UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA – UNIR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE

RESPOSTAS TERMORREGULATÓRIAS DE BOVINOS GIROLANDO MANTIDOS EM PASTAGEM EM CLIMA TROPICAL

GIOVANNA ARAÚJO DE CARVALHO

Porto Velho (RO)

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA – UNIR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE

RESPOSTAS TERMORREGULATÓRIAS DE BOVINOS GIROLANDO MANTIDOS EM PASTAGEM EM CLIMA TROPICAL

GIOVANNA ARAÚJO DE CARVALHO

Orientadora: Prof. Dr. ª Ana Karina Dias Salman

Coorientador: Dr. Pedro Gomes da Cruz

Dissertação de Mestrado apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Área de Concentração em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, como pré-requisito parcial ao título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.

Porto Velho (RO)

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Fundação Universidade Federal de Rondônia

Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

C331r Carvalho, Giovanna.

Respostas termorregulatórias de bovinos girolando mantidos em pastagem em clima tropical / Giovanna Carvalho. -- Porto Velho, RO, 2019.

54 f. : il.

Orientador(a): Prof.ª Dra. Ana Karina Dias Salman

Coorientador(a): Prof. Dr. Pedro Gomes da Cruz.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Fundação Universidade Federal de Rondônia

1.Bovinos mestiços. 2.Bioacústica. 3.Desconforto térmico. I. Salman, Ana Karina Dias. II. Título.

CDU 636.2

Bibliotecário(a) Luã Silva Mendonça CRB 11/905

GIOVANNA ARAÚJO DE CARVALHO

RESPOSTAS TERMORREGULATÓRIAS DE BOVINOS GIROLANDO MANTIDOS EM PASTAGEM EM CLIMA TROPICAL

Comissão Examinadora

Dra. Ana Karina Dias Salman
Presidente
Fundação Universidade Federal de Rondônia/Embrapa Rondônia

Dr. Luiz Francisco Machado Pfeifer
Examinador Interno
Fundação Universidade Federal de Rondônia/Embrapa Rondônia

Dr. Alfredo Leandro Borie Mojica
Examinador Externo
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Porto Velho, 26 de julho de 2019.

Resultado: APROVADA

Dedico este trabalho à minha base: família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me permitido chegar até onde cheguei, apesar das dificuldades e atribulações. Ele me mostrou o quanto sou capaz e me deu forças durante toda essa caminhada.

Pai e mãe. O que eu faria sem vocês? Me faltam palavras para agradecer tudo o que vocês já fizeram e fazem diariamente por mim. Meus avós, tias, tio e Tuffy, que tanto amo e acreditam cegamente no meu potencial.

Ao programa de pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente – UNIR, pela oportunidade, aos discentes do programa pelo aprendizado, aos meus colegas de mestrado pelo apoio e vivência, à CAPES pela bolsa concedida e à FAPERO pelo auxílio durante o desenvolvimento do projeto.

À Dr. ª Ana Karina Dias Salman, por ter me acolhido e acreditado em mim quando nem eu mesma conseguia. Fizemos uma longa caminhada e sou grata por tudo que me ensinou até aqui e pela paciência. Gratidão!

Ao Dr. Pedro Gomes da Cruz, por sempre ter um tempo disponível, uma palavra e paciência na explicação de termos estatísticos. Acredito que fiquei um pouco mais entendida do assunto graças a você. Gratidão!

À EMBRAPA Rondônia, unidade de Porto Velho, pela acolhida e disponibilidade e seus funcionários, em especial: Delvino, Ricardo e sr. Adalto e Sr. Xavier pelo apoio fundamental.

Aos estagiários queridos do Núcleo de Nutrição e Bem-estar Animal, por sempre terem se mostrado prestativos a ajudar e dispostos a aprender.

E por último e não menos importante, aos meus anjos da guarda, também conhecidos como irmãos que Deus colocou no meu caminho (vocês sabem quem são!): Obrigada por me ampararem nos momentos em que mais precisei e permitirem que eu compartilhasse meus temores, alívios e alegrias. Vocês me fazem ser uma pessoa melhor!

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo investigar o efeito do estresse térmico nas respostas termorregulatórias de bovinos Girolando mantidos a pasto em Porto Velho, Rondônia. Para tanto, foram realizados dois estudos. O primeiro estudo consistiu em validar a bioacústica como metodologia para estimar a frequência respiratória (FR) de bovinos a pasto. Foram realizados dois ensaios, o primeiro com cinco novilhas e o segundo com cinco vacas lactantes Holandês x Gir. A FR foi avaliada por meio de observação visual e por bioacústica às 08, 10, 13 e 15 horas. A precisão e acurácia da metodologia foram verificadas pelos índices de confiança de Willmott (d), erro quadrático médio de predição (EQMP) e o erro sistemático médio (ESM). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições no tempo. As médias foram comparadas pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 5% de significância, onde considerou-se as metodologias, os horários de avaliação e sua interação. Não houveram diferenças significativas entre a metodologia visual e a bioacústica, tanto para novilhas (84,46 vs. 81,48 mov/min, respectivamente) quanto para vacas leiteiras (70,68 vs. 67,93 mov/min, respectivamente), nem entre a interação metodologia e horário (P>0,05). O índice d demonstrou valores de 0,99 e de 0,98 quando a metodologia foi aplicada em vacas lactantes e novilhas, respectivamente. Os índices EQMP e ESM indicaram acurácia elevada para a metodologia, em ambas as categorias. O uso da bioacústica para avaliar a FR avaliada é um método preciso e acurado, além de confiável. Para avaliar as respostas termorregulatórias de bovinos leiteiros mestiços recebendo suplementação lipídica e em sistema de pastejo em sistemas integrados de produção lavoura-pecuária (ILP) e floresta (ILPF), a FR foi analisada pela bioacústica e a temperatura interna (TI), por meio de termômetros *data loggers* presos a dispositivos intravaginais inertes, ambos por períodos totais de 48h. Com dados de temperatura e umidade relativa do ar, coletadas por estação meteorológica, e com os dados de FR e TI calculou-se os índices de temperatura e umidade (ITU) e de conforto térmico de Benezra (ICB). O delineamento de ambos experimentos foi o *crossover* 2x2 (dois tratamentos x dois períodos). Os dados foram analisados através do programa PROC MIXED (SAS) e o teste de Tukey-Kramer foi utilizado para a comparação das médias quando o fator ou interação apresentou significância (P<0,05) ou tendência (P<0,1). No experimento animais suplementados com óleo de soja, a mesma não obteve efeito nos parâmetros fisiológicos dos animais (P>0,05). O ITU registrou média de 75,52 (±2,93) e o ICB variou de 3,0 a 3,6. No experimento com novilhas Girolando em pastejo em sistemas agrossivilpastoris, os animais alocados no sistema ILPF demonstraram menores valores de FR e de TI em comparação com o sistema ILP (P<0,001). Os valores de ITU registrados não apresentaram diferenças numéricas entre os sistemas (79,04 no ILP vs. 78,97 no ILPF) e o ICB indicou valores acima de 2,0 para ambos os sistemas avaliados. A suplementação lipídica não influenciou nos parâmetros termorregulatórios de vacas leiteiras Girolando a pasto. Já o sombreamento promovido pelo sistema ILPF beneficiou a FR e a TI de novilhas Girolando em sistema de pastejo.

Palavras-chave: Bovinos mestiços, bioacústica, desconforto térmico.

ABSTRACT

The present study aimed to investigate the effect of thermal stress on the thermoregulatory responses of Girolando cattle kept on pasture in Porto Velho, Rondônia. To this end, two studies were carried out. The first study was to validate the bioacoustics as methodology to estimate the respiratory rate (RR) of cattle on pasture. Two trials were carried out, the first with five heifers and the second with five lactating cows Holstein x Gyr. The RR was evaluated through visual observation and bioacoustics to 08, 10, 13 and 15 hours. The precision and accuracy of the methodology was verified by reliable indices of Willmott (d), mean square error of prediction (MSEP) and mean bias (MB). The experimental design was completely randomized with four replicates in time. The means were compared by Tukey-Kramer test at the 5% level of significance, where it was considered the methodologies, evaluation times and its interaction. There were no significant differences between the visual methodology and bioacoustics for both heifers (84.46 vs. 81.48 mov.min^{-1}, respectively) and dairy cows (70.68 vs. 67.93 mov.min^{-1}, respectively), nor between the interaction methodology and time ($P > 0.05$). The d index showed values of 0.98 and 0.99 when the methodology was applied in lactating cows and heifers, respectively. MSEP and MB indexes indicated high accuracy for the methodology, in both categories. The use of bioacoustics to evaluate RR evaluated is a precise and accurate method, as well as reliable. To evaluate the thermoregulatory responses of Girolando cows with and without lipid supplementation and of crossbred heifers' integrated crop-livestock (ICL) and forest (ICLF) systems, the RR was analyzed by bioacoustics and the internal temperature (IT), through data logger's thermometers attached to inert intravaginal devices, both for total periods of 48 hours. With data of temperature and relative humidity, collected by meteorological station, and data from RR and IT has been calculated the temperature and humidity index (THI) and Benezra thermal comfort index (ICB). The design of both experiments was the crossover 2x2 (two periods x two treatments). Data were analyzed through the PROC MIXED (SAS) and the Tukey-Kramer test was used for comparison of the averages when the factor or interaction performed significance ($P < 0.05$) or trend ($P < 0.1$). In the experiment with soybean oil supplementation, the same did not effect on physiological parameters of animals ($P > 0.05$). The THI registered average 75.52 (±2.93) and the ICB ranged from 3.0 to 3.6. In the experiment with Girolando heifers' in agrossilvipastoral systems, the ICLF system allocated in animals showed lower values of RR and IT in comparison with the ICL system ($P < 0.001$). The values of THI registered did not provide numerical differences between systems (79.04 on ICL vs. 78.97 on ICLF) and ICB indicated values above 2.0 for both systems. Lipid supplementation did not influence on the thermoregulatory parameters of Girolando dairy cows on pasture. The shading promoted by the ICLF system benefited the RR and IT of grazing Girolando heifers.

Key words: crossbred cattle, bioacoustics, thermal discomfort.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gravadores de áudio MP3 (A) e o mesmo já acoplado ao cabresto, montado no animal (B).....24

Figura 2. Espectrograma gerado pelo programa Audacity® referente ao padrão da frequência respiratória em bovinos leiteiros mestiços.....25

Figura 3. Frequência respiratória observada pelos métodos visual e bioacústica em respirações por minuto (mov/min) avaliados em novilhas (A; ●) e vacas lactantes (B; ■) da raça Girolando de acordo com o número de observações (n), o índice de confiança de "Willmott" (d), o erro quadrático médio de predição (EQMP) e erro sistemático médio (ESM).....32

Figura 4. Valores da frequência respiratória (FR) observadas pelo método visual e bioacústico de novilhas (A) e vacas leiteiras (B) Girolando e do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) nos horários avaliados. Colunas seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ^{ns} Não significativo entre as metodologias avaliadas.....34

Figura 5. Análise de regressão da frequência respiratória (FR) de novilhas (A; ●) e vacas leiteiras (B; ■) da raça Girolando, obtidas pelos métodos visual e bioacústico em função do índice de temperatura de globo negro (ITGU).....35

Figura 6. Parâmetros fisiológicos (frequência respiratória, FR e temperatura interna, TI) de vacas leiteiras com (OS, ■) e sem suplementação de óleo de soja (CON, ▨) nos horários das 00:00 às 23:00 horas. ** (P<0,05), * (P<0,1).....37

Figura 7. Parâmetros fisiológicos (frequência respiratória, FR e temperatura interna, TI) de novilhas nos sistemas ILP (■) e ILPF (▨) nos horários das 00:00 às 23:00 horas. ** (P<0,05), * (P<0,1).....40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química e bromatológica das rações controle (CON), óleo de soja (OS) e do capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu).....27

Tabela 2. Valores médios da frequência respiratória (FR) observada pelos métodos visual e pela bioacústica de novilhas e vacas leiteiras Girolando.....33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ºC – Graus Celsius

% - Porcentagem

CON – Controle

d – Índice de confiança de Willmott

FR – Frequência respiratória

Ha – Hectare

ICB – Índice de conforto de Benezra

ILP – Integração lavoura-pecuária

ILPF – Integração lavoura-pecuária-floresta

ITU – Índice de temperatura e umidade

ITGU – Índice de temperatura de globo negro e umidade

Kg – Quilograma

MB – Erro sistemático médio

MSEP – Erro quadrático médio de predição

OS – Óleo de soja

P - Probabilidade

Mov/min – Movimento por minuto

TA – Temperatura ambiente

Tg – Temperatura de globo negro

TI – Temperatura interna

Tpo – Temperatura de ponto de orvalho

UA – Unidade animal

UR – Umidade relativa do ar

ZCT – Zona de conforto térmico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
2. OBJETIVOS 14
2.1. Objetivo geral 14
2.2. Objetivos específicos 14
3. REVISÃO DE LITERATURA 15
3.1. Rondônia e o cenário agropecuário 15
3.2. Estresse térmico em bovinos leiteiros mestiços 16
3.3. Avaliação do estresse térmico de bovinos a pasto 17
3.3.1. Índices de adaptação e conforto térmico baseados em medidas fisiológicas 17
3.3.2. Índices de adaptação e conforto térmico baseados em medidas ambientais 19
3.4. Métodos de mitigação do estresse térmico em condições tropicais 20
3.5. Pecuária de precisão no monitoramento animal 21
4. MATERIAL E MÉTODOS 23
4.1 Local 23
4.2. Validação da bioacústica na aferição da FR 23
4.2.1 Ensaio 1 – Validação com novilhas Girolando 23
4.2.2. Ensaio 2 – Validação com vacas em lactação Girolando 23
4.2.3. Coleta de dados 24
4.2.4. Parâmetros climáticos e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) 25
4.2.5. Estudo 2 – Novilhas Girolando em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e floresta (ILPF). 28
4.4. Dados climáticos 28
4.5. Índice de temperatura e umidade (ITU) 29
4.6. Parâmetros fisiológicos 29
4.7. Análise estatística 29
4.7.1. Validação da bioacústica na aferição da FR 29
4.7.2. Avaliação das respostas termorregulatórias de bovinos leiteiros mestiços em diferentes situações de pastejo 31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 32
5.1. Validação da bioacústica na aferição da frequência respiratória 32
5.2. Avaliação das respostas termorregulatórias de bovinos leiteiros mestiços em diferentes situações de pastejo 36
5.2.1. Estudo 1 – Vacas lactantes Girolando em pastejo a pleno sol com ou sem suplementação lipídica na dieta 36

5.2.2. Estudo 2 - Novilhas Girolando em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e floresta (ILPF). 39
6. CONCLUSÕES 42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 43

1. INTRODUÇÃO

Localizado próximo à faixa climática tropical do planeta, o estado de Rondônia caracteriza-se com temperaturas elevadas durante o ano todo, em consequência da alta incidência de radiação solar. Tal característica, somada aos valores também elevados de umidade relativa do ar, faz com que os animais de produção, principalmente os criados em sistema extensivo, não desenvolvam completamente seu potencial produtivo e reprodutivo (AZEVEDO et al., 2005; MCMANUS et al. 2009; GURGEL et al., 2012).

Isso ocorre devido ao estresse térmico, onde a associação entre variáveis climáticas e a alta produção de calor metabólico do animal resulta em um estoque de calor corporal excedente, impossibilitando o animal de dissipá-lo para o ambiente (DA SILVA; MAIA; COSTA, 2014; YANG, 2014). Em resposta a esse fenômeno, mudanças hormonais, fisiológicas e comportamentais ocorrem com o intuito de remover o excesso de calor gerado e assim, manter o animal dentro de sua zona de conforto térmico (ZCT) (AZÊVEDO; ALVES, 2009; HERBUT et al., 2018).

Os índices de conforto térmico foram desenvolvidos baseados em variáveis meteorológicas e/ou fisiológicas para predizer o efeito do estresse térmico na pecuária (BOHMANOVA et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2013), e assim auxiliar produtores e pesquisadores na escolha de meios de mitigação de estresse e determinar os períodos em estas medidas serão implementadas (MORAES JÚNIOR et al., 2010; BERMAN et al., 2016). Dentre os índices propostos na literatura, destaca-se o índice de temperatura e umidade (ITU).

O ITU foi proposto por Thom (1959) e adaptado para animais de produção, baseando-se exclusivamente em variáveis climáticas (temperatura e umidade). Tal índice é utilizado com bastante relevância em estudos sobre adaptabilidade de bovinos leiteiros (KADZERE et al., 2002; TAKAHASHI et al., 2009; MARINS, 2016; LIU et al., 2019), porém as variáveis e seus coeficientes devem ser consistentes com os mecanismos fisiológicos de troca de calor dos animais sob consideração (SILVA et al., 2007).

Alterações na FR e na TI são os dois parâmetros fisiológicos mais utilizados no monitoramento do impacto do estresse térmico no desempenho animal (ALMEIDA et al., 2013). Isso se deve ao fato de que a FR é o primeiro sinal visível de que o animal está em estresse térmico, atuando como mecanismo de termorregulação (RASHAMOL et al., 2018). Já a TI é considerada um efeito da termorregulação, podendo mostrar-se elevada (acima de 39,0°C) quando os mecanismos termorregulatórios falharem em manter a homeostase do animal (SILANIKOVE, 2000; MARAI; HAEEB, 2010). Entretanto, tais

medidas são difíceis de ser mensuradas, principalmente em condições a campo e com grande número de animais (BEWLEY et al., 2008; GAUGHAN, 2009).

O uso de tecnologias aliadas a alternativas para minimizar o estresse térmico e seus efeitos negativos no bem-estar dos animais têm sido difundidos na pesquisa. A suplementação lipídica na dieta dos animais e o uso de sombreamento natural, são opções que têm mostrado resultados satisfatórios, auxiliando na adaptabilidade dos mesmos. Dentre os benefícios, observa-se a redução do incremento calórico produzido e de parâmetros fisiológicos responsáveis pela termorregulação, além do aumento na produção leiteira e melhorias reprodutivas (STAPLES et al., 2005; PORFIRIO DA SILVA et al., 2006; BERNARDINO; GARCIA, 2009; MOALLEM et al., 2010; WANG et al., 2010; SILVEIRA et al., 2014).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar as respostas termorregulatórias de bovinos Girolando mantidos em pastagem em clima tropical.

2.2. Objetivos específicos

a) Validar a metodologia da bioacústica para estimar a frequência respiratória de bovinos Girolando em pastejo;

b) Avaliar as respostas termorregulatórias em:

   i. Vacas lactantes Girolando em pastejo a pleno sol com ou sem suplementação lipídica na dieta;

   ii. Novilhas Girolando em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e floresta (ILPF).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Rondônia e o cenário agropecuário

Dentre as atividades desenvolvidas no estado, o setor agropecuário é um dos mais importantes da economia em Rondônia, representando a nona maior atividade econômica do país e a terceira maior da região norte (SEBRAE, 2015). Em se tratando de produção de leite, o estado de Rondônia é o primeiro da região Norte.

Sua produção em 2018 foi estimada em 1.014.934 litros e produtividade varia de 3,6 a 5 litros/vaca/dia (ANUALPEC, 2018). Do total do leite processado, cerca de 35% é comercializado no estado, enquanto os 65% restantes são comercializados para outros lugares, destacando os estados de São Paulo e Amazonas (SEBRAE, 2015). Segundo Souza, 2007, a produtividade leiteira de Rondônia se deve à adoção de tecnologias que melhoram a eficiência do uso dos fatores de produção, onde o melhoramento da genética de nossos rebanhos leiteiros, na alimentação e na saúde animal.

O rebanho leiteiro do estado é composto em sua maioria por animais mestiços holandês-zebu com maior incidência de sangue das raças Gir e Holandês, devido às características de adaptabilidade e rusticidade da primeira raça e os bons índices produtivos da segunda. Estima-se que 60% do rebanho é formado por animais da raça Girolando, variando o grupo genético do ½ sangue até o 5/8 (PEREIRA, 2007).

A pecuária leiteira é considerada um dos segmentos com maior importância no estado, principalmente por ser exercida no âmbito da agricultura familiar, praticada em 1/3 das propriedades rurais. É também responsável por gerar aumento de ganhos na produtividade, no abastecimento da demanda sobre fornecedores e na oferta para o mercado, além de incrementar a renda dos trabalhadores (SEBRAE, 2015).

Entretanto, alguns estudos apontam a mesma como sendo pouco ou minimamente aproveitada e reconhecida por possuir baixo valor econômico. A afirmação é resultado advindo principalmente de deficiências na tecnologia, como baixos índices zootécnicos, deficiência nas pastagens e subsequente geração de alimentos, sanidade, além do clima da região (MAPA, 2014).

Devido a sua localização geográfica, o clima do estado é classificado como tipo Am – Clima Tropical de Monções, caracterizado por apresentar média anual de temperatura do ar oscilando entre 23ºC e 34ºC e a média anual da umidade relativa do ar varia de 80% a 90% no verão, e em torno de 65%, no outono – inverno (FERNANDES, 2002;

ALVARES et al., 2014). Tal clima característico constitui um problema para o setor agropecuário local, devido ao efeito que o clima exerce nos animais.

3.2. Estresse térmico em bovinos leiteiros mestiços

Um dos principais motivos para a queda na produção animal em regiões tropicais e subtropicais é o estresse térmico. Ele é definido como a soma de forças externas atuando no animal, responsável pelo aumento na temperatura corporal e por demandar do sistema fisiológico, respostas rápidas na termorregulação (DIKMEN; HANSEN, 2009). A ocorrência do estresse térmico pode ser restringida a um ou vários dias, podendo se estender por um longo período. Outros fatores que influenciam o risco da ocorrência de estresse térmico em vacas leiteiras, além da temperatura ambiente e umidade relativa do ar, incluem a raça do animal, sua idade e lactação, além do seu nível de produção (HERBUT et al., 2019).

A magnitude do estresse térmico faz com que os animais alterem seu comportamento alimentar, como a diminuição na ingestão de matéria seca e na absorção de nutrientes, com o intuito de reduzir sua taxa metabólica de calor (KADZERE et al., 2002; SHWARTZ et al., 2009). Além disso, exige que os mecanismos fisiológicos atuem de forma rápida na manutenção termorregulatória. Todo esse processo acaba resultando em um balanço enérgico negativo, com a diminuição da disponibilidade de nutrientes e energia para a produção e reprodução do animal (BERNABUCCI et al., 2010; BAUMGARD; RHOADS, 2013).

Os ruminantes são animais homeotermos, ou seja, possuem funções fisiológicas capazes de manter a temperatura corporal em constância, independente da variação da temperatura ambiente, sem despender energia extra para produção e reprodução além da necessária para a sua mantença (MARTELLO et al., 2006). Para a manutenção da temperatura corporal o animal mantém o equilíbrio do calor produzido pelo organismo e o ganho do ambiente com o calor perdido para o mesmo (SILVEIRA et al., 2016).

O animal consegue dissipar o calor endógeno para o ambiente por meio de mecanismos sensíveis, como a convecção, condução e radiação, e mecanismos latentes, através da evaporação, como a ofegação e sudação (ATRIAN; SHAHRYAR, 2012; HERBUT et al., 2019). Na convecção, a perda de calor ocorre como resultado da circulação do ar do interior do corpo para os tecidos mais frios da superfície, potencializado, principalmente, pela passagem de ar frio através da pelagem do animal. Já condução ocorre por meio da transferência de calor pelo contato direto, através de

superfícies, substâncias sólidas e/ou líquidas, entre regiões de temperaturas diferentes. E a radiação é a forma de troca de calor no vácuo, possibilitando a perda de calor, dependendo das diferenças de temperatura existente entre o animal e todo o ambiente que o envolve (SILVEIRA et al., 2016).

O conforto térmico do animal consiste no intervalo de temperatura em que não há o mínimo esforço dos sistemas termorreguladores para manter a homeotermia (BAÊTA; SOUZA, 2010; FERRO et al., 2010). Esse intervalo é denominado zona de termoneutralidade ou de conforto térmico (ZCT) e seus limites variam conforme raça, espécie e grau de tolerância ao calor e frio (SIMÕES, 2014). Dessa forma, foram propostos faixas de valores limites da ZCT para bovinos leiteiros europeus (*Bos taurus*; 0 a 16ºC), zebuínos (*Bos indicus*; 10 a 27ºC) e para bovinos mestiços (5 a 31ºC; AZEVEDO et al., 2005).

3.3. Avaliação do estresse térmico de bovinos a pasto

Em termos de conforto e bem-estar animal, utilizam-se vários indicativos na caracterização ou quantificação das zonas de conforto térmico no ambiente, adequadas às diferentes espécies animais e que podem estar relacionados com variáveis climáticas ou fisiológicas. A utilização de um índice de conforto térmico deve levar em consideração, além das características inerentes ao animal, o tipo de ambiente e a importância relativa de cada elemento meteorológico envolvido (BÂETA; SOUZA, 2010; GARCIA et al., 2011).

Observa-se que os índices de conforto térmico desenvolvidos não incluem dados suficientes referentes ao ambiente e/ou ao animal em suas equações, fazendo com que a intensidade do estresse térmico seja superestimada ou subestimada em algumas situações. Além disso, apesar dos índices serem práticos para estimar o estresse térmico de animais a campo, grande parte é desenvolvida para climas temperados e com animais de origem europeia (ATKINS et al., 2017; HERBUT et al., 2018).

3.3.1. Índices de adaptação e conforto térmico baseados em medidas fisiológicas

O animal possui diversos mecanismos de adaptações fisiológicas para se adaptar às diferentes condições climáticas. Alguns desses parâmetros fisiológicos podem ser indicadores de estresse térmico, destacando a FR e a TI, sendo suas variações influenciadas por fatores intrínsecos ao animal (idade, raça e estado fisiológico), ou por fatores extrínsecos (hora do dia, ingestão de alimentos e de água, temperatura ambiente,

velocidade do vento e estação do ano) (PERISSONOTO et al.; 2009; INDU; PAREEK, 2015).

A FR é o primeiro sinal visível de estresse térmico quando observada acima da normalidade, indicativo que o animal está tentando manter a homeostase através da dissipação da carga de calor corporal, seu aumento ou diminuição dependentes da duração e intensidade do estresse do qual os animais são submetidos (MARTELLO, 2006; NIENABER; HAHN, 2007). Variações na FR de 40-60, 60-80 e 80-120 movimentos por minutos (mov/min), podem indicar estresse baixo, médio e alto, respectivamente. Valores que ultrapassam 120 mov/min significam que o animal se encontra com uma carga excessiva de calor e, acima de 160 mov/min, as medidas de emergência devem ser tomadas a fim de amenizar o estresse e promover o bem-estar do mesmo (SILANIKOVE, 2000). Já Indu et al., (2015) afirmam que valores de FR acima de 80 mov/min indicam que o animal está em estresse térmico.

As perdas evaporativas são os principais meios para a dissipação de calor sob condições de alta temperatura, sendo as produzidas pelo trato respiratório responsáveis por cerca de 15% do total do calor dissipado por bovinos em estresse térmico (FAÇANHA et al., 2013). Apesar de a FR ser um mecanismo de termorregulação, quando acelerada e contínua por muito tempo pode interferir diretamente na ingestão de alimentos e ruminação, adicionando calor endógeno produzido pela atividade muscular e desviando a energia que poderia ser utilizada em outros processos metabólicos e produtivos (SOUZA et al., 2005).

A aferição da FR é feita através da observação visual, com a contagem dos movimentos do flanco do animal por minuto com o auxílio de um cronômetro sem que o animal seja incomodado (SHAJI et al., 2016). Apesar de ser uma metodologia de fácil execução, ela pode se mostrar trabalhosa e não tão eficaz em experimentos à pasto e com grandes quantidades de animais (EIGENBERG et al., 2000).

A eficácia do calor dissipado pode também ser atestada pela magnitude de mudanças na TI, a qual é considerada um indicador mais confiável de estresse térmico quando comparado à FR (STUMP, 2014). Isso ocorre devido falhas nos mecanismos de termorregulação, fazendo com que a mesma se eleve (MARAI; HAEEB, 2010).

A TI é o resultado entre a energia térmica produzida e a energia térmica dissipada, podendo ser representada tanto pela temperatura retal ou vaginal, visto que ambas estão correlacionadas positivamente (VICKERS et al., 2010; SUTHAR et al., 2013). A faixa de temperatura interna que caracteriza a zona de termoneutralidade para bovinos leiteiros

é entre 38°C e 39,5°C, onde o aumento de 1ºC é o suficiente para reduzir as performances produtivas e reprodutivas de bovinos, sendo a temperatura corporal um sensível indicador da resposta fisiológica ao estresse calórico nas vacas (SILANIKOVE, 2000; MCMANUS et al., 2009; COSTA et al., 2015).

3.3.2. Índices de adaptação e conforto térmico baseados em medidas ambientais

A temperatura e a umidade relativa do ar são consideradas as variáveis ambientais mais determinantes no processo de troca de calor do animal com o meio em que se encontra. Além delas, fatores como velocidade do vento e radiação solar também são significantes nos níveis de estresse térmico (DA SILVA et al., 2010; ALLEN et al., 2015; HERBUT et al., 2018).

Mudanças na velocidade do ar influenciam no processo de resfriamento animal, principalmente na convecção, a qual em combinação com a radiação solar promove impactos significantes na termorregulação animal (DAVIS; MADDER, 2003). Dessa forma, para possibilitar a comparação entre ambientes distintos, no que se diz respeito a fatores climáticos que influenciam o conforto térmico e o desempenho dos animais, foram propostos alguns índices ambientais.

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi desenvolvido por Thom (1959) inicialmente para caracterizar ambientes quanto ao conforto térmico de humanos e posteriormente adaptado para animais domésticos de produção, como bovinos, atuando como um dos indicadores de estresse térmico mais utilizado atualmente na literatura (KADZERE et al., 2002; TAKAHASHI et al., 2009).

O ITU é calculado através de dados que podem ser coletados facilmente em estações meteorológicas, como a temperatura ambiente (°C) e a de ponto de orvalho (°C; BERMAN et al. 2016). Seu resultado sendo aplicado à classificação de Armstrong (1994) com base nos valores de ITU, em ameno ou brando (72 - 78), moderado (79 - 88) e severo (89 - 98). Entretanto, este índice não leva em consideração a radiação solar térmica, sem mostrar diferenças para ambientes à sombra ou a pleno sol. Além do mais, observa-se a falta de informações a respeito dos níveis críticos do mesmo, dificultando a criação de um parâmetro mais preciso para vacas mestiças (AZEVEDO et al. 2005).

O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) é um índice físico utilizado na caracterização do nível de conforto térmico para a maioria das espécies de animais, através de uma única variável (SANTOS et al., 2014). Desenvolvido por Buffington et al., (1981), esse índice inclui diferentes elementos climáticos como a

umidade relativa do ar, temperatura do globo negro, e radiação térmica. Valores elevados indicam desregulação da zona termoneutra do animal, resultando em desconforto térmico (NASCIMENTO et al., 2014). Seus valores sendo classificados de acordo com o National Weather Service - EUA (2012), onde ≤ 74 indicam conforto térmico, entre 75-78 indicam situação de alerta, entre 79-84 para situação de perigo e >84 indicam situação de perigo extremo para bovinos.

3.4. Métodos de mitigação do estresse térmico em condições tropicais

O principal fator a ser considerado para se garantir o conforto ao animal em países tropicais e subtropicais é o de minimizar os efeitos do estresse térmico. O ambiente físico tem grande influência sobre a fisiologia animal, onde a presença de alta incidência solar, temperatura ambiente e umidade relativa influenciam nos processos de termorregulação (RICCI et al., 2013). Uma alternativa utilizada como método de mitigação do estresse térmico em animais de produção é o uso do sombreamento.

O sistema agrossilvipastoril é um conjunto de técnicas alternativas para utilização da terra, que combina espécies florestais com cultivos agrícolas, com produção pecuária ou ambos (ARAÚJO et al., 2007). A arborização de pastagens está integrada nos sistemas agrossilvipastoris, tendo como objetivo principal reduzir o calor refletido no microclima, reduzindo a carga térmica radiante e tornando a temperatura ambiente mais amena. Esse processo reflete diretamente no animal, beneficiando seu bem-estar e sua produtividade. (MARQUES et al., 2007; BERNARDINO; GARCIA, 2009).

Além de proporcionar conforto animal, a arborização de pastagens pode promover a conservação e a melhoria da qualidade do solo por favorecer o controle da erosão, a ciclagem de nutrientes e a adição de matéria orgânica, influenciando positivamente na qualidade da forrageira e no bem-estar animal (PORFIRIO DA SILVA et al., 2006).

É comprovado na literatura o efeito benéfico da disponibilidade de sombra natural para os animais de produção. Paranhos da Costa (2000) e Ferreira (2010) são alguns dos que observaram aumento significativo nos valores da FR e TI e diminuição das atividades alimentares de búfalos e de bovinos leiteiros criados em pastagem sem acesso ao sombreamento, respectivamente.

Além dos fatores mencionados para diminuir os efeitos do estresse térmico sobre as vacas de leite, devem ser adotadas algumas estratégias de manejo nutricional, como o fornecimento de dietas com baixo teor calórico, que auxiliem na redução do déficit energético. A suplementação com gordura possibilita melhor adaptabilidade dos animais

ao clima quente (PIMENTEL et al., 2007; BORJA et al., 2009; RICCI et al., 2013) devido a um aumento da densidade calórica da dieta, o que resulta na redução da metanogênese e do incremento calórico (PALMQUIST; JENKINS, 1980), colaborando dessa forma para uma menor produção de calor e com isso menor estresse térmico (DRACKLEY et al., 2003; STAPLES et al., 2005).

De acordo com Kozloski (2012), a suplementação com gordura tem sido usada em quantidades limitadas na ração de ruminantes, de 3% a 7% na matéria seca da dieta, onde valores acima de 7% podem afetar negativamente a digestibilidade da fibra e o consumo de matéria seca (PALMQUIST; JENKINS, 1980). Diversos estudos têm investigado os efeitos do uso da gordura, em vacas leiteiras, avaliando principalmente seu desempenho produtivo e reprodutivo (MOALLEM et al., 2010).

Wang et al., (2010) observaram efeitos significativos na redução da TI durante determinado período do dia, além do aumento na produção de leite de vacas leiteiras Holandês suplementadas com diferentes níveis de ácidos graxos insaturados. Silveira et al., (2014) afirmam que a utilização de gordura favoreceu o desempenho produtivo de bovinos leiteiros, visto que os ácidos graxos presentes podem influenciar o metabolismo de alguns hormônios que modulam os processos metabólicos nos ovários e no útero.

3.5. Pecuária de precisão no monitoramento animal

A pecuária de precisão implica na detecção remota automática e monitoramento na identificação individual da saúde e bem-estar de animais de produção, utilizando análises em tempo real de imagens, sons, dados de rastreamento, além do peso e condição corporal dos mesmos (BERCKMANS, 2014; NEETHIRAJAN et al., 2017; DE MONTIS, 2017). Tal monitoramento pode ser feito por meio de sensores remotos como câmeras, microfones, termômetros e monitores que captam informações de imagens, sons, calor ou movimentos de grupos ou de um único animal (BENJAMIN; YIK, 2019). Com isso, existe a capacidade de uma detecção precoce de doenças ou estresse em animais nas propriedades (SCHÖN et al., 2002; FERRARI et al., 2010; TULLO et al., 2013).

A bioacústica é uma ferramenta que consiste no estudo dos sons emitidos pelos animais e seus padrões comportamentais, investigando a produção, dispersão e recepção sonora de organismos biológicos (FLETCHER, 2004). O uso de gravadores ou microfones sensíveis, convertem barulhos em sinais elétricos que podem ser processados em computadores, com a intenção de detectar, classificar e localizar eventos acústicos específicos comportamentais ou fisiológicos (SCHÖN, 2012).

Em pesquisas com animais de interesse produtivo, como bovinos, a bioacústica vem sendo mais utilizada em estudos como ferramenta para descrição de comportamento ingestivo (FONSECA, 2014; GALLI et al., 2018), de pastejo (TRINDADE, 2011; VEIT et al., 2018), da vocalização para identificação de possíveis fatores de estresse (NÄÄS et al., 2008) e também no monitoramento da FR de bovinos, aves e suínos no intuito de prever possíveis doenças respiratórias (CHUNG et al., 2013; VANDERMEULEN et al., 2016; CARPENTIER et al., 2019).

No caso específico do monitoramento da FR, metodologias foram desenvolvidas e descritas na literatura, como um sensor de laser específico, o qual media a FR de vacas leiteiras de acordo com os movimentos do flanco do animal durante o período de ordenha (PASTELL et al., 2007). Entretanto, o dispositivo não era móvel e medições contínuas eram difíceis de serem realizadas. Em trabalhos mais recentes, desenvolveu-se um sensor de inalação posicionado dentro da narina dos animais e ligados a cabrestos, os dados coletados sendo analisados por um software (STRUTZKE et al., 2019). Porém mais testes devem ser feitos com mais animais para comprovar sua aplicabilidade.

Como o aumento da FR de bovinos é um sinal visível e audível de que o animal está em estresse térmico, existe a hipótese de que o monitoramento do número de respirações do animal por meio da bioacústica pode auxiliar numa rápida tomada de decisão quanto à promoção do bem-estar desses animais. Tal metodologia consegue monitorar os animais por até 48 horas consecutivas e dar aos produtores e criadores uma visão mais completa da saúde e estado dos animais (CARPENTIER et al., 2019).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local

Os experimentos foram realizados na Embrapa Rondônia no campo experimental de Porto Velho (8º47'38''Sul e 63º50'46''Oeste). O clima predominante no local é do tipo Am (ALVARES et al., 2014), com regime pluviométrico caracterizado por período chuvoso, entre os meses de novembro a abril e período seco entre os meses de maio a setembro (CEPED, 2011).

4.2. Validação da bioacústica na aferição da FR

Os procedimentos e manejos realizados com os animais durante os experimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética e Uso de Animais da Embrapa - RO sob o protocolo de número 01-2018.

4.2.1 Ensaio 1 – Validação com novilhas Girolando

Neste ensaio, foram utilizadas cinco novilhas Girolando (Holandês x Gir) com médias inicias de 20,8 (±5,6) meses de idade e 319,2 (±41,1) kg de peso vivo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco animais e quatro períodos experimentais. Cada período experimental foi de nove dias, sendo os sete primeiros dias para adaptação seguidos dois de avaliação. Os quatro períodos experimentais foram realizados entre os meses de fevereiro a maio de 2018.

Os animais estavam em pastagem de capim-tamani (*Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani) à pleno sol manejada com pastejo intermitente com um dia de ocupação e de oito dias de descanso, taxa de lotação média de 4,48 unidades animal (UA) por hectare. Durante todo o período experimental os animais tiveram livre acesso à sal mineral e água.

4.2.2. Ensaio 2 – Validação com vacas em lactação Girolando

Neste ensaio, foram utilizadas cinco vacas lactantes Girolando (Holandês x Gir), com médias iniciais de 76,8 (±48,1) dias em lactação, produção leiteira de 11,45 (±1,18) kg de leite.dia^{-1} e 559,8 (±39,7) kg de peso vivo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco animais e seis períodos experimentais. Cada período experimental foi de nove dias, sendo os sete primeiros dias para adaptação seguidos dois de avaliação. Todos os períodos experimentais foram realizados nos meses de outubro e novembro de 2018. Os animais estavam à pleno sol em pastagem de capim-zuri (*Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri) com área total de 3,6 ha e 22 piquetes. O período

de ocupação em cada piquete foi de um dia e 21 dias de descanso, taxa de lotação de 5,1 UA.ha^{-1}. Durante todo o período experimental os animais tiveram livre acesso à sal mineral e água.

4.2.3. Coleta de dados

Gravadores de MP3 (modelo PX240 série PX, Sony® Corporation, Japão) foram acoplados em cabrestos e mantidos nos animais durante dois dias para a coleta de áudios (Figura 1). Concomitante, por observação visual, realizou-se a contagem dos movimentos do flanco dos animais por 15 segundos, multiplicados por quatro para a obtenção do número de movimentos por minuto (FONSÊCA et al., 2016), nos horários de 08:00, 10:00, 13:00 e 15:00 horas, totalizando em 193 observações = quatro horários x oito dias x cinco animais x quatro períodos no primeiro ensaio e 96 observações = quatro horários x 12 dias x cinco animais x seis períodos no segundo ensaio.

4.2.4. Avaliação dos áudios

Os áudios foram analisados pelo *software* Audacity®, onde se considerou o período de avaliação para a identificação dos oscilogramas referentes aos sons respiratórios (Figura 2).

Figura 1. Gravador de áudio MP3 (A) e o mesmo já acoplado ao cabresto, montado no animal (B). **Fonte:** Elaine Coimbra, 2018 (A) e Arquivo pessoal, 2018 (B).

A

B

Figura 2. Oscilograma gerado pelo programa Audacity®. No destaque em linhas vermelhas é apresentado o padrão de frequência respiratória em bovinos leiteiros mestiços. **Fonte:** Audacity, 2018.

4.2.4. Parâmetros climáticos e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)

Coletou-se as temperaturas do ambiente (°C) e de globo negro (°C) por meio de um termohigrômetro (Instrutemp® ITLOG-80, Brasil) localizado próximo as áreas de avaliação em ambos os experimentos. Com esses dados, calculou-se o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) (1), segundo fórmula de Buffington et al., (1981) e posteriormente os valores obtidos foram classificados de acordo com o National Weather Service (2012), onde ≤ 74 indicam conforto térmico, entre 75-78 indicam situação de alerta, entre 79-84 para situação de perigo e >84 indicam situação de perigo extremo para bovinos.

$$ITGU = Tg + 0{,}36 * Ta + 41{,}5 \quad (1)$$

Onde:

Tg é a temperatura de globo negro (ºC)

Ta é a temperatura ambiente (ºC)

4.3. Avaliação das respostas termorregulatórias

Para realização dessas análises foram utilizadas informações de dois estudos realizados no ano de 2015 no campo experimental da Embrapa Rondônia (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 8º47’38’’Sul e 63º50’46’’Oeste), Porto Velho, Rondônia, Brasil.

4.3.2. Estudo 1 – Vacas lactantes Girolando em pastejo a pleno sol com ou sem suplementação lipídica na dieta

Os procedimentos realizados foram aprovados pelo Comitê de Ética e Uso de Animais da Embrapa - RO sob o protocolo de número 03-2014.

Utilizou-se oito vacas ½ (n=4) e ¾ (n=4) Holandês x Gir com 53 (±33) dias em lactação, 22,6 (±3) kg de leite.dia^{-1}, peso vivo de 471 (±53) kg, manejadas em pastagem de capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) manejada em lotação intermitente, com dois dias de ocupação e 28 de descanso, com taxa de lotação de 2,5 UA.ha^{-1} e disponibilidade de forragem durante o período experimental de 3,83 kg de MS.ha^{-1}.

Os animais foram divididos em grupos homogêneos quanto a média diária de produção de leite e o grau de sangue e foram distribuídas em tratamentos arranjados em um delineamento experimental *crossover* 2x2, com dois tratamentos e dois períodos experimentais de 20 dias (10 para adaptação seguidos de 10 dias para coleta de dados). Os tratamentos foram: Grupo Controle (n= 4), vacas que não tiveram a inclusão do óleo de soja na ração (CON) e Grupo Óleo de Soja (n =4), vacas que tiveram a inclusão de 7% de óleo de soja na ração (% na MS) (OS). O óleo de soja foi incorporado e homogeneizado ao concentrado, momentos antes do fornecimento aos animais.

Os ingredientes da ração ofertada durante o período experimental foram milho moído, farelo de soja, ureia e sal mineral (Tabela 1). Os níveis de nutrientes das dietas foram formulados de acordo com as recomendações do NRC (2001), usando o *software* AMTS Cattle Professional 3.4.5 (©Agricultural Modeling and Training Systems, LLC), e a quantidade foi ajustadas semanalmente de acordo com a produção de cada vaca e oferecida diariamente aos animais na proporção de um kg de ração para cada três kg de leite produzido quando a média de produção semanal era superior a oito kg.

Os suplementos foram fornecidos individualmente, parcelados em duas refeições diárias durante as ordenhas da manhã e da tarde (07:30 e 13:30 horas, respectivamente).

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das rações controle (CON), óleo de soja (OS) e do capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu).

Ingredientes (% MS)	**Ração CON**	**Ração OS**	**C. Marandu**
Farelo de soja	43,75	48,78	
Quirera de milho	50,00	37,28	
Sal mineral	4,69	5,23	
Ureia	1,56	1,74	
Óleo de soja	0,00	6,97	
Total	100,00	100,00	
Nutrientes			
Matéria Seca (%)	88,29	88,11	29,51
Matéria Mineral (%MS)	9,94	8,05	5,49
Proteína Bruta (%MS)	31,32	31,5	8,08
Extrato Etéreo (%MS)	0,89	5,07	1,63
FDN (%MS)	10,20	10,7	59,77
FDA (%MS)	5,01	3,31	30,04
Lignina (%MS)	0,83	0,92	3,75
Celulose (%MS)	4,18	4,39	26,29
Hemicelulose (%MS)	5,19	5,39	29,73
[1]CT (%MS)	57,85	55,38	84,80
[2]ED (Mcal/kg)	3,66	3,53	2,77
[2]EM (Macal/kg)	3,25	3,12	2,34
[2]EL (Mcal/kg)	1,91	1,84	1,38
[3]NDT (% MS)	83,10	80,18	62,86
DIVMS (% MS)	88,6	85,08	66,67

MS: Matéria seca; FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: Fibra em detergente ácido; CT= Carboidratos totais; ED= Energia digestível; EM= Energia metabolizável; EL= Energia líquida; NDT= Nutrientes digestíveis totais DIVMS: Digestibilidade in vitro matéria seca.

[1] Estimativa de acordo com Sniffen et al., 1992; [2] Estimativa de acordo com NRC, 1989; [3] Estimativa de acordo com Cappelle et al., 2001.

4.3.3. Estudo 2 – Novilhas Girolando em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e floresta (ILPF).

Os procedimentos realizados foram aprovados pelo Comitê de Ética e Uso de Animais da Embrapa - RO sob o protocolo de número 06-2015.

Foram utilizadas oito novilhas Girolando, com média de idade de 25 (±6,8) meses e 268 (±83) kg de peso vivo, divididas em dois grupos homogêneos quanto ao peso corporal e idade. Os animais foram submetidos a dois tratamentos, sendo sistema integração Lavoura-Pecuária (ILP) e sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Foi utilizado o delineamento experimental *crossover* 2x2, considerando dois sistemas (ILP e ILPF) e dois períodos experimentais de 30 dias (10 dias de adaptação, seguido de 20 dias para coleta de dados).

A área total era constituída de 10 hectares, sendo 5 hectares para cada sistema (ILP e ILPF). Cada sistema teve sua área subdivida em 4 piquetes de 1,25 hectares com praças de alimentação posicionadas no centro de cada sistema.

O sistema ILPF estava sombreado por sete renques de eucalipto, plantadas em março de 2013 em três espaçamentos: 18, 30 e 42 m. Cada renque possuía quatro linhas de árvores plantadas em espaçamento 3x3 m. No período do estudo as árvores apresentavam diâmetro médio de 11,9 (±2,7) cm, altura média de 13,8 (±2,5) m e cobertura média de copa de 65%.

Os sistemas eram formados com pastagem de capim-xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés) manejado em lotação intermitente, com dez dias de ocupação e vinte dias de descanso, com oferta de forragem de 41,9 e 32,3 kg de MS.100 kg de peso vivo^{-1} (PV) nos sistemas ILP e ILPF, respectivamente, e lotação média de 2,5 UA/ha.

4.4. Dados climáticos

Os parâmetros climáticos temperatura do ar (TA, °C) e umidade relativa do ar (UR, %) foram coletadas diariamente, a cada hora, durante os períodos do experimento 1 (fevereiro e março de 2015) e experimento 2 (setembro a novembro de 2015) através da estação meteorológica do Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia), localizada a 500 m do campo experimental da Embrapa de Porto Velho-RO.

4.5. Índice de temperatura e umidade (ITU)

Para o cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) (1) foi utilizada a fórmula desenvolvida originalmente por Thom (1959) e seu resultado aplicado à classificação de Armstrong (1994) com base nos valores de ITU, em ameno ou brando (72 - 78), moderado (79 - 88) e severo (89 - 98):

$$ITU = Tbs + 0{,}36\,Tpo + 41{,}2 \quad (1)$$

Onde:

Tbs = temperatura de bulbo seco (°C)

Tpo = temperatura de ponto de orvalho (°C)

4.6. Parâmetros fisiológicos

A temperatura interna dos animais dos experimentos 1 (CARVALHO et al., 2018) e 2 (SOUZA et al., 2019) foram aferidas por termômetros *data logger* (Termocrom TC Basic- logger) acoplados a dispositivos intravaginais inertes (VICKERS et al., 2010) programados para registro a cada 10 minutos da temperatura interna durante 48h.

Os dados oriundos da bioacústica, gravados durante os experimentos 1 (SANTIAGO, 2015) e 2 (SOUZA et al., 2019) foram reavaliados, para que se obtivesse a frequência respiratória dos animais. Os arquivos de áudio foram analisados pelo *software* Audacity®, a cada início de hora, por meio da identificação visual dos padrões referentes a FR e/ou auditiva da mesma, seguido da contagem do número de respirações observadas por 15 segundos e multiplicados por quatro, para a obtenção do total de respirações por minuto.

4.7. Análise estatística

4.7.1. Validação da bioacústica na aferição da FR

Para a validação dos dados obtidos pela metodologia proposta, utilizaram-se modelos matemáticos para identificar a acurácia e a precisão da mesma. Tais medidas são utilizadas para predizer o erro de um modelo específico, onde um único parâmetro não é suficiente para afirmar adequadamente o desempenho do modelo quando comparado valores observados e estimados (KAY, 1993; TEDESCHI, 2006).

Com os dados obtidos visualmente e os estimados pela bioacústica, realizou-se uma análise para medir a exatidão da metodologia de acordo o índice de confiança de "Willmott" (d) (WILLMOTT et al. 2011) (2), baseada nos valores observados e estimados:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Pi - Oi)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|Pi - \overline{O}| + |Oi - \overline{O}|)^2} \quad (2)$$

Onde:

Pi = valor estimado pela metodologia da bioacústica;

Oi =valor observado pelo método visual;

O = média dos valores observados.

Para medir a acurácia do método, utilizou-se duas equações, o índice do erro quadrático médio de predição (BIBBY; TOUTENBURG, 1977) (3), onde EQMP representa a diferença entre os valores observados (*Yi*) e os valores estimados pelo modelo *f(X1, ...,Xp)i*; e o erro sistemático médio (ESM) (COCHRAN; COX, 1957) (4):

$$EQMP = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Yi - f(Xi,\ldots,Xp)i)^2}{n} \quad (3)$$

$$ESM = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Yi - f(X1,\ldots,Xp)i)}{n} \quad (4)$$

Onde:

Yi =valor observado pelo método visual,

f (X1, ..., Xp) i =valor estimado pela bioacústica,

n = número de previsões avaliadas.

A análise estatística foi realizada pelo PROC MIXED do SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.0) pelo método da máxima verossimilhança restrita (RELM), onde considerou-se os animais (novilhas e vacas, separadamente), as metodologias (visual e bioacústica), os horários de avaliação e sua interação como efeitos fixos. As médias foram

comparadas pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 5% de significância. A análise de regressão da FR em função do ITGU foi feita pelo programa PROC REG (SAS).

4.7.2. Avaliação das respostas termorregulatórias de bovinos leiteiros mestiços em diferentes situações de pastejo

Os dados foram analisados através do programa PROC MIXED (SAS) com medidas repetidas ao longo do tempo. Os experimentos foram avaliados separadamente, onde os efeitos dos tratamentos (CON e OS e ILP e ILPF), horários de avaliação (00:00 às 23:00 horas) e sua interação foram incluídos como efeitos fixos. O teste de Tukey-Kramer para a comparação das médias foi utilizado quando o fator ou interação apresentou significância (P<0,05) ou tendência de significância (P<0,1). O modelo estatístico utilizado foi ajustado no método de máxima verossimilhança e expressado na equação (5):

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \mathrm{B}\,(A)_{ij} + C_k + AC_{ik} + e_{ijk} \quad (5)$$

Onde:

Y_{ijk} = Observação dependente

μ = Média geral

A_i = Efeito tratamento *i*

$B\,(A)_{ij}$ = Efeito da vaca *j* sobre efeito *i*

C_k= Efeito do dia *k*

AC_{ik}= Efeito interação tratamento*dia

e_{ijk} = Resíduo

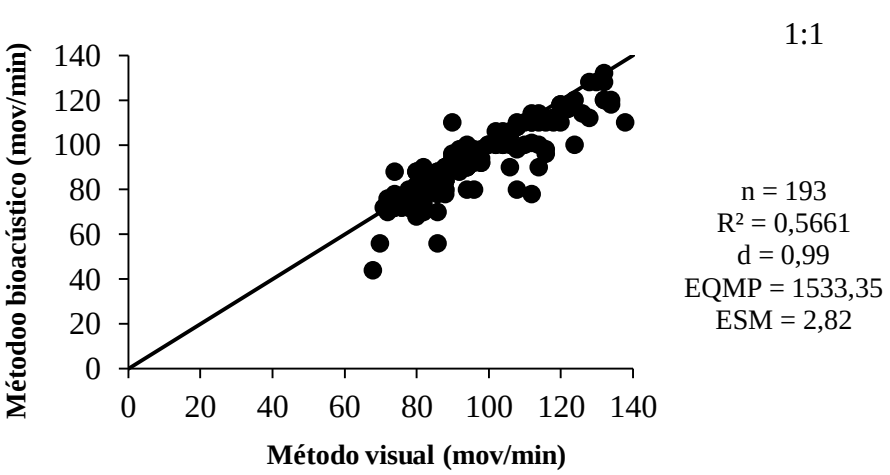
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Validação da bioacústica na aferição da frequência respiratória

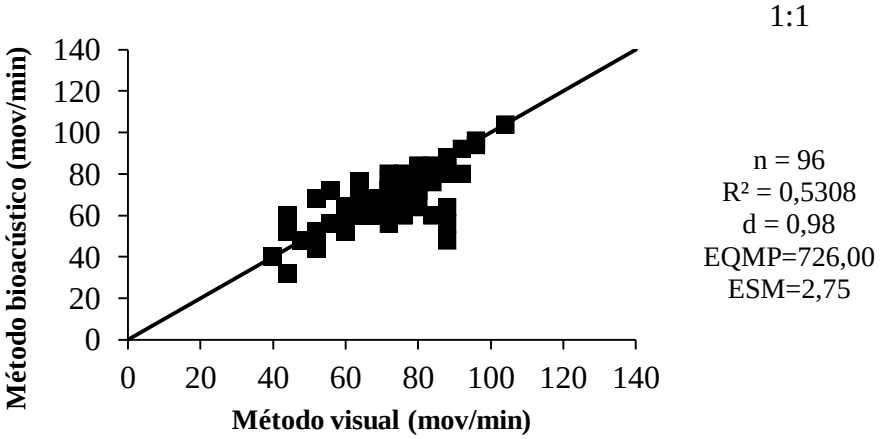
O índice de confiança de Willmott, representado pela letra "d", foi proposto com o intuito de verificar a concordância entre o observado e o predito pela metodologia, seus valores variando de zero para nenhuma concordância, a um, para concordância perfeita (WILLMOTT et al., 2011). Em ambas as categorias de animais avaliadas, o índice d mostrou concordância entre os valores observados visualmente e estimados pela bioacústica (Figura 3).

Figura 3. Frequência respiratória observada pelos métodos visual e bioacústica em respirações por minuto (mov/min) avaliados em novilhas (A; ●) e vacas lactantes (B; ■) da raça Girolando de acordo com o número de observações (n), o índice de confiança de "Willmott" (d), o erro quadrático médio de predição (EQMP) e erro sistemático médio (ESM).

A



B



Uma acurácia elevada foi demonstrada pelo EQMP para a metodologia, quando esta foi aplicada com os dados do ensaio com vacas, ao contrário do ocorrido com o outro grupo avaliado. Esse resultado pode ser explicado provavelmente devido ao número de observações realizadas em comparação com as obtidas no experimento com as novilhas. Isso demonstra uma falta de confiabilidade na acurácia do modelo, cuja tendência é diminuir quando o número de avaliações diminui (BIBBY, TOUTENBURG, 1977).

Quando comparados os valores obtidos pelo índice do erro sistemático médio (ESM), o valor próximo ao ideal foi obtido em ambas as categorias avaliadas (Figura 3). Esses resultados indicam que o método bioacústico é eficiente em estimar a frequência respiratória em bovinos leiteiros. O erro sistemático médio (ESM) é um dos índices estatísticos mais antigos e mais utilizados para acessar a acurácia do modelo (COCHRAN, COX, 1957). O modelo matemático prevê erros que podem afetar a precisão, exatidão e determinação dos intervalos de confiança (BRAGA; POPPI, 2004).

As FRs observadas pelas metodologias visual e bioacústica não apresentaram diferenças significativas em ambos os ensaios (Tabela 2), afirmando a confiabilidade da bioacústica para tal fim. Todas as médias de FR obtidas nesse estudo se mostraram acima do considerado adequado para animais em conforto térmico (INDU, 2015), o que sugere a necessidade de utilização da perda de calor por evaporação, visando manter a homeotermia. A interação entre as metodologias e os horários de avaliação não demonstraram significância (P>0,05).

Tabela 2. Valores médios da frequência respiratória (FR) observada pelos métodos visual e pela bioacústica e erro padrão de novilhas e vacas leiteiras Girolando.

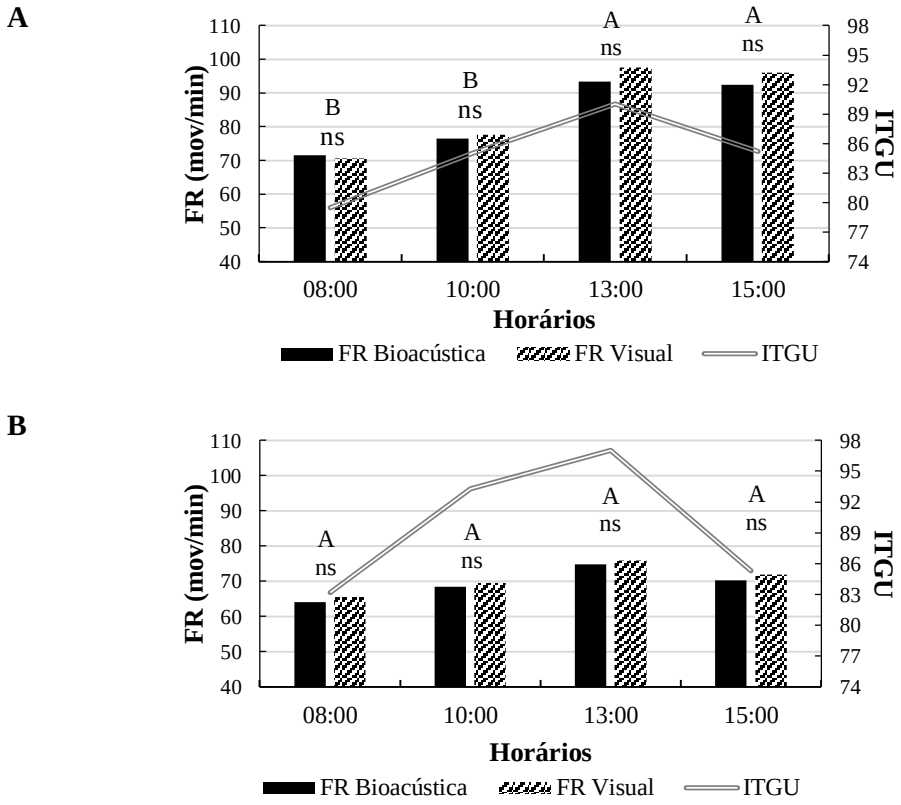
Categoria	**FR**		**Valor de P**
	Visual (n=155)	Bioacústica (n=155)	
Novilhas	85,46±2,18	81,48±2,18	0,1997
Vacas Leiteiras	70,68±1,28	67,93±1,28	0,1308

Os valores de FR obtidos por meio das metodologias testadas (visual e bioacústica) não diferiram numericamente entre si nos horários avaliados ao longo de ambos os experimentos (Figura 4). A FR das novilhas demonstrou diferenças significativas (P<0,05) nos horários avaliados, onde médias elevadas de FR foram observados a partir das 13:00 horas em comparação com as obtidas às 08:00 e 10:00 horas.

Alterações na FR de novilhas Girolando foram observadas a partir das 13:00 horas (P<0,05) quando o ITGU indicou valor médio de 80 no mesmo horário (Figura 4). Dalcin

et al., (2016) concordam com tal afirmação após observarem a FR de bovinos leiteiros da raça Holandês e Girolando aumentar de forma linear (de 48 e 38 respirações por minuto para 54 e 40,5 respirações por minuto, respectivamente), quando o ITGU atingiu valores acima de 72, no período da tarde. Esse resultado já é esperado, visto que durante esse período do dia os animais estão mais susceptíveis a influências ambientais, principalmente da TA e radiação solar, parâmetros levados em consideração pelo ITGU (BUFFINGTON, 1981; DA SILVA et al., 2015).

Figura 4. Valores da frequência respiratória (FR) observadas pelo método visual e bioacústico de novilhas (A) e vacas leiteiras (B) Girolando e do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) nos horários avaliados. Colunas seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. [ns] Não significativo entre as metodologias avaliadas.

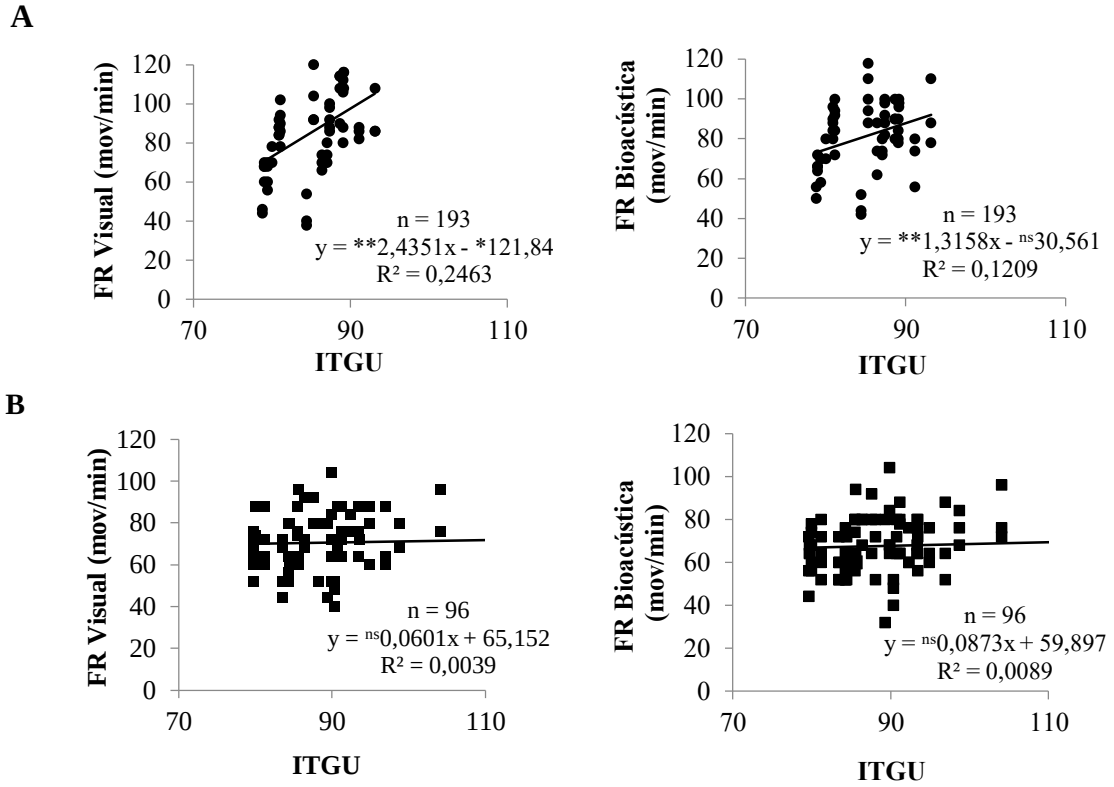


As médias do ITGU foi de 85,1 (±5) no ensaio 1 e de 97 (±6,54) no ensaio 2. Esses valores encontrados em ambos os experimentos estão acima de 74, fora da zona termoneutra, indicando desconforto térmico aos animais (NASCIMENTO et al., 2014). De acordo com classificação proposta pelo *National Weather Service* (2012), durante o

ensaio 1, as novilhas se encontraram em estresse térmico em nível grave e as vacas leiteiras, no ensaio 2, em estresse térmico em nível de extremo perigo.

O aumento do ITGU teve influência negativa sobre a FR de novilhas (P<0,05), onde a cada 2,4 unidades de ITGU houve um aumento de 1 mov.min^{-1} na FR (Figura 5), não sendo observado efeito significativo para vacas em lactação (P>0,05). Tal resultado pode ter sido influenciado por variáveis como idade dos animais, tamanho, categoria, além do grau genético.

Figura 5. Análise de regressão da frequência respiratória (FR) de novilhas (A; ●) e vacas leiteiras (B; ■) da raça Girolando, obtidas pelos métodos visual e bioacústico em função do índice de temperatura de globo negro (ITGU).



A bioacústica como meio para estimar a FR de bovinos leiteiros é satisfatória, principalmente por ser uma metodologia de fácil utilização e prática, a qual permite um maior número de avaliações fidedignas, visto que o animal não é influenciado pela presença humana durante a coleta de dados, principalmente no período noturno. Além disso, a metodologia possibilita a reavaliação dos dados e os equipamentos (gravadores e programa) utilizados neste trabalho possuem uso simplificado quando comparados aos instrumentos de medição da FR disponíveis até o momento (ATKINS et al., 2017; STRUTZKE et al., 2019).

Uma das poucas limitações da metodologia é a influência de sons externos, que podem atrapalhar as avaliações de áudio, dependendo de como é conduzido o estudo. Além disso, avaliações por um período acima de 48h são prejudicadas pela bateria dos gravadores, havendo uma necessidade de após esse período, a troca das pilhas do equipamento.

5.2. Avaliação das respostas termorregulatórias de bovinos leiteiros mestiços em diferentes situações de pastejo

5.2.1. Estudo 1 – Vacas lactantes Girolando em pastejo a pleno sol com ou sem suplementação lipídica na dieta

No estudo realizado por SANTIAGO (2015), observaram-se médias de TA e UR de 25,76°C (±1,31) e de 67,94% (±15,85), respectivamente. Ambos os valores se encontram dentro do ideal para bovinos mestiços, variando de 5 a 25°C para TA e de 60 a 70% para UR (AZEVEDO et al., 2005; ATRIAN; SHAHRYAR, 2012).

O equilíbrio térmico dos animais depende dos níveis de UR, em associação com a TA (SILVA et al., 2011), e o ITU representa bem essa associação, por ter em sua fórmula essas duas variáveis. No presente trabalho, o ITU apresentou média de 75,56 (±2,46) durante todo o período experimental, estando acima do ideal para bovinos (>72) (ARMSTRONG, 1994).

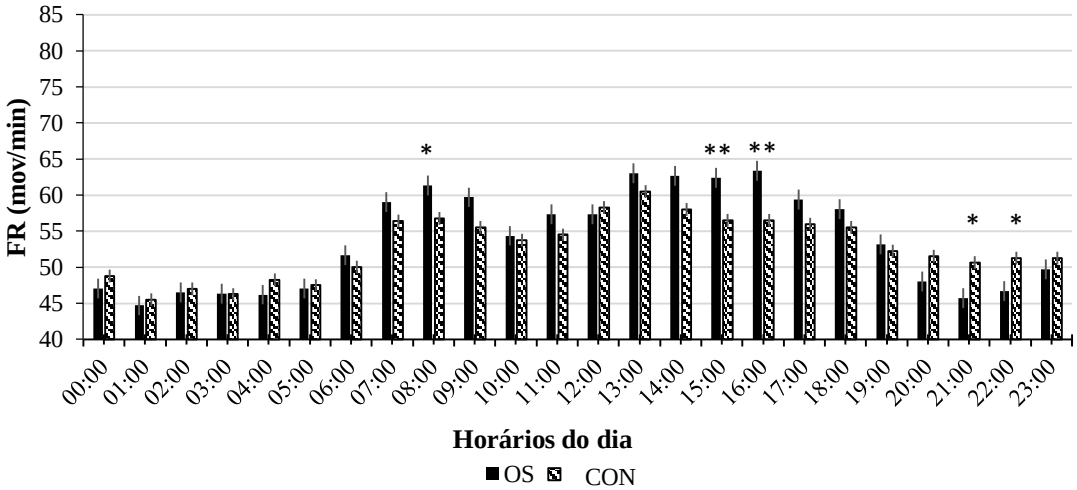
De acordo com classificação proposta por Armstrong (1994), durante o experimento, o valor apresentado pelo índice caracteriza os animais em estresse ameno. Barros et al., (2015) em estudo com búfalas no Pará, observou valor de ITU de 79,7 (±3,1), em condições climáticas semelhantes. Apesar da variação acerca de valores ideais para bovinos leiteiros, existe um consenso de que em situações em que o ambiente se encontra com ITU acima de 72, os animais já apresentam quedas produtivas e problemas reprodutivos (GORNIAK et al., 2014; XUE et al., 2010; LIU et al., 2019).

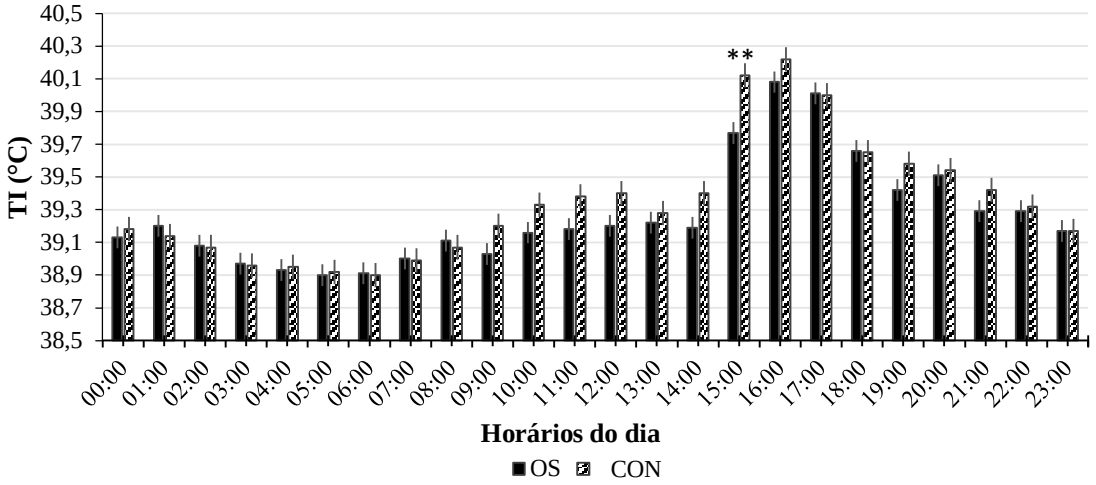
A FR de vacas lactantes não diferiu entre os tratamentos (P>0,05), onde os animais do grupo sem a suplementação de óleo de soja (CON) apresentaram 52,85 (±1,02) $mov.min^{-1}$ e no grupo da suplementação (OS) apresentaram 53,79 (±1,03) $mov.min^{-1}$. Esse resultado concorda com os encontrados por Borja et al. (2009) e Wang et al. (2010), os quais encontraram valores variando de 27,9 a 28,4 $mov.min^{-1}$ e de 62,2 a 64,7 $mov.min^{-1}$, respectivamente, ao suplementarem vacas em lactação da raça Holandês com diferentes fontes e níveis de gordura insaturada.

Os horários em que a FR se mostrou superior a 60 movimentos respiratórios por minuto foram das 07:00 às 09:00 horas e das 12:00 às 17:00 horas (P<0,001), indicando que nesse período os animais estavam em estresse térmico (SILANIKOVE, 2000). Igualmente, Corrêa et al. (2007), ao estudarem vacas leiteiras Holandês em sistema *free stall*, observaram que a FR dos animais era superior no período da tarde (12:00 às 18:00 horas) em comparação com outros horários ao longo do dia. Isso evidencia que durante o período que compreende das 07:00 às 10:00 horas e das 11:00 às 14:00 horas, os animais estão mais propensos a influências ambientais (DA SILVA et al., 2015), e possíveis medidas de manejo podem ser aplicadas neste intervalo de tempo com o objetivo de auxiliar a dissipação de calor.

Observou-se uma tendência (P>0,1) de interação significativa entre os tratamentos e horários avaliados ao longo do dia (Figura 6), onde o grupo OS apresentou FR 10,4% e 12,1% superior aos animais do grupo CON às 15:00 e 16:00 horas, respectivamente. Também às 15:00 horas, pode-se observar que a TI dos animais do grupo OS é inferior ao do grupo CON (39,7°C vs. 40,1°C) (P<0,01), sugerindo que o responsável pela TI menor nesse horário tenha sido a suplementação lipídica e que a mesma influenciou em partes na melhoria do conforto térmico dos animais desse grupo.

Figura 6. Parâmetros fisiológicos (frequência respiratória, FR e temperatura interna, TI) de vacas leiteiras com (OS, ■) e sem suplementação (CON, ▨) de óleo de soja nos horários das 00:00 às 23:00 horas.
** (P<0,05)
* (P<0,01).





A TI dos animais demonstrou uma tendência entre os tratamentos, com 39,27°C (±0,11) para o grupo OS e 39,34°C (±0,11) para o grupo CON, estando dentro da faixa de normalidade para bovinos, que compreende de 38°C a 39,5°C (SILANIKOVE, 2000). Borja et al., (2009) e Moallem et al., (2010) corroboram com esse resultado, sugerindo que os mecanismos de termorregulação foram suficientes para a manutenção da homeotermia. Observou-se efeito significativo para os horários ao longo do dia (P< 0,001), sendo os valores de TI registrados das 15:00 às 18:00 horas acima dos valores fisiológicos normais determinados por Silanikove (2000) (Figura 6).

O uso de fontes energéticas na alimentação de bovinos leiteiros, principalmente em fase de lactação, que é quando o animal mais necessita de aporte energético para o leite e seus componentes, tem sido uma prática comumente utilizada (STAPLES et al., 2001), visto que a mesma possibilita a redução do incremento calórico produzido na fermentação dos alimentos (LOPEZ; LOPEZ, 2005), auxiliando assim, na adaptabilidade ao ambiente (BORJA et al., 2009). Apesar da suplementação não ter tido efeito nos parâmetros fisiológicos de vacas leiteiras nesse estudo, tem sido desenvolvido um interesse considerável na ação da gordura como fonte de energia em dietas de vacas lactantes (NRC, 2001).

5.2.2. Estudo 2 - Novilhas Girolando em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e floresta (ILPF).

Durante o período experimental referente ao estudo de Souza et al. (2019) com novilhas em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e floresta (ILPF), observou-se valores similares para TA e UR para ambos os sistemas, com 34,4°C (±2,4) e 54,9% no sistema ILP e 33,9°C (±1,76) e 54,4% (±11,31) no sistema ILPF. As médias de TA encontram-se dentro do estipulado para que bovinos mestiços se mantenham dentro da ZCT (AZEVEDO et al., 2005).

Os valores médios de UR encontrados em ambos os sistemas se situaram próximos dos valores desejados para conforto térmico em bovinos, que segundo Souza et al. (2010), que é de 60 a 70%. Tais valores apresentados durante o período experimental são facilmente encontrados na maioria das regiões do Brasil (CERUTTI et al., 2013).

Os valores de ITU registrados no sistema ILP foi 79,04 (±4,84) e no ILPF foi de 78,97 (±4,36), não indicando diferenças numéricas entre os sistemas avaliados. Esses valores estão acima do adequado paras bovinos leiteiros, que é de 72 (ARMSTRONG, 1994). De acordo com classificação proposta por Armstrong (1994), os animais nos sistemas ILP e ILPF se encontravam em estresse moderado e em estresse ameno, respectivamente.

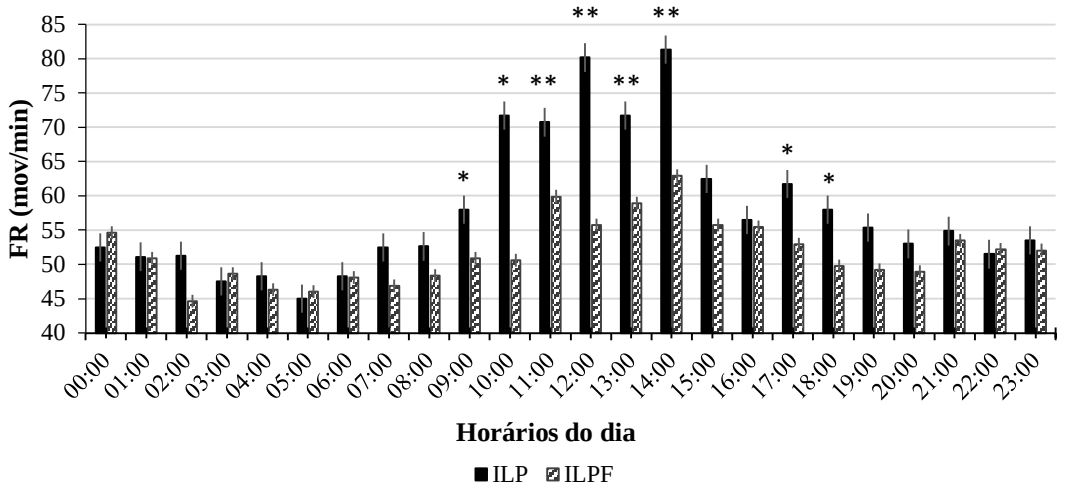
Moraes Júnior et al. (2010) observaram resultados semelhantes de ITU (variando de 73 a 80) em estudo com bezerros bubalinos em SSP em clima quente e úmido. Durante o período experimental, o ITU foi variável ao longo do dia, com valores acima de 74 (indicativo de desconforto térmico) a partir das 08:00 até as 18:00 horas (Figura 10).

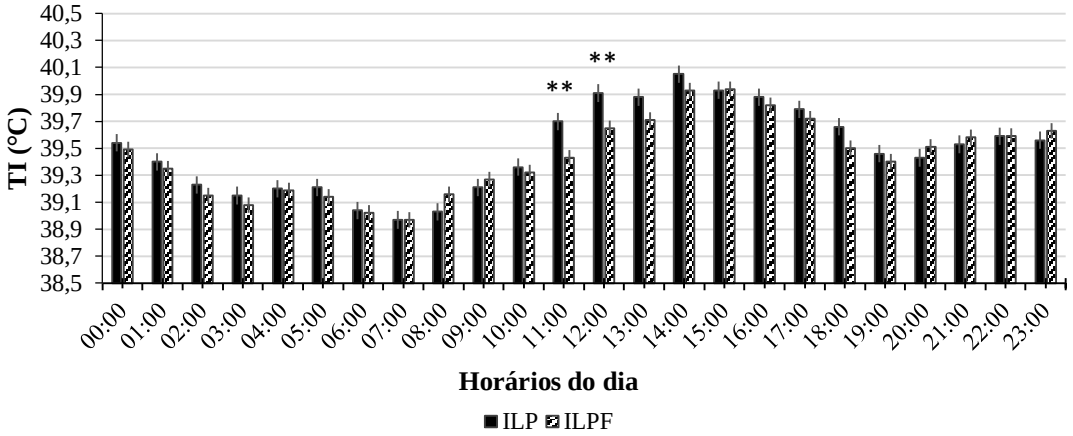
Observou-se que a FR das novilhas no sistema ILP foi maior significativamente em comparação com a do sistema ILPF, com 57,9 (±12,12) $mov.min^{-1}$ e 51,8 (±12,14) $mov.min^{-1}$, respectivamente. Cunha et al. (2007), Ferreira (2010), Rovira e Velazco (2010) e Silva et al. (2011) observaram resultados similares com vacas Holandês, novilhas Angus x Hereford e búfalas da raça Murrah, respectivamente, ao estudar suas respostas termorregulatórias em ambiente com e sem sombreamento natural.

No ambiente do sistema ILP, a temperatura ambiente foi próxima ou superior a corporal do animal, e a UR foi baixa, dificultando os processos de termólise e, consequentemente, a dissipação de calor por condução e convecção (VILELA, 2013). Logo, a troca de calor pelo trato respiratório é um mecanismo fundamental para a regulação térmica (DA SILVA et al., 2017).

A FR dos animais demonstrou valores elevados (P<0,001) nos períodos das 09:00 às 14:00 horas e das 17:00 às 18:00 horas, sendo superior para o grupo ILP (Figura 7). O sombreamento proporcionado pelo sistema ILPF pode ter diminuído o calor recebido pelos animais e ter influenciado a FR.

Figura 7. Parâmetros fisiológicos (frequência respiratória, FR e temperatura interna, TI) de novilhas nos sistemas ILP (■) e ILPF (▨) nos horários das 00:00 às 23:00 horas.
** (P<0,05)
* (P<0,1).





A TI de novilhas Girolando teve tendência a ser menor no sistema ILPF (39,44±0,13°C) do que no sistema ILP (39,49±0,13°C). Garcia et al. (2011) observaram resultados semelhantes ao estudarem búfalas adultas em sistemas silvipastoris em clima tropical. Esse resultado sugere que nesse caso, os processos termorregulatórios dos

animais, independente do sistema a que estavam alocados foram eficientes para se manter dentro da ZCT.

Observaram-se valores da TI superiores a 39,5°C nos horários das 13:00 às 17:00 horas (Figura 9). Esse resultado corrobora com Silva et al. (2011) e Da Silva et al. (2017), que observaram, ao avaliar respostas termorregulatórias de búfalas e bovinos leiteiros, respectivamente, aumento da TI no período da tarde (11:00 às 14:00 horas).

O desempenho produtivo e o conforto térmico de animais mantidos em sistema silvipastoril são superiores à média dos sistemas tradicionais por fornecer sombreamento e melhorar o conforto animal e favorecer a sustentabilidade da atividade pecuária quanto aos aspectos produtivos, biológicos, econômicos, sociais e ecológicos (CASTRO et al., 2008).

6. CONCLUSÕES

A bioacústica é uma metodologia precisa e acurada para aferir a frequência respiratória de bovinos leiteiros mestiços a pasto.

A suplementação com óleo de soja a 7% na MS na dieta não influencia a frequência respiratória e nem a temperatura interna de vacas leiteiras Girolando a pasto.

O sombreamento promovido pelo sistema integrado lavoura-pecuária-floresta beneficia a frequência respiratória e temperatura interna de novilhas Girolando em sistema de pastejo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, J.D.; HALL, L.W.; COLLIER, R.J.; SMITH, J.F. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. **Journal of Dairy Science**, v.98, n.1, p.118-127, 2015.

ALMEIDA, G.L.; PANDORFI, H.; BARBOSA, S.B.; PEREIRA, D.F.; GUISELINI, C.; DE ALMEIDA, G.A. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.8, p.892-899, 2013.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., DE MORAES, G., LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014.

ANUALPEC. **Anualpec online**. Disponível em: <http://www.anualpec.com.br/>. Acesso em: 14 jan. 2019.

ARAÚJO, R.T. Conforto animal: árvores de sombra em pastagem. In: **Anais do 24° Simpósio sobre manejo da pastagem**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP. p.219-226, 2007.

ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2044-2050, 1994.

ATKINS, I.K.; COOK, N.B.; MONDACA, M.R.; CHOI, C.Y. Continuous respiration rate measurement of heat-stressed dairy cows and relation to environment, body temperature and lying time. **Transactions of ASABE**, v.61, n.5, p.1475-1485, 2017.

ATRIAN, P.; SHAHRYAR, H.A. Heat stress in dairy cows (a review). **Research in Zoology**, v.2, n.4, p.31-37, 2012.

AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A.; SATURNINO, H.M.; LANA, A.M.Q.; SAMPAIO, I.B.M.; MONTEIRO, J.B.N.; MORATO, L.E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2000-2008. 2005.

AZÊVEDO, D.M.M.R.A.; ALVES, A.A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais - conforto animal**. 2.ed. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa. 2010. 269p.

BARROS, D.V.; SILVA, L.K.X.; DE BRITO LOURENÇO, J.; DA SILVA, A.O.A.; E SILVA, A.G.M.; FRANCO, I.M.; OLIVEIRA, C.M.C.; THOLON, P.; MARTORANO, L.G.; GARCIA, A.R. Evaluation of thermal comfort, physiological, hematological, and seminal features of buffalo bulls in an artificial insemination station in a tropical environment. **Tropical Animal Health and Production**, v.47, n.5, p.805-813, 2015.

BARROS, D.V.; SILVA, L.K.X.; KAHWAGE, P.R.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; SOUSA, J.S.; FRANCO, I.M.; MARTORANO, L.G.; GARCIA, A.R. Assessment of surface temperatures of buffalo bulls (*Bubalus bubalis*) raised under tropical conditions using infrared thermography. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.2, p.422-430, 2016.

BAUMGARD, L.H.; RHOADS, R.P. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. **Annual Review of Animal Biosciences**, v.1, p.311-337, 2013.

BENEZRA, M.V. A new index measuring the adaptability of cattle to tropical conditions. **Journal Animal Science**, v.13, n.4, p.1015.1954.

BENJAMIN, M.; YIK, S. Precision livestock farming in swine welfare: a review for swine practitioners. **Animal**, v.9, n.4, p.133, 2019.

BERCKMANS, D. Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. **Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties**, v.33, n.1, p.189-196. 2014.

BERMAN, A.; HOROVITZ, T.; KAIM, M.; GACITUA, H. A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. **International Journal of Biometeorology**, v.60, p.1453-1462, 2006.

BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; BAUMGARD, L.H.; RHOADS, R.P.; RONCHI, B.; NARDONE, A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, v.4, n.7, p.1167-1183, 2010.

BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.77-88, 2009.

BEWLEY, J.M.; EINSTEIN, M.E.; GROTT, M.W.; SCHUTZ, M.M. Comparison of reticular and retal core body temperatures in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.4661-4672, 2008.

BIBBY, J.; TOUTENBURG, H. **Prediction and Improved Estimation in Linear Models.** Wiley, Berlin. 1977.

BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLE, J.B. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.1947-1956, 2007.

BORJA, M.S.; GARCEZ NETO, A.F.; OLIVEIRA, R.L.; LIMA, L.S.; BAGALDO, A.R.; BARBOSA, L.P.; FARIA, E.F.S. Óleo de licuri no concentrado administrado a vacas Holandesas x Zebu, sobre o comportamento ingestivo e conforto térmico. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.2, p.344-355, 2009.

BRAGA, J.W.B.; POPPI, R.J. Validação de modelos de calibração multivariada: uma aplicação na determinação de pureza polimórfica de carbamazepina por espectroscopia no infravermelho próximo. **Química Nova**, v.27, n.6, p.1004-1011. 2014.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black-globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of ASA**, v.24, p.711-714, 1981.

CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.D.C.; SILVA, J.D.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1837-1856, 2001.

CARPENTIER, L.; VRANKEN, E.; BERCKMANS, D.; PAESHUYSE, J.; NORTON, T. Development of sound-based poultry health monitoring toll for automated sneeze detection. **Computers and Electronic in Agriculture**, v.162, p.573-581, 2019.

CARVALHO, G.A.; SALMAN, A.K.D.; CRUZ, P.G.; SILVA, F.R.F.; HALFEN, J.; SCHMITT, E. Relashionship between termal comfort indices and internal temperatural of grazing lactating cows Holstein x Gyr cows in western Amazonia. **Acta Amazonica**, v.48, n.3, p.191-196, 2018.

CASTRO, A.C.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; SANTOS, N.F.A.; MONTEIRO, E.M.M.; AVIZ, M.A.B.; GARCIA, A.R. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2395-2402, 2008.

CEPED - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Rondônia.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2011.

CERUTTI, W.G.; BERMUDES, R.F.; VIÉGAS, J.; MARTINS, C.M.M.R. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas ou não a sombreamento e aspersão na pré-ordenha. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.406-412, 2013.

CHUNG, Y.; OH, S.; PARK, D.; CHANG, H.H.; KIM, S. Automatic detection and recognition of pig wasting diseases using sound data in audio surveillance systems. **Sensors**, v.13, p.12929-12942, 2013.

COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Experimental Design**. Wiley: New York. 1957.

CORRÊA, A.M.V. Utilização da soja em diferentes formas na alimentação de vacas leiteiras. 128f. 2007. **Tese (Doutorado em Zootecnia)**. Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, Minas Gerais.

COSTA, A.N.L.; FEITOSA, J.V.; MONTEZUMA, P.A.; SOUZA, P.T.; ARAÚJO, A.A. Rectal temperatures, respiratory rates, production and reproduction performances of crossbred Girolando cows under heat stress in northeastern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v.59, p.1647-1653, 2015.

CUNHA, D.N.F.V.; CAMPOS, O.F.; PEREIRA, J.C.; PIRES, M.F.Á.; LIZIEIRE, R. S. P.; MARTUSCELLO, J. A. U. Desempenho, variáveis fisiológicas e comportamento de bezerros mantidos em diferentes instalações: época seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.847-854, 2007.

EIGENBERG, R.A.; HAHN, G.L.; NIENABER, J.A.; BROWN-BRANDL, T.M.; SPIERS, D.E. Development of a new respiration rate monitor for cattle. **Transactions of the ASAE**, v.43, n.3, p.723-728, 2000.

DALCIN, V.C.; FISCHER, V.; DALTRO, D.S.; ALFONZO, E.P.M.; STUMP, M.T.; KOLLING, G.J.; SILVA, M.V.G.B.; MCMANUS, C. Physiological parameters for thermal stress in dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.45, n.8, p.458-465, 2016.

DA SILVA, R.G.; GUILHERMINO, M.M.; MORAIS, D.A.E.F. Thermal radiation absorbed by dairy cows in pasture. **International Journal of Biometeorology**, v.54, p.5-11, 2010.

DA SILVA, J.A.R.; DE ARAÚJO, A.A.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; SANTOS, N.F.A.; GARCIA, A.R.; OLIVEIRA, R.P. Thermal comfort indices of female Murrah buffaloes reared in Eastern Amazon. **International Journal of Biometeorology**, v.59, p.1261-1267, 2015.

DA SILVA, W.E.; LEITE, J.H.G.M.; DE SOUSA, J.E.R.; COSTA, W.P.; DA SILVA, W.S.T.; GUILHERMINO, M.M.; FAÇANHA, D.A.E. Daily rhythmicity of the thermoregulatory responses of locally adapted Brazilian sheep in a semiarid environment. **International Journal of Biometeorology**, v.61, p.1221-1231, 2017.

DA SILVA, R.G.; MAIA, A.S.C.; COSTA, L.L.M. Index of thermal stress for cows (ITSC) under high solar radiation in tropical environments**. International Journal of Biometeorology**, v.59, n.5, p.551-559, 2015.

DAVIS, S.; MADER, T.L. Adjustments for wind speed and solar radiation to the temperature-humidity index. **Nebraska Beef Cattle Reports**, v.224, p.49-51, 2003.

DE MONTIS, A.; MODICA, G.; ARCIDIACONO, C. Ag Informatics. In: **Encyclopedia of Big Data**. p.1-4, 2017.

DIKMEN, S.; HANSEN, P.J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science**, v.92, p.109-116, 2009.

DRACKLEY, J.K.; CICELA, T.M.; LACOUNT, D.W. Responses of primiparous and multiparous Holstein cows to additional energy from fat or concentrate during summer. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1306-1314, 2003.

FAÇANHA, D.A.E.; CHAVES, D.F.; MORAIS, J.H.G.; VASCONCELOS, A.M.; COSTA, W.P.; GUILHERMINO, M.M. Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.1, p.91-103, 2013.

FERNANDES, L.C. **Atlas geoambiental de Rondônia**. Porto Velho: SEDAM, 74p. 2002.

FERRARI, S.; PICCININI, R.; SILVA, M.; EXADAKTYLOS, V.; BERCKMANS, D.; GUARINO, M. Cough sound description in relation to respiratory diseases in dairy calves. **Preventive Veterinary Medicine**, v.96, n.3-4, p.276-280, 2010.

FERREIRA, L.C.B. Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra. 2010, 89f. **Dissertação (Mestrado em Agrossistemas)**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, Santa Catarina.

FERRO, F.R.A.; MONTALDO, Y.C.; CAVALCANTI NETO, C.C.; TOLEDO FILHO, M.R.; FERRI, S.T.S. Efeito do estresse calórico no desempenho reprodutivo de vacas leiteiras. **Revista Verde**, v.5, n.5, p.1-25, 2010.

FLETCHER, N.H. A simple frequency-scaling rule for animal communication. The **Journal of Acoustical Society of America**, v.115, n.5, p.2334-2338, 2004.

FONSECA, L. Os sons do pastejo. 2014,98f. **Tese (Doutorado em Zootecnia)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

FONSÊCA, V.F.C.; CÂNDIDO, E.P.; GONZAGA NETO, S.; SARAIVA, E.P., FURTADO, D.A.; GAMA, J.F.P.; NASCIMENTO, G.V.; SARAIVA, C.A.S.; ALMEIDA, G.H.O. Thermoregulatory responses of Sindhi and Guzerat heifers under shade in a tropical environment. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, n.6, p.4327-4338, 2016.

GALLI, J.R.; CANGIANO, C.A.; PECE, M.A.; LARRIPA, M.J.; MILONE, D.H.; UTSUMI, S.A.; LACA, E.A. Monitoring and assessment of ingestive chewing sounds for prediction of herbage intake rate in grazing cattle. **The International Journal of Animal Biosciences**, v.12, n.5, p.973-982, 2018.

GARCIA, A.R.; ALVAREZ, W.F.M.; DA COSTA, N.A.; NAHÚM, B.S.; QUINZEIRO NETO, T.; DE CASTRO, S.R.S. Avaliação do desempenho de bovinos de corte criados em sistemas silvipastoris no estado do Pará. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, v.4, n.8, p.51-62, 2009.

GARCIA, A.R.; MATOS, L.B.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; NAHÚM, B.S.; DA ARAÚJO, C.V.; SANTOS, A.X. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1409-1414, 2011.

GAUGHAN, P.; LACETERA, N.; VALTORTA, S.E.; KHALIFA, H.H.; HAHN, L.; MADER, T. Response of domestic animals to climate challenges. In: **Biometeorology for adaptation to climate variability and change**. Springer, Dordrecht, 2009.

GURGEL, E.M.; SERAPHIM, O.J.; SILVA, I.J.O. Método de avaliação bioclimática da qualidade da sombra de árvores visando ao conforto térmico animal. **Revista Energia na Agricultura**, v.2, p.20-34. 2012.

GORNIAK, T.; MEYER, U.; SÜDEKUM, K-H. DÄNICKE, S. Impact of mild heat stress on dry matter intake, milk yield and milk composition in mid-lactation Holstein dairy cows in a temperate climate. **Archives of Animal Nutrition**, v.68, p.358-369, 2014.

HERBUT, P.; ANGRECKA, S.; WALCZAK, J. Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle: a review. **International Journal of Biometeorology**, v.62, p.2089-2097. 2018.

INDU, S.; PAREEK, A. A review: Growth and physiological adaptability of sheep to heat stress under semi-arid environment. **International Journal of Emerging Trends in Science and Technology**, v.2, n.9, p.3188-3198, 2015.

KADZERE, CT.; MURPHY, M.R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v.77, p.59-71, 2002.

KAY, S.M. **Fundamentals of statistical signal processing**. Prentice Hall PTR. 1993.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3.ed. Santa Maria: Ed. UFSM., 140p. 2012.

LIU, J.; LI, L.; CHEN, X.; LU, Y.; WANG, D. A review of the effects of heat stress on body temperature, milk production, and reproduction in dairy cows: a novel idea for monitoring and evaluations of heat stress. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**. DOI: https://doi.org/10.5713/ajas.18.0743, 2019.

LOPEZ, S.E.; LOPEZ, J. Suplementação lipídica para vacas leiteiras. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.11, p.103-112, 2005.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano mais pecuária**. Assessoria de gestão estratégica – Brasília/DF. 32p, 2014.

MARQUES, J.A.; ITO, R.H.; ZAWADZKI, F.; MAGGOIONI, D.; BEZERRA, G.A.; EDROSO, E.B.; PRADO, N.P. Comportamento ingestivo de tourinhos confinados com e sem acesso à sombra. **Campo Digital**, v.2, n.1, p.43-49, 2007.

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

MARINS, T.N. Índices de estresse térmico e perfil metabólico nos períodos de transição e espera voluntária de vacas da raça Girolando, criadas em clima tropical. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)**. 114f. 2016. Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia.

MARTELLO, L.S. Interação animal-ambiente: Efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall. 2006. 111f. **(Tese de Doutorado em Zootecnia)**. Universidade de São Paulo – USP, Pirassununga, São Paulo.

MCMANUS, C.; PALUDO, G.R.; LOUVANDINI, H.; GUGEL, R.; SASAKI, L.C.B.; PAIVA, S.R. Heat tolerance in Brazilian sheep: physiological and blood parameters. **Tropical Animal Health and Production**, v.4, n.1, p. 95-101. 2009.

MOALLEM, U.; ALTMARK, G.; LEHRER, H.; ARIELI, A. Performance of high-yielding dairy cows supplemented with fat or concentrate under hot and humid climates. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.3192-3202, 2010.

MORAES JÚNIOR, R.J.; GARCIA, A.R.; SANTOS, N.F.A.; NAHÚM, B.S.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; ARAÚJO, C.V.; COSTA, N.A. Conforto ambiental de bezerros bubalinos (*Bubalus bubalis* Linnaeus, 1758) em sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v.40, n.4, 629-640, 2010.

NÄÄS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone,1989.
NASCIMENTO, G.V.D.; CARDOSO, E.D.A.; BATISTA, N.L.; SOUZA, B.B.D.; CAMBUÍ, G.B. Indicadores produtivos, fisiológicos e comportamentais de vacas de leite. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.9, p.28-36. 2013.

NEETHIRAJAN, S. Recent advances in wearable sensors for animal health management. **Sensing and Bio-Sensing Research**, v.12, p.15-29, 2017.

NIENABER, J.A.; HAHN, GL. Livestock production system management responses to thermal challenges. **International Journal of Biometeorology**, v.52, p.149-157, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6 ed. Washington, D.C.: 157p, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C: National Academy Press, 2001.

NATIONAL WEATHER SERVICE - EUA. **National Environmental Science**, v.3. n.1, p.42-50, 2012.

PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: review. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1-14, 1980.

PANTOJA, M.H.A.; SILVA, J.A.R.; DELGADO, M.L.; MARGARIDO, Y.M.M.; ADAMI, C.O.R.; GARCIA, A.R.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B. Respostas fisiológicas de bubalinos ao clima equatorial amazônico. **Revista Acadêmica de Ciência Animal**, v.16, p.7-13, 2018.

PARANHOS DA COSTA, M.J.R. Ambiência na produção de bubalinos destinados ao abate. In: ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA. Florianópolis, SC. **Anais**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Etologia, p.26‑42, 2000.

PASTELL, M.; KAIHILAHTI, J.; AISLA, A.M.; HAUTALA, M.; POIKALAINEN, V; AHOKAS, J. A system for contact-free measurement of respiration rate of dairy cows. **Precision Livestock Farming**, v.107, p.105-109, 2007.

PEREIRA, R.G.A. **O gado Girolando em Rondônia**. 2007.

PERISSONOTO, M.; MOURA, D.J.; CRUZ, V.F.; SOUZA, S.R.L.; LIMA, K.A.O.; MENDES, A.S. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos *fuzzy*. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1492-1498, 2009.

PIMENTEL, P.G.; MOURA, A.A.A.N.; NEIVA, J.N.M.; ARAÚJO, A.A.; TAIR, R.F.L. Consumo, produção de leite e estresse térmico em vacas da raça Pardo-Suiça alimentadas com castanha de caju. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1523-1530, 2007.

PORFIRIO DA SILVA, V. **Arborização de pastagens: procedimentos para introdução de árvores em pastagens convencionais**. Colombo: Embrapa Florestas. Comunicado Técnico,155, 2006.

RASHAMOL, V.P.; SEJIAN, V.; BAGATH, M.; KRISHNAN, G.; ARCHANA, P.R.; BHATTA, R. Physiological adaptability of livestock to heat stress: an updated review. **Journal of Animal Behavior and Biometeorology**, v.6, p.62-71, 2018.

RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, S.; BASILIO, V.; GOURDINE, J.L.; COLLIER, R.J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, v.6, n.5, p.707-728, 2012.

RICCI, G.D.; ORSI, A.M.; DOMINGUES, P.F. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite – Revisão. **Veterinária e Zootecnia**, v.20, n.3, p.09-18, 2013.

ROVIRA, P.; VELAZCO, J. The effect of artificial or natural shade on respiration rate, behavior and performance of grazing steers. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.53, n.4, p.347-353, 2010.

SANTIAGO, E.A.A. Efeito da suplementação com óleo de soja no comportamento alimentar e produção de leite de vacas mestiças ½ e ¾ Holandês x Gir a pasto em uma região de clima tropical (Aw). 2015. 31f. **Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)**. Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Rolim de Moura, Rondônia.

SCHÖN, P.C.; PUPPE, B.; MANTEUFFEL, G. Linear prediction coding analysis and self-organizing feature map as tools to classify stress calls of domestic pigs (*Susscrofa*). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v.110, n.3, p.1425-1431, 2001.

SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas em Rondônia. **Diagnóstico do agronegócio do leite e derivados do Estado de Rondônia**. 1ª ed. Porto Velho: 2015. 336p.

SHAJI, S.; SEIJAN, V.; BAGATH, M.; MECH, A.; DAVID, I.C.G.; KURIEN, E.K.; VARMA, G.; BHATTA, R. Adaptive capability as indicated by behavioral and physiological responses, plasma HSP70 level and PBMC HSP70 mRNA expression in Osmanabadi goats subjected to combined (heat and nutritional) stressors. International **Journal of Biometeorology**, v.60, p.1311-1323, 2016.

SHWARTZ, G.; RHOADS, L.M.; VANBAALE, M.J.; RHOADS, R.P.; BAUMGARD, L.H. Effects of a supplemental yeast culture on heat-stressed lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**. v.92, p.935-942, 2009.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, p.1-18, 2000.

SILVA, R.G.; MORAIS, D.A.E.F.; GUILHERMINO, M.M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1192-1198, 2007.

SILVA, E.M.N.; SOUZA, B.B.; SOUSA, O.B.; SILVA, G.A. E FREITAS, M.M.S. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semi-árido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. **Caatinga**, v.23, p.142-148. 2011.

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, p.1364-1371, 2001.

SILVEIRA, M.F.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; MISSIO, R.L.; DONICHT, P.A.M.M.; SEGABINAZZI, L.R.; CALLEGARO, A.M.; JONER, G. Suplementação com gordura protegida para vacas de corte desmamadas precocemente mantidas em pastagem natural. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.3, p.809-817, 2014.

SILVEIRA, I.D.B.; DE CONTO, L.; MOREIRA, S.M. Bem-estar em bovinos leiteiros. In: SCHAFHÄUSER JUNIOR, J.; PEGORARO, L.M.C.; ZANELA, M.B. **Tecnologias para sistemas de produção de leite**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

SIMÕES, G.H. Avaliação de estresse térmico em vacas de leite em free-stall sob diferentes condições de climatização. 2014. 77f. **Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)**. Universidade Federal do Paraná – UFPR, Palotina, Paraná.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
SOUZA, B.B. **Adaptabilidade e bem-estar em animais de produção**. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Adaptabilidade/index.htm. > Acesso em 25 jan. 2019.

SOUZA, E.D.; SOUZA, B.D.; SOUZA, W.D.; CEZAR, M.F.; SANTOS, J.D.; TAVARES, G.D.P. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no semiárido. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.177-184, 2005.

SOUZA, W.; BARBOSA, O.R.; MARQUES, J.A.; COSTA, M.A.T.; GASPARINO, E.; LIMBERGER, E. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with diferente Heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, v.3, p.685-694, 2010.

SOUZA, E.C.; SALMAN, A.K.D.; CRUZ, P.G.; VEIT, H.M.; CARVALHO, G.A.; SILVA, F.R.F.; SCHMITT, E. Thermal comfort and grazing behavior of Girolando heifers in integrated crop-livestock (ICL) and crop-livestock-forest (ICLF) systems. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.41, p.1-10, 2019.

STAPLES, C.R.; THATCHER, W.; MATTOS, R. Fat supplementation strategies for lactating dairy cow diets. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BOVINOCULTURA DE LEITE, 2, 2001, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. p.161-178.

STUMP, M.T. Respostas biológicas de bovinos das raças Holandesa e Girolando sob estresse térmico. 2014. 69f. **Tese (Doutorado em Zootecnia)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

STRUTZKE, S.; FISKE, D.; HOFFMANN, G.; AMMON, C.; HEUWISER, W.; AMON, T. Technical note: Development of a noninvasive respiration rate sensor for cattle. **Journal of Dairy Science**, v.102, p.690-695, 2019.

SUTHAR, V.; BURFEIND, O.; MAEDER, B.; HEUWIESER, W. Agreement between rectal and vaginal temperature measured with temperature loggers in dairy cows. **Journal of Dairy Research**, v.80, p.240-245, 2013.

TAKAHASHI, L.S.; BILLER, J.D.; TAKAHASHI, K.M. **Bioclimatologia zootécnica**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 91p, 2009.

TEDESCHI, L.O. Assessment of the adequacy of mathematical models: a review. **Agricultural Systems**, v.89, p.225-247. 2006.

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

TRINDADE, J.K.D.; CARVALHO, P.C.D.F.; NEVES, F.P.; PINTO, C.E.; GONDA, H.L.; NADIN, L.B.; CORREIA, L.H.S. Potencial de um método acústico em quantificar as atividades de bovinos em pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.965-968, 2011.

TULLO, E.; FONTANA, I.; GUARINO, M. Precision livestock farming: an overview of image and sound labelling. **European Conference on Precision Livestock Farming**, KU Leuven, p.30-38, 2013.

VANDERMEULEN, J.; BAHR, C.; JOHNSTON, D.; EARLEY, B.; TULLO, E.; FONTANA, I.; GUARINO, M.; EXADAKTYLOS, V.; BERCKMANS, D. Early recognition of bovine respiratory disease in calves using automated continuous of cough sounds. **Computer and Electronics in Agriculture**, v.129, p.15-2, 2016.

VEIT, H.M.; SALMAN, A.K.D.; CRUZ, P.G.; SOUZA, E.C.; SCHMITT, E. Bioacústica como método de avaliação do comportamento em pastejo de novilhas Girolando. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.70, p.873-880, 2018.

VICKERS, L.A.; BURFEIND, O.; VON KEYSERLINGK, M.A.G.; VEIRA, D.M.; WEARY, D.M.; HEUWIESER, W. Technical note: Comparision of rectal and vaginal temperatures in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.5246-5251, 2010.

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

XUE, B.; WANG, Z.S.; LI, S.L.; WANG, L.Z.; WANG, Z.X. Temperature-humidity index on performance of cows. **China Animal Husbandry and Veterinary Medicine**, v.37, p.153-157, 2010.

WANG, J.P.; BU, D.P.; WANG, J.Q.; HUO, X.K.; GUO, T.J.; WEI, H.Y.; ZHOU, L.Y.; RASTANI, R.R.; BAUMGARD, L.H.; LI, F.D. Effect of saturated fatty acid

supplementation on production and metabolism indices in heat-stressed mid-lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.4121-4127, 2010.

WEST, J.W. Effects of heat stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2131-2144, 2003.

WILLMOTT, C.J.; ROBESON, S.M.; MATSUURA, K. Short communication: A refined index of model performance. **International Journal of Climatology**, v.32, n.13, p.2088-2094, 2011.

YANG, P.G. Effects of heat stress on meat quality and muscle metabolites of finishing pigs. **Institute of Animal Sciences of Chinese Academy of Agriculture Sciences**, 2014.