

**CARGA TÉRMICA RADIANTE EM AMBIENTES SOMBREADOS E A PLENO SOL: ESTUDO DE CASO**Carlos Augusto de Paiva Sampaio¹, Rodrigo Figueiredo Terezo², Braion Schoroeter³ & Odarin Schneider⁴

1 - Engenheiro Agrícola. Prof. do Departamento de Agronomia/CAV-UDESC. E-mail: carlos.sampaio@udesc.br

2 - Engenheiro Civil. Prof. do Departamento de Engenharia Florestal/CAV-UDESC. E-mail: rodrigo.terezo@udesc.br

3 - Discente de Engenharia Florestal. Bolsista/CAV-UDESC. E-mail: bscho@gmail.com

4 - Discente de Agronomia. Bolsista/CAV-UDESC. E-mail: osch@gmail.com

Palavras-chave:sombra
fatores ambientais
inércia térmica**RESUMO**

A radiação solar é a principal fonte de calor ambiental adquirida pelos animais. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade térmica de ambientes formados por grama para pastagem sombreada (GSeuc), grama para pastagem ao sol (Gsol) e solo compactado ao sol (CAsol), usados na produção bovina, quanto ao conforto e inércia térmica, nas condições de máximo calor solar. As medidas efetuadas foram temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido, temperatura de globo negro, umidade do ar e velocidade do vento para a obtenção dos índices térmicos. De acordo com os resultados, os ambientes Gsol e CAsol não apresentaram diferenças estatísticas pelo índice Temperatura de Globo e Umidade (ITGU). O ambiente GSeuc reduziu o ganho de calor mostrado nos valores dos índices Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR) e da Temperatura de Globo Negro (Tgn) em relação aos demais ambientes em até 12,7%, 30,0% e 7,0°C, respectivamente. Para cada 1% de acréscimo na Carga Térmica de Radiação (CTR), proporcionou-se um aumento em até 0,30%, 0,72% e de 0,60% nos valores do índice Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) nos ambientes GSeuc, Gsol e CAsol, respectivamente. O atraso térmico foi de até 4,0 horas para GSeuc em relação aos demais ambientes. O ambiente que proveu melhores condições térmicas foi constituído por grama para pastagem sombreada por pequeno bosque de árvores de Eucalipto.

Keywords:environmental factors
thermal inertia
shadow**RADIANT THERMAL LOAD UNDER EXTREME HEAT CONDITIONS: A CASE STUDY****ABSTRACT**

The solar radiation is the main source of environmental heat absorbed by animals. Therefore, the aim of this study was to evaluate the thermal quality of environments, used in cattle production, composed by grass for shaded grazing (GSeuc), grass for grazing on sun (Gsun) and soil compacted in the sun (Ssun). This analysis was made regarding comfort and thermal inertia of the environment in maximum solar heat conditions. The measures taken were the dry and wet bulb temperatures, black globe temperature, air humidity and wind speed to obtain the thermal indexes. According to the results, the Gsun and Ssun environments did not present statistical differences by the Globe Temperature and Humidity Index (GTHI). The GSeuc environment reduced the heat gain in relation to the others environments showed by the values of the Globe Temperature and Humidity Index (GTHI), Thermal Radiation Load Index (TRL) and Black Globe Temperature (BGT) by up to 12.7% 30.0% and 7.0° C, respectively. For each 1% increase on the Thermal Radiation Load Index (TRL), there was observed an increase by up to 0.30%, 0.72% and 0.60% in values of the Globe Temperature and Humidity Index (GTHI) at the GSeuc, Gsun e Ssun environments, respectively. The thermal delay observed was of 4.0 hours for GSeuc environment compared to the others environments. The environment that provided the best thermal conditions was composed by grass for shaded grazing by small forests of Eucalyptus trees.

INTRODUÇÃO

Para possibilitar que os animais apresentem um melhor desempenho produtivo e reprodutivo, faz-se necessária a utilização de estratégias de redução da força negativa do ambiente, como a carga térmica radiante, pois a produção que um animal apresenta é resultado de uma série de fatores, sendo os ambientais de fundamental importância. Com relação aos fatores ambientais, um componente relevante é o sombreamento natural. A importância do microclima gerado por sombreamento natural é mostrada em estudos realizados por Rojas-Downing *et al.* (2017), Dalcin *et al.* (2016), Cardona *et al.* (2014), Ferreira *et al.* (2014), Bertonecelli *et al.* (2013), Cattalam e Vale (2013), Oliveira *et al.* (2013), Ricci *et al.* (2013), Silva *et al.* (2012), Nóbrega *et al.* (2011), Passini *et al.* (2009).

De acordo com Garcia (2013), a maior parte dos rebanhos brasileiros é criada a pasto. Nessas condições, salvo raras exceções, dispendem muito tempo com caminhadas à procura de sombra. Esse fato aumenta o gasto de energia desses animais que deixa de ser investido na produção do produto que se explora.

Rosselle *et al.* (2014) verificaram que o gado no pasto procurava uma área sombreada durante o tempo ensolarado com altas temperaturas, ou seja, superior a 25°C. Assim, concluíram da necessidade de se conhecer sobre o comportamento térmico de sombras.

Para exercerem sua capacidade produtiva, os animais apresentam uma faixa de temperatura (máxima e mínima) de maior conforto. Para bovinos leiteiros, situa-se entre 5 e 25 °C, com pequena variação. Nessa faixa, denominada de neutralidade térmica, os mecanismos termorreguladores não são acionados, podendo ser alcançado o máximo de eficiência produtiva de um animal, pois o gasto energético para homeotermia é mínimo (NETO & NÃÃS, 2014; MARCHEZAN *et al.*, 2014; BAËTA & SOUZA, 2010).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade térmica de ambientes formados por grama para pastagem sombreada por árvores de eucalipto, constituindo um pequeno bosque de grama para pastagem ao sol e de solo

compactado ao sol, usados na produção bovina, quanto ao conforto e inércia térmica em condições de máximo calor solar.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na área de bovinocultura do Centro de Ciências Agroveterinárias/CAV, situada em Lages/SC (latitude 27°49' sul, longitude 50°20' oeste, altitude média de 884m). O clima da região, de acordo com Koppen, é Cfb (temperado, apresentando duas estações bem definidas, uma com verão brando a quente, entre novembro a março, caracterizado por chuva bem distribuída, umidade relativa média de 77% e temperatura média máxima de 27 °C e outra fria no período de inverno, entre maio a agosto, predominando ventos frios, chuvas com certa frequência, umidade relativa média de 82% e temperatura média de 14 °C).

Neste trabalho foram avaliados os seguintes ambientes:

1. GSeuc: formado por grama sombreada por árvores de eucalipto (*Eucalyptus viminalis*), formando um “pequeno bosque”, usado para pastagem de animais. Esse ambiente foi comparado também com grama sombreada por árvore isolada de pinus (*Pinus elliottii*) e por árvore isolada de pinheiro (*Araucária angustifolia*).
2. Gsol: formado por grama sem sombra, usado para pastagem de animais.
3. CAsol: formado por solo tipo cascalho compactado, sem sombra, usado por animais.

A coleta dos dados foi realizada continuamente, sendo que foram selecionados os dias com entalpias mais altas, compreendendo dez e quinze dias não consecutivos em dezembro/2011 e de janeiro/2013, respectivamente, para análise dos dados. As medidas foram realizadas às 10, 12, 14, 16 e 18h.

As variáveis medidas foram: temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido (psicrômetro giratório), temperatura de globo negro (globo Vernon) e velocidade do vento (anemômetro digital de hélice). A umidade relativa foi obtida pelo gráfico psicrométrico. Os instrumentos eram

deslocados no ambiente grama sombreada em função da movimentação da sombra.

A altura média das árvores foi obtida com hipsômetro digital, sendo de 23,6m, 11,8m e de 13,4m para eucalipto, pinus e pinheiro, respectivamente.

Os índices obtidos foram: Temperatura de Globo Negro (Tgn); Temperatura e Umidade (ITU = THI); Temperatura de Globo e Umidade (ITGU); Carga Térmica de Radiação (CTR) e Entalpia (H) (ÁVILA *et al.*, 2013).

Para comparar os índices térmicos, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, considerando os horários como blocos e as repetições os dias de medidas. Foi determinada a análise de variância pelo teste F e as médias dos índices comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para as tabelas, gráficos e análise estatística foi utilizado o programa Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão mostrados os valores médios dos índices THI, ITGU, CTR e Tgn nos ambientes grama sombreada (GSeuc), grama sem sombra (Gsol) e solo sem sombra (CAzol).

De acordo com a tabela 1, basicamente em todos os horários, verificam-se diferenças estatísticas ($P < 0,05$) para os índices nos ambientes avaliados, constatando uma redução de até 7°C na Tgn para o ambiente GSeuc em comparação aos demais.

Percebe-se maior variação no ITGU em comparação ao ITU, reforçando a importância desse índice na indicação do desconforto térmico em condições de clima tropical (ROJAS-DOWNING *et al.*, 2017; FERREIRA *et al.*, 2014;

NETO & NÃÃS, 2014; BERTONCELLI *et al.*, 2013; CATTELAM & VALE, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2010). Considerando às 14 horas, constata-se uma redução de 9% no valor de ITGU no ambiente GSeuc em comparação aos outros.

Constata-se uma redução de até 23% nos valores de CTR no ambiente GSeuc em comparação aos Gsol e CAzol, respectivamente, nos horários mais quentes. Essa situação também foi observada por Souza *et al.* (2010) e Oliveira *et al.* (2013). Souza *et al.* (2010) descrevem ainda que o ambiente sombreado diminuiu em mais de 50% a carga térmica radiante.

Considerando entre 12 e 14 horas, para cada 1% de incremento no valor da CTR implicou em um aumento de 0,30%, 0,72% e 0,60% nos valores de ITGU nos ambientes GSeuc, Gsol e CAzol, respectivamente. Souza *et al.* (2010) também descrevem essa situação, ou seja, entre 12 e 14h constatou-se em um aumento de 0,2% no ITGU para cada incremento de 1% na CTR. Nota-se ainda pela tabela 1 que os ambientes Gsol e CAzol não apresentaram diferenças estatísticas para os índices ITU e ITGU.

Considerando o percurso de aquecimento pela radiação solar dos ambientes, pode-se verificar que o atraso térmico obtido pelo índice Tgn foi de até 4,0 h para o ambiente GSeuc em relação aos Gsol e CAzol. Isto quer dizer que os ambientes Gsol e CAzol atingem uma Tgn máxima usando o ambiente GSeuc como referencial, quatro horas antes.

Deste modo, disponibilizar sombra aos animais é uma forma de minimizar os efeitos negativos

Tabela 1. Valores médios de ITU, ITGU, CTR e Tgn nos ambientes avaliados.

Horários	ITU			ITGU			CTR (W.m ⁻²)			Tgn (°C)		
	GSeuc	Gsol	CAzol	GSeuc	Gsol	CAzol	GSeuc	Gsol	CAzol	GSeuc	Gsol	CAzol
10:00	67a	68b	67a	69a	74b	73b	465a	550b	545b	22a	27b	26b
12:00	70a	71b	70a	72a	78b	78b	478a	600b	622b	25a	31b	31b
14:00	72a	74c	73b	73a	79b	80b	500a	610b	648c	26a	31b	33c
16:00	73a	74b	74b	74a	80b	80b	501a	625b	641b	27a	32b	33b
18:00	70a	71ab	71b	70a	75b	77b	451a	575b	604b	23a	28b	29b

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey, onde os menores valores e crescentes são indicados pelas letras a, b e c, respectivamente.

do calor, pois, comparativamente, essa sombra equivale a uma edificação com parede de tijolo cerâmico de 16cm de espessura, ou ainda, a um forro de pinus com 5,8 cm de espessura. Portanto, é viável a utilização de sombreamento natural ou na ausência deste, do artificial, para amenizar os efeitos da carga térmica radiante. Comparando-se com cobertura convencional, de acordo com Baêta & Souza (2010), o uso de abrigos com materiais de cobertura adequados pode promover redução de até 30% da carga térmica radiante.

Nas figuras 1a, 1b, 1c e 1d, estão mostrados os gráficos para valores médios de ITU=THI, ITGU, CTR e Tgn nos ambientes avaliados, considerando os limites críticos da bovinocultura de leite.

Considerando os limites de 74 e 79 mostrados na figura 1 para ITU e ITGU, respectivamente, praticamente os ambientes atenderam às condições de conforto térmico pelo índice ITU. Entretanto, somente o ambiente GSeuc atendeu à condição de

conforto térmico pelo ITGU, principalmente nos horários de maior calor.

Pode-se constatar que o valor crítico de 35°C para Tgn não foi ultrapassado, entretanto o ambiente GSeuc foi termicamente mais adequado em relação aos demais.

Na tabela 2, estão mostrados os valores médios para CTR, Tgn e Entalpia (H) na comparação entre grama sombreada (GSeuc) por árvores de eucalipto, formando um pequeno bosque por árvore de pinus (GSpinus) isolada e por árvore de pinheiro (GSpinheiro) isolada.

De acordo com a Tabela 2, verifica-se que não houve diferença estatística ($P > 0,05$) das sombras produzidas por árvores de eucalipto formando um pequeno bosque, por árvore de pinus isolada e por árvore de pinheiro isolada para o índice CTR, entretanto notam-se diferenças estatísticas para Tgn e Entalpia (H). A sombra produzida por árvore de pinheiro isolada foi de qualidade

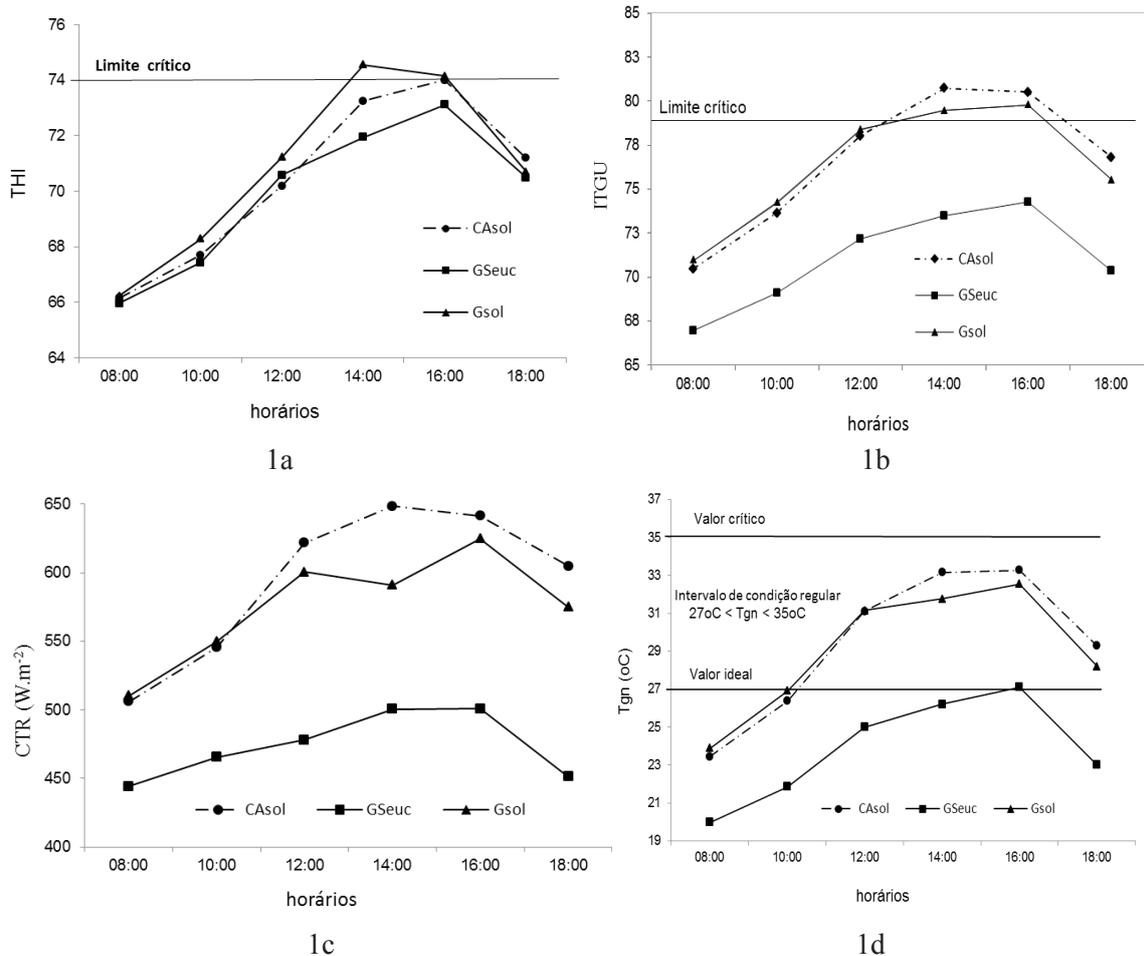


Figura 1. Valores médios dos índices nos ambientes GSeuc, Gsol e CASol.

Tabela 2. Valores médios de CTR, Tgn e Entalpia (H) para as sombras avaliadas.

Horários	CTR (W.m ⁻²)			Tgn (°C)			H (kJ.kg ⁻¹ ar seco)		
	GSeuc	GSpinus	GSpinheiro	GSeuc	GSpinus	GSpinheiro	GSeuc	GSpinus	GSpinheiro
10:00	514	512	508	26a	27a	27a	65ab	64a	67b
12:00	549	551	558	28a	29ab	31b	64a	68b	69b
14:00	534	541	582	30a	30a	32b	68a	70ab	72b
16:00	522	529	538	29a	29ab	30ab	68b	65a	70b
18:00	476	494	508	25a	26a	28b	65ab	64a	67b

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey, onde os menores valores e crescentes são indicados pelas letras a, b e c, respectivamente.

inferior, termicamente, por apresentar menor poder de amortecimento da carga térmica da radiação. Silva *et al.* (2011), Rosselle *et al.* (2014) citam a importância da escolha da árvore cujo objetivo é o sombreamento natural.

CONCLUSÕES

- Cada 1% de incremento para CTR foi responsável por um aumento de até 0,30%, 0,72% e 0,60% no ITGU nos ambientes formados por grama para pastagem sombreada (GSeuc), grama para pastagem ao sol (Gsol) e solo compactado ao sol (CAsol), respectivamente, nos horários mais quentes do dia.
- O atraso térmico foi de até 4,0 horas para o ambiente formado por grama para pastagem sombreada (GSeuc) em relação aos demais.
- Para as condições em que este trabalho foi conduzido, a melhor condição térmica foi observada em ambiente de sombreamento proporcionado por um “pequeno bosque” constituído de árvores de Eucalipto (GSeuc). Nos horários mais quentes, entre 12 e 14 h, reduziu o ganho de calor em até 7°C e 30% para Tgn e CTR, respectivamente, em comparação ao ambiente grama para pastagem ao sol (Gsol) e ao solo compactado ao sol (CAsol). Estes últimos não apresentaram diferenças estatísticas pelo índice ITGU.
- A sombra das árvores de eucalipto formando pequeno bosque de árvore de pinus isolada e de árvore de pinheiro isolada não apresentou diferença estatística pela CTR. Porém,

apresentou diferenças para os índices Tgn e Entalpia (H). A sombra produzida por árvore de pinheiro isolada foi de qualidade térmica inferior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁVILA, A.S.; JÁCOME, I.M.T.D.; FACCENDA, A.; PANAZZOLO, D.M.; MÜLLER, E.R. Avaliação e correlação de parâmetros fisiológicos e índices bioclimáticos de vacas holandesas em diferentes estações. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.14, n.14, p.2878-2884. 2013.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto Animal**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, 2010. 269p.
- BERTONCELLI, P.; MARTIN, P.N.; ZIECH, M.F.; PARIS, W.; CELLA, P.S. Conforto térmico alterando a produção leiteira. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v.9, n.17, p.762-777. 2013.
- CARDONA, C.A.C.; RAMÍREZ, J.F.N.; MORALES, A.M.T.; RESTREPO, E.M.; OROZCO, J.D.C.; VERA, J.K.; SÁNCHEZ, F.J.S.; ESTRADA, M.F.; BALDOMERO SOLORIO SÁNCHEZ, B.J.; ROSALES, R.B. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. **Revista Colombiana Ciências Pecuárias**. v.27, n.2. 2014.
- CATTELAM, J. & VALE, M.M. Estresse térmico em bovinos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias (RCPV)**, v.108 (587-588), p.96-102. 2013.

- DALCIN, V.C.; FISCHER, V.; DALTRO, D.S.; ALFONZO, E.P.M.; STUMPF, M.T.; KOLLING, G.J.; SILVA, M.V.G.B.; MCMANUS, C. Physiological parameters for thermal stress in dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, MG. v.45, n.8. 2016.
- FERREIRA, L.C.B.; MACHADO FILHO, L.C.P.; HOTZEL, M.J.; ALVES, A.A.; BARCELLOS, A.O. Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos a diferentes ofertas de sombra. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, n.2. 2014.
- GARCIA, P.R. **Sistema de avaliação do bem-estar animal para propriedades leiteiras com sistema de pastejo**. 2013. 181p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- MARCHEZAN, W.M.; SEEGER, M.G.; PICETTI, T.S.; FIALHO, S.S. Estresse térmico em bovinos leiteiros. **Revista CFMV**, Brasília-DF. Ano xx, nº63, p.49-54. 2014.
- NAVARINI, F.C.; KLOSOWSKI, E.S.; CAMPOS, A.T.; TEIXEIRA, R.A.; ALMEIDA, C.P. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v.29, n.4, p.508-517. 2009.
- NETO, M.M. & NÃÃS, I.A. Software de agricultura de precisão para monitorar aspectos ambientais de conforto térmico na bovinocultura de leite. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.8, n.2, p.112-127. 2014.
- NÓBREGA, G.H.; SILVA, E.M.N.; SOUZA, B.B.; MANGUEIRA, J.M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró-RN. v.06, n.01, p.67- 73. 2011.
- OLIVEIRA, E.C; DELGADO, R.C; ROSA, S.R.; SOUSA, P.J.O.P.; NEVES, L.O. Efeitos do estresse térmico sobre a produção de bovinos de leite no município de Marilândia, ES. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia. v.9, n.6, p.913-921. 2013.
- PASSINI, R; FERREIRA, F.A; BORGATTI, L.M.A; TERÊNCIO, P.H., SOUZA, P.H.T.Y.B; ROGRIGUES, P.H.M. Estresse Térmico sobre a seleção de dietas por bovinos. **Animal Science**. Maringá, v.31, n.3, p.303-309. 2009.
- RICCI, G.D.; ORSI, A.M.; DOMINGUES, P.F. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite. **Revista de Veterinária e Zootecnia**, v.20, n.3. 2013.
- ROJAS-DOWNING, M.M; NEJADHASHEMI, A.P.; HARRIGAN, T.; WOZNICKI, S.A. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. **Climate Risk Management**. v.16, p.145-163. 2017.
- ROSSELLE, L.; PERMENTIER, L.; VERBEKE, G.; DRIESSEN, B.R.; GEERS, R. Interactions between climatological variables and sheltering behavior of pastoral beef cattle during sunny weather in a temperate climate. **Journal of Animal Science** - American Society of Animal Science, v.91, p.943-949. 2014.
- SILVA, J.A.R.; ARAÚJO, A.A.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; SANTOS, N.F.A.; GARCIA, A.R.; NAHÚM, B.S. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia oriental. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1364-1371. 2011.
- SILVA, T.P.D.; OLIVEIRA, R.G.; SOUSA JÚNIOR, S.C.; SANTOS, K.R. Efeito da exposição à radiação solar sobre parâmetros fisiológicos e estimativa do declínio na produção de leite de vacas mestiças (Holandês x Gir) no sul do estado do Piauí. **Comunicata Scientiae**, v.3, n.4, p.299-305. 2012.
- SOUZA, B.B.; SILVA, I.J.O.; MELLACE, E.M.; SANTOS, R.F.S.; ZOTTI, C.A.; GARCIA, P.R. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**. Patos, PB. v.06, n.02, p.59-65. 2010.