to  $39.62$  ° C and  $T_{EP}$  higher than  $T_S$ , with a small variation throughout the day. When the air temperature was below  $19$  ° C, the sensitive fluxes represented  $73.55$  -  $63.62\%$  of the metabolic heat. As temperature increased, sensitive mechanisms lost their importance, and from  $32$  °C they became a heat gain from the environment, and latent mechanisms were the only means of dissipating heat. In conclusion the animals showed a high capacity to maintain the thermal equilibrium when protected from radiation, however, with a greater dependence on latent mechanisms.

**Keywords:** tropical environment, greenhouse gases, thermal equilibrium, beef cattle

## 1. CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 1.1 INTRODUÇÃO

Considerado o maior rebanho comercial do mundo, o Brasil possui 221 milhões de cabeças de bovinos, sendo responsável por 14 % da produção mundial de carnes. No ano de 2018 o país atingiu a marca de maior exportador de carne bovina, representando 3% das exportações brasileiras, movimentando aproximadamente R\$ 523 bilhões de reais (ABIEC, 2019). O sistema de produção é caracterizado pelo modelo de criação à pasto (90 %) com predominância de raças zebuínas (MCT, 2010), contudo, pouco eficiente. Níveis elevados de radiação solar, temperatura radiante média e sazonalidade na oferta de forragem são os principais fatores que limitam a introdução de raças taurinas em ambiente tropical.

Bovinos zebuínos (*Bos indicus*) possuem características genéticas que favorecem sua adaptação às condições de clima tropical quando comparados com genótipos selecionados em zonas temperadas (Tuner, 1980; Silva, 2000; Hansen, 2004). Por exemplo, zebuínos apresentam maior capacidade na digestão de alimentos de baixa qualidade (Hunter e Siebert, 1985), metabolismo inferior (Reid et al., 1991; Costa et al., 2017), menor resistência dos tecidos corporais à transferência de calor para o ambiente, superfície cutânea que favorece menor absorção da radiação solar e maior proteção contra a radiação ultravioleta (Finch et al., 1984; Silva et al., 2003) e, em nível celular, maior resistência aos danos causados por altas temperaturas (Krininger et al., 2003). Em contrapartida, taurinos (*Bos taurus*) possuem maior velocidade de crescimento e melhor acabamento de carcaça (Rodrigues et al., 2017). Assim, a exploração da heterose por meio dos cruzamentos de raças taurinas e zebuínas, buscando genótipos mais produtivos e, ao mesmo tempo, resistentes às condições tropicais tem sido uma alternativa para melhorar a eficiência nos sistemas de produção de bovinos de corte. Nesta direção, destaca-se o uso de bovinos da raça Angus (Aberdeen Angus) nesse modelo de cruzamento.

Contudo, em condições tropicais, um bovino adulto pode absorver até 640 W m<sup>-2</sup> de energia térmica radiante quando expostos a radiação solar próximo ao meio dia (Silva et al., 2009), valor três vezes maior que a produção de calor de novilhas

Angus (Richardson et al. 2001). Esse fato, somado as elevadas temperaturas do ar podem impor desafios a termorregulação desses animais, resultando em aumento da temperatura retal e frequência respiratória (Blackshaw e Blackshaw, 1994; Collier et al., 2006); redução da ingestão alimentar (NRC, 1989; Collier et al., 2006); alteração no comportamento de pastejo (Azêvedo e Alves, 2009); prejuízos a reprodução (Roman-Ponce et al., 1977); diminuição na produção de calor metabólico, impactos negativos no sistema imunológico e alterações hormonais. Além desses prejuízos, o acionamento dos mecanismos de termorregulação induzem ao aumento das necessidades de energia para manutenção em 7 a 25% (NRC, 1981); esse fato, quando associado à uma menor ingestão de alimento, ocasionam diminuição na quantidade de energia retida, e conseqüentemente menor produtividade. Ademais, pesquisas realizadas para avaliar a termorregulação dos animais geralmente concentram-se em avaliações pontuais nos horários mais críticos do dia, não observando as oscilações das repostas do animal de forma contínua, uma vez que os elementos meteorológicos variam continuamente no tempo e no espaço, e muitas vezes os efeitos do estresse imposto pelo ambiente sobre o animal não é verificado instantaneamente, havendo um efeito cumulativo, como evidenciado por Sullivan et al. (2011).

As preocupações com o efeito do estresse térmico na produção animal são crescentes, pois as projeções climáticas indicam aumentos significativos na temperatura média global. De acordo com as projeções do quinto relatório de Avaliação das Mudanças do Clima do Planeta a temperatura global média poderá aumentar até 2°C (possível faixa 0,46°C a 2,6°C) até 2046 (IPCC, 2014). Esse fato deve-se ao aumento da concentração dos Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera, como o metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), atribuído ao crescimento das atividades antropogênicas. No Brasil, grande parte da emissão de metano entérico é atribuída a bovinocultura de corte devido ao tamanho expressivo do seu rebanho. Segundo dados da Estimativa Anual da Emissão de Gases de Efeito Estufa no Brasil (2014), no ano de 2012 o setor foi responsável por 75% das emissões de metano entérico e 37% do dióxido de carbono.

A emissão de metano entérico é influenciada por fatores como quantidade e qualidade do alimento ingerido (Primavesi et al., 2004), espécie animal (MCT, 2010), variando também em função do horário e temperatura (Lockyer, 1997) e sistema de

produção. Por outro lado, ainda existe uma grande variabilidade nos dados encontrados na literatura a respeito da emissão de metano; parte da imprecisão dos relatórios divulgados é decorrente da falta de dados específicos utilizados na confecção desses relatórios. Outra fonte de variação seria a grande quantidade de metodologias utilizadas para quantificar a emissão de metano pelos animais. Dessa forma, o desenvolvimento de mais pesquisas que forneçam dados consistentes para elaboração de relatórios mais precisos é imprescindível para desenvolvimento de políticas e medidas de mitigação dos GEEs pela pecuária.



## 2.5 Conclusão

- Os resultados indicam que o uso de cruzamentos entre *Bos indicus* x *Bos taurus* podem melhorar a termotolerância as condições de clima tropical, mostrando grande semelhança nas respostas termorreguladoras de animais cruzados (Nelore x Aberdeen Angus) com animais da raça Nelore, quando são protegidos da radiação;
- A relativa estabilidade nas respostas fisiológicas dos animais cruzados como produção metabólica de calor, frequência respiratória, volume respiratório e temperatura retal indicam que os animais foram capazes de manter o equilíbrio térmico de forma eficiente, porém, com maior dependência dos mecanismos evaporativos;
- A produção média de calor metabólico dos animais cruzados Nelore x Aberdeen Angus foi  $215,55 \text{ W m}^{-2}$ ;

- Abaixo dos 19 ° C os mecanismos sensíveis são o principal meio para manutenção do equilíbrio térmico, e a partir dos 32 ° C passam a representar um ganho de calor;
- Mesmo com baixas temperaturas, as perdas evaporativas apresentaram uma elevada contribuição e, a partir dos 32 ° C as perdas latentes são o único meio para manutenção do equilíbrio térmico.

## 2.6 Referências

Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes – **ABIEC, 2019**. Perfil da pecuária no Brasil. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/PublicacoesLista.aspx>>. Acessado em 16/02/2019.

Beatty, D. T.; Barnes, A.; Taylor, E.; Pethick, D.; Mccarthy, M.; Maloney, S. K. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. **Journal of Animal Science**, v. 84, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.2527/2006.844972x>>

Brown-Brandl, T. M.; Nienaber, J. A.; Eigenberg, R. A.; Hahn, G. L.; Freetly, H. Thermoregulatory responses of feeder cattle. **Journal of Thermal Biology**, v. 28, 149–157, 2003.

Camerro, L. Z.; Maia, A. S. C.; Neto, M. C.; Costa, C. C. M.; Castro, P. C. Thermal equilibrium responses in Guzera cattle raised under tropical conditions. **Jornual of Thermal Biology**, v. 60, p. 213-221, 2016.

Castro, P. A. EFEITO DO AMBIENTE TÉRMICO RADIANTE SOBRE RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE VACAS HOLANDÊS (PB) EM AMBIENTE TROPICAL. 2018. 65f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2018.

Collier, R. J.; Gebremedhin, K. G. Thermal Biology of Domestic Animals. **Annu. Rev. Anim. Biosci.**, 2015. Disponível em: <DOI 10.1146/annurev-animal-022114-110659>

De Melo Costa, C. C.; Maia, A. S. C.; Brown-Brandl, T. M.; Chiquitelli Neto, M.; Fonsêca, V. F. C. Thermal equilibrium of Nellore cattle in tropical conditions: an investigation of circadian pattern. **Journal of Thermal Biology**. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.04.014>>

De Melo Costa, C. C.; Maia, A. S. C.; Nascimento, S. T.; Nascimento, C. C. N.; Chiquitelli Neto, M.; Fonsêca, V. F. C. Thermal balance of Nellore cattle. **International Journal of Biometeorology**. 2017. Disponível em: <DOI 10.1007/s00484-017-1349-6>

Dickmen, S.; Mateescu, R. G.; Elzo, M. A.; Hansen, P. J. Determination of the optimum contribution of Brahman genetics in an Angus-Brahman multibreed herd for regulation of body temperature during hot weather. **J. Anim. Sci.**, 2018. Disponível em: <doi: 10.1093/jas/sky133>

Finch, v. a. Body temperature in Beef Cattle: Its Control and Relevance to Production in the Tropics. **J. Anim. Sci.** v. 62, 1986.

Fonsêca, V. F. C. Termorregulação de ovinos Morada Nova. 2016.112 f. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

Gaughan, E. B.; Mader, T. L.; Holt, S. M.; Josey, M. J.; Rowan, K. J. Heat Tolerance of Boran and Tuli Crossbred Steers. **J. Anim. Sci.**, v. 77, 1999.

Hammond, A. C.; Chase, C. C.; Bowers, E. J.; Olson, T. A.; Randel, R. D. Heat tolerance in Tuli-, Senepol-, and Brahman-sired F1 Angus heifers in Florida. **J Anim Sci.**, v. 76, 1998.

Hammond, A. C.; Olson, T. A.; Chase, C. C. J.; Bowers, E. J.; Murphy, C. N.; Vogt, D. W.; Tewolde, A. Heat tolerance in two tropically adapted *Bos taurus* breeds, Senepol and Romosinuano, compared with Brahman, Angus, and Hereford cattle in Florida. **J Anim Sci.**, v. 74, 1996.

Hansen, J. P. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, p. 359-360, 2004.

HARVEY, W. R. Least-squares analysis of data with unequal subclass numbers. Beltsville: **USDA publ.**, n. 20-8, 1960.

Johnson, D.E., 1998. Principal components analysis. **In: Applied multivariate**  
Kibler, H. H. E Bordy, S. Influence of Temperature, 50 o to 5 o F and 50 o to 95 o F, on Heat Production and Cardiorespiratory Activities of Dairy Cattle. **Environmental Physiology**, v. 450, 1949.

Maia, A.S.C.; Nascimento, S.T.; Carvalho, M.D.; Fonsêca, V.F.C.; Pinheiro, M.G. Enteric methane emission of Jersey dairy cows: an investigation on circadian pattern. **In Proceedings of the 21st International Congress of Biometeorology**, 3-6 Setember 2017, Durham, United Kingdom, pp. 100–104.

Maia, A.S.C.; Silva, R.G.; Loureiro, C.M.B. Sensible and Latent Heat Loss from the Body Surface of Holstein Cows in a Tropical Environment. **International Journal of Biometeorology**, v,50, n,1, p. 17-22, 2005.

Mainly, B.F.J., 1994. Principal components analysis. **In: Multivariate statistical**  
Mclean, J. B.; Stombauch, D. P.; Downie, A. J. Body heat storage in steers (*Bos taurus*) in fluctuating thermal environments. **J. agric. Camb.**, 1983.

Menezes, L.F.G., Restle, J., Brondani, I.L., Kuss, F., Alves Filho, D.C., Silveira, M.F., Leite, D.T. Internal organs and gastrointestinal tract of feedlot finished steers of advanced generations of rotational crossbreeding between Charolais and Nellore.

**Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 36, 2007. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007000100015>>

Neto, O. R. M., Ladeira, M. M.; Gonçalves, T. M.; Lopes, L. S.; Oliveira, D. M.; Lima, R. R. Performance and carcass traits of Nellore and Red Norte steers finished in feedlot. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 5, 2011. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000500020> >

Richardson, E. C.; Herd, R. M.; Oddy, V. H.; Thompson, J. M., Archer, J. A.; Arthur, P. F. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 1065-1072, 2001.

Rodrigues, R. T. S.; Chizzotti, M. L.; Vital, C. E.; Baracat-Pererira, M. C.; Barros, E.; Busato, K. C.; Gomes, R. A.; Ladeira, M. M.; Martins, T. S. Differences in Beef Quality between Angus (*Bos Taurus Taurus*) and Nellore (*Bos Taurus indicus*) Cattle through a Proteomic and Phosphoproteomic Approach. **Plos one**, 2017.

Scharf, B.; Carrol, J. A.; Riley, D. G.; Chase, C. C.; Coleman, S. W.; Keisler, D. H.; Weaber, R. L.; Spiers, D. E. Evaluation of physiological and blood serum differences in heat-tolerant (Romosinuano) and heat-susceptible (Angus) *Bos taurus* cattle during controlled heat challenge. **J Anim Sci.**, V. 88, 2010. Disponível em: < doi: [10.2527/jas.2009-2551](https://doi.org/10.2527/jas.2009-2551)>

Scharf, B.; Wax, L. E.; Aiken, G. E.; Spiers, D. E. Regional differences in sweat rate response of steers to short-term heat stress. **Int J Biometeorol**, v. 52, 2008. Disponível em: < doi: [10.1007/s00484-008-0165-4](https://doi.org/10.1007/s00484-008-0165-4)>

Silva, R. G. Um Modelo para a Determinação do Equilíbrio Térmico de Bovinos em Ambientes Tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1244-1252, 2000.

Silva, R. G.; Gilhermino, M. M.; Morais, D. A. E. F. Thermal radiation absorbed by dairy cows in pasture. **International Journal Biometeorol**, v. 54, p. 5-11, 2009.

Silva, R. G.; Jr Scala, N. L.; Tonhati, H. Radiative Properties of the Skin and Haircoat of Cattle and Other Animals. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 46, p. 913-918, 2003.

Simão, B.R., Maia, A.S.C., Chiquitelli Neto, M., Culhari, E.C., Castro, P.A., Fonseca, V.F.C., 2017. A way to measure surface area in livestock, **In Proceedings of the 21st International Congress of Biometerology**, Durham, United Kingdom, pp. 100–104.

Tuner, J. W. Genetic and Biological Aspects of Zebu Adaptability. **Jornual of Animal Science**, v. 50, 1980.

Valente, E.E.L., Chizzotti, M.L., Oliveira, C.V.R., Galvão, M.C., Domingues, S.S., Rodrigues, A.C., Ladeira, M.M., Ferreira, R.A., Chizzotti, F.H.M., 2013. Effect of heat stress on intake and metabolism of *Bos taurus* (Angus) and *Bos indicus* (Nelore). **In: 4th EAAP-Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition**, Sacramento, California.