

**UNIVERSIDADE BRASIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL
CAMPUS DESCALVADO**

JOÃO HENRIQUE ZAMPIERI

**APRIMORAMENTO DE SENSOR DE AMBIÊNCIA PARA ÍNDICES DE
CONFORTO TÉRMICO EM INSTALAÇÕES DE BOVINOS LEITEIROS**

IMPROVEMENT OF AN AMBIENCE SENSOR FOR THERMAL
COMFORT INDICES IN DAIRY CATTLE FACILITIES

Descalvado – SP

2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL

JOÃO HENRIQUE ZAMPIERI

**APRIMORAMENTO DE SENSOR DE AMBIÊNCIA PARA ÍNDICES
DE CONFORTO TÉRMICO EM INSTALAÇÕES DE BOVINOS
LEITEIROS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Profa. Dra. Käthery Brennecke

Orientadora

Prof. Dr. Luiz Arthur Malta Pereira

Coorientador

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Brasil,
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

Z29a Zampieri, João Henrique
Aprimoramento de sensor de ambiência para índices de conforto térmico em instalações de bovinos leiteiros / João Henrique Zampieri. --
Descalvado: Universidade Brasil, 2022.
100f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.
Orientadora: Profa. Dra. Kätbery Brennecke.
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Arthur Malta Pereira.

1. Bem-estar animal. 2. Estresse térmico. 3. Datalogger. 4. Temperatura. 5. Umidade relativa. I. Título.

CDD 636.2142

TERMO DE APROVAÇÃO



**UNIVERSIDADE
BRASIL**

TERMO DE APROVAÇÃO

JOÃO HENRIQUE ZAMPIERI

**“DESENVOLVIMENTO E FUNCIONAMENTO DE SENSOR DE AMBIÊNCIA PARA O
CONFORTO TÉRMICO EM INSTALAÇÕES DE BOVINOS LEITEIROS”**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre no Programa de Mestrado em Produção Animal** da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dra. Káthery Brennecke (presidente-orientadora)

Prof. Dra. Cynthia Pieri Zeferino (UNIVERSIDADE BRASIL)

Prof. Dr. Adriano Rogério Bruno Tech (FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE
ALIMENTOS – FZEA/USP)

Descalvado/SP, 24 de outubro de 2022

Presidente da Banca Prof. Dra. Káthery Brennecke

Houve alteração do Título: sim (X) não ():

Aprimoramento de sensor de ambiência para
índices de conforto térmico em instalações
de bovinos leiteiros

**FOLHA DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DO TEXTO NA PÁGINA
UNIVERSIDADE BRASIL E CATÁLOGO DE TESES E DISSERTAÇÕES DA
CAPES E REPRODUÇÃO DO TRABALHO**



**UNIVERSIDADE
BRASIL**

Termo de Autorização

**Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW
do Respectivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES**

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: **"DESENVOLVIMENTO E FUNCIONAMENTO DE SENSOR DE AMBIÊNCIA PARA O CONFORTO TÉRMICO EM INSTALAÇÕES DE BOVINOS LEITEIROS"**

Houve alteração do Título: sim (X) não ():

Apuramento de sensor de ambiência para índices de conforto térmico em instalações de bovinos leiteiros

Autor(es):

Discente: **João Henrique Zampieri**

Assinatura: *João Henrique Zampieri*

Orientadora: **Profa. Dra. Káthery Brennecke**

Assinatura: *Káthery Brennecke*

Coorientador: **Prof. Dr. Luiz Arthur Malta Pereira**

Assinatura: *Luiz Arthur Malta Pereira*

Data: 24/10/2022

Aos meus pais, João e Irene (*in memoriam*)

A minha esposa Carla e minhas filhas Ana Beatriz e Maria Clara

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser tão presente em minha vida, pela fé, oportunidade, força, sabedoria, resiliência concedidas.

A meus pais João Zampieri e Irene Tarifa Zampieri (*in memoriam*) pela educação e oportunidades que me proporcionaram.

A minha esposa Carla, minhas filhas Ana Beatriz e Maria Clara por estarem sempre ao meu lado e serem a razão da minha vida.

Ao Programa de Mestrado Profissional em Produção Animal da Universidade Brasil - UB, pela oportunidade de realização deste Curso.

A minha orientadora, Profa. Dra. Kathery Brennecke, por ter me acolhido como orientado, pelo apoio incondicional, pelos ensinamentos, pela confiança ajuda e empatia

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Luiz Arthur Malta Pereira pela ajuda, ensinamentos e apoio.

A todos os professores que fizeram parte deste processo, pelos ensinamentos e incentivo.

Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.

(Provérbios, 16:3)

RESUMO

O agronegócio no Brasil é uma das atividades econômicas de maior destaque, sendo a pecuária bovina uma das mais representativas para o agronegócio, porém ainda há necessidade de avanços para permanecer competitiva. Na bovinocultura de leite, dentre todos os agentes estressores o clima é o maior deles, mais especificamente o calor, alterando consideravelmente o bem-estar dos animais. Nesse contexto, o ambiente influencia as condições de vida de um organismo, sendo o clima e a capacidade de adaptação responsáveis por influenciar o comportamento dos animais. Com a finalidade de determinar os efeitos do estresse térmico nos animais, foram desenvolvidos índices de conforto térmico levando-se em consideração variáveis climáticas e/ou fisiológicas, ajudando produtores e pesquisadores a encontrar os melhores meios para reduzir o estresse provocado pelo calor e determinar qual o melhor momento para que medidas possam ser implementadas no sentido de proporcionar conforto térmico aos animais. Dentre os índices propostos na literatura, destaca-se o índice de temperatura e umidade (ITU) e o índice de temperatura do globo e umidade (ITGU). Em relação ao trabalhador rural, dentre os vários índices de conforto térmico existentes podemos destacar o índice de desconforto térmico (IDT). Com a finalidade de se obter um ambiente térmico ideal para os bovinos em regiões de clima quente, faz-se necessário um monitoramento adequado dos ambientes de criação para proporcionar bem-estar aos animais de produção e para se atingir desempenhos zootécnicos satisfatórios. Nesse sentido, a pecuária leiteira de precisão, sistema de gerenciamento baseado em tecnologias da informação, possibilita maior controle das variáveis animal e ambiental melhorando o desempenho da propriedade leiteira. Para se obter valores de variáveis climáticas, existem equipamentos que são conhecidos como dataloggers que nada mais são do que dispositivos eletrônicos que registram dados coletados por um período de tempo, por meio de sensores existentes em sua plataforma e que possibilitam o cálculo de índices de conforto térmico. Neste trabalho o objetivo foi aprimorar um sensor tipo datalogger capaz de coletar dados biometeorológicos de uma granja leiteira e transformá-los em índices de ambiência, fornecendo a classificação térmica do ambiente ao produtor. Para isso foi utilizado uma plataforma microcontrolada do tipo Arduino com sensores de temperatura e umidade relativa do ar acoplados a ela. O protótipo efetuou a leitura das variáveis climáticas fornecendo os valores de temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura do globo negro, temperatura de ponto de orvalho, ITU, ITGU, IDT

e classificação térmica do ambiente em favorável (conforto), alerta (frio e calor) e perigo (frio intenso, calor intenso e calor insuportável), conseguindo, assim, responder à demanda do produtor e conseqüentemente auxiliando na tomada de decisões quanto ao manejo adequado para o bem-estar animal e do trabalhador rural.

Palavras-chave: Bem-estar animal. Estresse térmico. Datalogger. Temperatura. Umidade relativa.

ABSTRACT

Agribusiness is one of the most prominent economic activities in Brazil, and cattle farming is one of the most representative of them, but there is still a need for advances for it to remain competitive. The biggest stressor in dairy cattle farming is the climate, more specifically the heat, which affects considerably the welfare of the animals. In this context, the environment influences the living conditions of an organism, and the climate and the ability to adapt are responsible for influencing the behavior of the animals. In order to determine the effects of heat stress on animals, indices of thermal comfort have been developed taking into account climatic and/or physiological variables, helping producers and researchers to find the best means to reduce the stress caused by heat and determine the best time for measures to be implemented in order to provide thermal comfort to animals. Among the indices proposed in the literature, the temperature-humidity index (THI) and the black globe temperature and humidity index (BGTHI) stand out. Regarding rural workers, among the several existing thermal comfort indexes, we can highlight the thermal discomfort index (TDI). In order to obtain an ideal thermal environment for cattle in warm climatic regions, it is necessary to adequately monitor the environment to provide welfare to production animals and to achieve satisfactory zootechnical performance. In this sense, precision dairy farming, a management system based on information technology, enables greater control of animal and environmental variables, improving the performance of the dairy farm. To obtain values of climatic variables, there are devices known as dataloggers, which are nothing more than electronic devices that record data collected over a period of time, through sensors on its platform and that allow the calculation of thermal comfort indexes. In this work the objective was to improve a datalogger sensor capable of collecting biometeorological data from a dairy farm and transform them into ambience indices, providing the thermal classification of the environment to the producer. For this, a microcontrolled Arduino platform was used, with temperature and relative humidity sensors attached to it. The prototype read the climatic variables providing the values of air temperature, relative humidity, black globe temperature, dew point temperature, THI, BGTHI, TDI and thermal classification of the environment in favorable (comfort), alert (cold and heat) and danger (intense cold, intense heat and unbearable heat), thus responding to the producer's demand and consequently assisting in decision making regarding the appropriate management for the animal

and rural worker welfare.

Keywords: Animal welfare. Heat stress. Datalogger. Temperature. Relative humidity.

DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO

Na bovinocultura de leite, o estresse térmico causado pelo calor é o principal responsável por alterar o bem-estar das vacas leiteiras causando queda na produção de leite. Para se determinar os efeitos do estresse térmico nos animais, foram desenvolvidos índices de conforto térmico que levam em consideração variáveis climáticas e/ou fisiológicas onde entre eles destacam-se o índice de temperatura e umidade e o índice de temperatura do globo e umidade e para avaliação do conforto térmico humano destaca-se o índice de desconforto térmico. Para se obter ambiente térmico ideal para bovinos em regiões quentes, faz-se necessário um monitorar os ambientes de criação. Nesse contexto, a pecuária leiteira de precisão possibilita maior controle das variáveis animal e ambiental melhorando o desempenho da propriedade leiteira. Este trabalho teve por objetivo aprimorar um sensor capaz de coletar dados biometeorológicos de uma granja leiteira e transformá-los em índices de ambiência, fornecendo a classificação térmica do ambiente ao produtor. O equipamento testado efetuou a leitura das variáveis climáticas fornecendo os valores dos índices de conforto térmico propostos e a classificação térmica do ambiente conseguindo, assim, auxiliar o produtor rural na tomada de decisões quanto ao manejo adequado para o bem-estar animal e do trabalhador rural.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As cinco liberdades.....	23
Figura 2 - Modelo dos “Cinco Domínios” do bem-estar animal.....	26
Figura 3 - Termorregulação para os animais homeotérmicos.....	33
Figura 4 - Componentes chaves da zootecnia de precisão para realização de controles dos processos biológicos nos animais de produção.....	49
Figura 5 - Níveis de desenvolvimento e utilização dos sistemas de monitoramento por sensores na gestão da fazenda leiteira.....	52
Figura 6 - Ilustração do Arduino Uno.....	54
Figura 7 – Módulo DHT 22.....	55
Figura 8 – Ilustração do estado de Rondônia e municípios onde foi realizado o experimento	57
Figura 9 – Caixa do protótipo, na versão final, em coleta de dados no experimento.....	60
Figura 10 – Arduino Mega 2560.....	62
Figura 11 - Globo de Vernon e caneca de alumínio (material alternativo) com pintura preto fosco em sensor de ambiência.....	62
Figura 12 – Módulo mini datalogger.....	63
Figura 13 – Módulo do display 20x4 I2C.....	63
Figura 14 - Leituras do protótipo em função da temperatura, umidade relativa e cálculos de ITU e ITGU.....	64
Figura 15 – Valores encontrados no protótipo em função da temperatura, umidade relativa e cálculos de ITU, ITGU e IDT com a nova programação.....	66
Figura 16 – Valores encontrados no protótipo com a nova programação.....	67
Figura 17 - Protótipo com a resposta ao produtor no campo.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção de leite no Brasil, avaliado por regiões federativas, no ano de 2020.....	21
Tabela 2 - Produção de leite no estado de Rondônia, avaliado por municípios, no ano de 2020.....	23
Tabela 3 - Variáveis fisiológicas e níveis de estresse em bovinos leiteiros.....	37
Tabela 4 - Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom ajustado para regiões tropicais.....	47
Tabela 5 - Valores de ITU e ITGU presentes na programação.....	56
Tabela 6 - Classificação dos níveis de estresse térmico presentes na programação.....	56
Tabela 7 - Valores de IDT presentes na programação.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS

TBS	Temperatura de Bulbo Seco
VA	Velocidade do ar
UR	Umidade Relativa
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
ITGU	Índice de Temperatura de Globo e Umidade
IDT	Índice de Desconforto Térmico
ZCT	Zona de Conforto Térmico
TCI	Temperatura Crítica Inferior
TCS	Temperatura Crítica Superior
CTR	Carga Térmica Radiante
FR	Frequência Respiratória
TR	Temperatura Retal
TA	Temperatura do Ar
TPO	Temperatura do Ponto de Orvalho
TGN	Temperatura do Globo Negro
TG	Temperatura do Globo
FC	Frequência Cardíaca
PO	Ponto de Orvalho
BEA	Bem-estar Animal
PMPPA	Programa de Mestrado Profissional em Produção Animal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVO	19
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 PANORAMA DA BOVINOCULTURA DE LEITE NO BRASIL	20
3.2 BOVINOCULTURA DE LEITE NO ESTADO DE RONDÔNIA	21
3.3 BEM-ESTAR ANIMAL	23
3.4 AMBIÊNCIA	28
3.4.1 Homeotermia e mecanismos de troca de calor	29
3.4.2 Zona de conforto térmico	31
3.4.3 Estresse térmico	34
3.4.4 Respostas fisiológicas ao estresse calórico	36
3.4.5 Respostas comportamentais ao estresse calórico	38
3.4.6 Índices de conforto térmico	41
<i>3.4.6.1 ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU)</i>	<i>42</i>
<i>3.4.6.2 ÍNDICE DE TEMPERATURA DO GLOBO E UMIDADE (ITGU)</i>	<i>43</i>
<i>3.4.6.3 ÍNDICE DE DESCONFORTO HUMANO (IDT)</i>	<i>44</i>
3.5 ZOOTECNIA DE PRECISÃO	48
3.6 DESENVOLVIMENTO DE SENSORES DE AMBIÊNCIA PARA BOVINOS LEITEIROS	50
4 MATERIAL E MÉTODOS	53
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
5.1 DETALHAMENTO DO EQUIPAMENTO	58
5.2 CAIXA DO PROTÓTIPO	59
5.3 PLATAFORMA MICROCONTROLADA	60
5.4 MEDIDA DOS DADOS BIOMETEOROLÓGICOS DO AMBIENTE (TEMPERATURA E UMIDADE)	61
5.5 MEDIDA DA TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO	62
5.6 MÓDULO DATALOGGER	63
5.7 DISPLAY DE LCD E RESPOSTA AO PRODUTOR	64
5.8 PROGRAMAÇÃO E RESPOSTAS DO PROTÓTIPO	64
6 CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS	70
APÊNDICE A - Nova programação, e definitiva, elaborada para o funcionamento do protótipo	87

1 INTRODUÇÃO

Na atividade pecuária mundial, o leite destaca-se por fazer parte da fonte de renda de um número considerável de pessoas. Atrelado ao fator comercial, está também o fator nutricional do produto, contribuindo assim na importância que o mesmo agrega para o agronegócio (RIBEIRO JUNIOR et al., 2020).

Nas últimas décadas a cadeia produtiva do leite no Brasil tem sofrido transformações relevantes com um aumento significativo da produção e do consumo (ANDRADE, 2021), ocupando a terceira posição entre os maiores produtores mundiais de leite (IBGE, 2021). Nesse contexto, Rondônia ocupa a primeira posição na produção de leite da Região Norte e sétima no Brasil (IBGE, 2021; IDARON, 2021).

Ainda de acordo com Andrade (2021), devido ao fato de no Brasil o clima ser predominantemente tropical e subtropical, este se torna um problema a ser enfrentado pelos produtores, pois influencia diretamente na queda da produção e na qualidade do leite devido as alterações fisiológicas e comportamentais que provoca nos animais causadas pelo estresse térmico. Assim, para se assegurar e manter melhores resultados no período produtivo, há necessidade de cada vez mais os produtores investirem em tecnologias para enfrentarem os desafios decorrentes das condições climáticas do país.

A produção leiteira depende do conforto térmico proporcionado ao animal, que por sua vez influencia seu comportamento e produção. Ademais, o desempenho do animal é definido por fatores genéticos associado à interferência ambiental, como quaisquer outras características fenotípicas, podendo ser entendido como um processo sensível e dinâmico às variações físicas do meio ambiente e à estímulos decorrentes de sua interação social onde encontra-se inserido (BANKS, 1982). Para realizar a avaliação do conforto térmico, utiliza-se parâmetros que procuram integrar elementos meteorológicos, sendo esses o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e o Índice de Temperatura do Globo e Umidade (ITGU) (OLIVEIRA et al., 2018).

Para se atingir um desempenho satisfatório dos bovinos leiteiros e conseqüentemente da propriedade, a pecuária de precisão é uma realidade onde ferramentas baseadas em tecnologias da informação auxiliam o produtor na tomada de decisões para que se alcancem os objetivos desejados. A partir da utilização de sistemas de monitoramento através de sensores, as ferramentas de precisão são desenvolvidas com a finalidade de medir os índices produtivos, comportamentais e

fisiológicos em prol da saúde, produtividade e bem-estar de rebanhos leiteiros (PEREIRA, 2015).

Atualmente existem disponíveis no mercado inúmeros aparelhos para monitoramento do ambiente que fornecem informações sobre temperatura e umidade e que nem sempre estão ao alcance dos pequenos produtores rurais. Buscando um melhor conforto térmico aos animais e, conseqüentemente, um maior desempenho produtivo, há necessidade de se desenvolver tecnologia para que em um só aparelho seja possível a leitura de vários fatores climáticos e cálculo de índices de conforto térmico que seja de fácil manuseio, de baixo custo, sendo assim acessível aos pequenos produtores e que forneça informações em tempo real, ajudando na tomada imediata de decisões visando o bem-estar dos bovinos e, conseqüentemente, um aumento da produção e lucros da propriedade leiteira.

2 OBJETIVO

Aprimorar um sensor tipo *datalogger* capaz de coletar dados biometeorológicos de uma granja leiteira e transformá-los em índices de ambiência, fornecendo respostas diretas ao produtor.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Especificar índices de ambiência animal, fornecendo os valores de ITU e ITGU;
2. Especificar parâmetros quanto ao desconforto por calor em humanos, fornecendo o valor do IDT;
3. Coletar a temperatura do ponto de orvalho de maneira indireta e por equação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PANORAMA DA BOVINOCULTURA DE LEITE NO BRASIL

O agronegócio no Brasil é uma das atividades econômicas de maior destaque, sendo a pecuária bovina uma das mais representativas para o agronegócio. Tanto a pecuária de corte quanto a pecuária de leite estão distribuídas por todo Brasil, porém a pecuária de leite não está tão avançada quanto a de corte em virtude de sua multiplicidade de técnicas de produção, rebanho e tipo de produtores. A pecuária tem passado por grandes mudanças no que se refere aos sistemas de produção e organização da cadeia produtiva, porém ainda há necessidade de avanços para permanecer competitiva (FERRAZZA et al., 2021).

O agronegócio brasileiro é responsável por 27,4% do produto interno bruto (PIB), correspondendo um pouco mais que R\$ 2 trilhões (CEPEA, 2021). O valor bruto da produção (VBP) de bovinos no Brasil em 2021 foi estimado em média no valor de R\$ 1 trilhão, representando uma alta de 9,9%, em relação ao ano anterior, indicando a importância econômica e social da bovinocultura no país (BRASIL, 2021).

A cadeia produtiva do leite e derivados é um setor de grande importância econômica e social para o Brasil. Com um rebanho superior a 16 milhões de cabeças e produção de mais de 34 bilhões de litros de leite por ano, o Brasil destaca-se sendo o terceiro maior produtor mundial de leite, sendo que essa produção ocorre nas mais de 1 milhão de propriedades produtoras de leite existentes no Brasil (IBGE, 2021). Segundo estudos da Secretaria de Política Agrícola, estima-se que somente irão permanecer no setor os produtores mais eficientes, que se adaptarem à nova realidade de adoção de tecnologia, melhorias na gestão e maior eficiência técnica e econômica (MAPA, 2022).

É importante ressaltar que em 2021 houve queda na produção e na demanda de leite devido a adversidades climáticas, custos elevados que alavancaram a desvalorização cambial e a diminuição das margens (CEPEA, 2021; IBGE, 2021).

Mesmo o valor do preço médio anual ter sido superior ao de 2020, no decorrer do ano o valor pago ao produtor diminuiu, principalmente no último trimestre, em que houve enfraquecimento da demanda por parte dos laticínios, em virtude da perda do poder de compra do consumidor e uma consequente queda do preço da matéria-prima adquirida no campo (CEPEA, 2021; EMBRAPA, 2021).

De acordo com IBGE (2021), a região sul e sudeste são as que se destacam em produção, respondendo a aproximadamente 70% do que é produzido no Brasil, conforme demonstra a tabela 1.

Tabela 1 - Produção de leite no Brasil, avaliado por regiões federativas, no ano de 2020.

Regiões federativas	Produção (mil litros)	Frequência (%)
Norte	2.129,119	6,00
Nordeste	4.943,689	13,95
Centro-oeste	4.132,075	11,66
Sudeste	12.173,884	34,35
Sul	12.066,293	34,04
Total	35.445,060	100

Fonte: IBGE (2021)

3.2 BOVINOCULTURA DE LEITE NO ESTADO DE RONDÔNIA

Rondônia possui uma área de 237.576 km² que representa 6,2% da Região Norte e 2,8% do território nacional e é considerado uma unidade federativa nova, mas que começou a se moldar a partir dos ciclos agrícolas nas décadas de 1970 e 1980, por meio de incentivos governamentais, o que tornou o cenário agropecuário profícuo (DANTAS, 2010; IBGE, 2021).

Em virtude de sua localização geográfica, o estado de Rondônia possui clima classificado como Am – Clima Tropical de Monções, que se caracteriza por uma temperatura média de 23° C a 34° C e umidade média variando de 80% a 90% no verão e 65% no inverno (FERNANDES, 2002).

A economia do Estado está alicerçada em sua maior parte pela agricultura e a pecuária, como eixos centrais de sua economia, com 32% do PIB estadual, proveniente do agronegócio. Na agricultura, o maior destaque se dá a produção de café, milho, arroz e soja e na pecuária a produção de bovinos de corte e leite. O VBP agropecuária de Rondônia em 2021 foi de 19,1 bilhões de reais, resultado 12,9% maior do que valor obtido em 2020 (EMBRAPA, 2020). Desse modo, o VBP dos cinco

principais produtos (carne, soja, milho, leite e café) corresponde a 92,8% do VBP de Rondônia, sendo a bovinocultura correspondente a 57,4% do VBP rondoniense em 2021 (PFEIFER et al., 2021).

O estado de Rondônia encontra-se em 1º lugar na produção de leite da região norte e ocupa o 7º lugar no país, com uma produção de 1,6 milhões de litros de leite por dia, correspondendo mais de 584 milhões de litros de leite por ano, representando 47% da produção na região norte e 92% na Amazônia ocidental (IBGE, 2021; IDARON, 2021).

Apesar da região norte não ser destaque nacional de produção de leite, comparado a regiões como o sudeste e sul, em âmbito regional a atividade tem uma grande relevância para contribuições socioeconômicas e culturais (PFEIFER et al., 2021), atraindo investidores e gerando emprego e renda para a população.

O estado conta com um rebanho bovino aproximado de 16.684.214 milhões de cabeças distribuídos em 106.585, propriedades sendo que 2.623.025 milhões de cabeças são de bovinos leiteiros (IDARON, 2022).

A bovinocultura leiteira em Rondônia é considerada um dos segmentos com maior relevância no estado, sendo exercida em 1/3 das propriedades rurais e principalmente a nível de agricultura familiar (SEBRAE, 2015), apesar de ser carente em tecnologia, apresentar baixos índices zootécnicos, a grande parte das pastagens serem deficientes, apresentar problemas com a sanidade, além do clima da região (MAPA, 2014) o que resulta em baixa produtividade com 3,6 a 5 litros/vaca/dia (ANUALPEC, 2018).

Os municípios que mais se destacam na produção de leite são: Jaru, Machadinho D'Oeste, Nova Mamoré, Porto Velho, Governador Jorge Teixeira, Urupá, Ji-Paraná, Espigão D'Oeste e Presidente Médici, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Produção de leite no estado de Rondônia, avaliado por municípios, no ano de 2020.

Municípios	Produção diária (L)	Frequência (%)
Jaru	106.756	14,23
Machadinho D'Oeste	106.387	14,18
Nova Mamoré	99.114	13,21
Porto Velho	95.434	12,72
Governador Jorge Teixeira	76.942	10,26
Urupá	76.928	10,25
Ji-Paraná	68.670	9,15
Espigão D'Oeste	63.037	8,40
Presidente Médici	56.845	7,58
Total	750.113	100

Fonte: IDARON (2021)

No ano de 2021 esses valores ficaram defasados em consequência da pandemia do Covid-19, onde o setor pecuário leiteiro passou por elevações no custo de produção, prejudicando assim a comercialização do produto no mercado (EMATER, 2022).

3.3 BEM-ESTAR ANIMAL

A preocupação com o bem-estar dos animais teve início na década de 1960 onde foi apontado que os bovinos eram tratados como máquinas e não como indivíduos (VAN DE WEERD; SANDILANDS, 2008).

De acordo com o *Farm Animal Welfare Advisory Council* (1992), o bem-estar animal está baseado em cinco liberdades: Livre de fome, sede e má nutrição; Livre de desconforto (fácil movimentação, conforto térmico, conforto para descansar); Livre de dor, ferimentos e doenças; Liberdade para expressar padrão comportamental natural e Livre do medo e estresse (Figura 1).

Figura 1 - As cinco liberdades



Fonte: <https://www.cursosbsdconsulting.com/single-post/2018/05/02/bem-estar-animal>

Segundo Moreira et al. (2017) e Santos et al. (2022), o bem-estar animal têm sido amplamente debatidos em todo mundo tanto pelo meio rural, setor industrial, comunidade científica e consumidores, sendo que o Brasil apresentou avanços significativos nesta área em virtude principalmente das exigências dos países importadores de produtos de origem animal e devido estar diretamente relacionado com a produtividade dos animais.

Vale também ressaltar que com o aumento de renda da população o nível de exigência dos consumidores também aumentou, em virtude de estarem informados que o consumo de produtos de origem animal pode influenciar diretamente na saúde, e também pelo fato que o meio ambiente pode ser afetado pela maneira como os animais são criados (BUAINAIN; BATALHA, 2017).

Assim, como os consumidores brasileiros começaram a ter um maior conhecimento em relação ao BEA, passaram a exigir mais informações a respeito dos produtos de origem animal que consomem (MOREIRA, et al. 2017).

De acordo com Braga et al. (2018), onde os sistemas de produção, sustentabilidade e ética permeiam as discussões políticas e públicas existe uma correlação entre o bem-estar dos animais de produção e a qualidade dos produtos de origem animal. Torna-se cada vez mais evidente a importância que o bem-estar animal vem conquistando nos sistemas de produção, fazendo-se necessário uma constante discussão e avaliação de sua definição além da adoção de métodos objetivos validados cientificamente.

Existem várias definições para bem-estar animal, sendo que de acordo com a Organização Mundial da Saúde Animal (OIE, 2013, não paginado).

bem-estar animal reflete como um animal reage com as condições em que vive, onde um animal em bem-estar é aquele que encontra-se saudável, confortável, bem nutrido, seguro, capaz de expressar seu comportamento inato e não está sofrendo com situações desagradáveis como dor, medo e angústia, requerendo para isso prevenção de doenças e tratamento veterinário apropriados, abrigo, manejo e nutrição apropriados, manipulação e abate ou sacrifício humanitários, podendo ser utilizados termos como cuidado animal, criação e tratamento humanitário.

De acordo com Silva et al. (2019) O BEA não deve ser interpretado como uma condição absoluta, presente ou não ou ligado unicamente a algo bom. Ele deve ser interpretado como adequado ou alto, pobre ou baixo, e bem-estar bom ou ruim.

Quando um animal expressa seus comportamentos naturalmente, encontra-se saudável, em segurança, confortável e bem nutrido pode-se dizer que está num bom estado de bem-estar. Ao contrário, está numa condição de bem-estar ruim, devendo

também ser utilizados parâmetros fisiológicos para determinação do estado de bem-estar que o animal se encontra (BROOM; MOLENTO, 2004). Ainda segundo Silva et al. (2019) o BEA pode ser avaliado de forma objetiva onde a utilização de alguns parâmetros, tais como taxa de natalidade e mortalidade, sucesso dos índices reprodutivos, indicadores de comportamento, ocorrência de doenças e injúrias, parâmetros fisiológicos, pode colaborar na determinação do estado de bem-estar que o animal se encontra. O tipo de atitude que o animal expressa também é um meio de avaliação do bem-estar, como quando o mesmo evita ou se afasta de determinada situação ou objeto, sendo que quanto maior for sua reação, menor será seu estado de bem-estar. Outros indicadores também podem ser utilizados, como disponibilidade e necessidade de água, calor, até mesmo necessidades emocionais que podem ser chamadas de subjetivas, dentre muitas outras.

Em relação à identificação de parâmetros e variáveis de avaliação do BEA destacam-se fatores que possuem relação com o ser humano, o ambiente e o próprio animal. O conhecimento e habilidades dos trabalhadores são fatores importantes na manutenção ou melhoria do BEA, em relação as instalações construídas, deve-se considerar os materiais utilizados na construção (piso, paredes, teto), área disponível para cada animal e qual funcionalidade (alimentação, descanso), aspectos climáticos (vento, umidade, altitude), espécie, raça, sexo e idade dos animais (CONCEA, 2018).

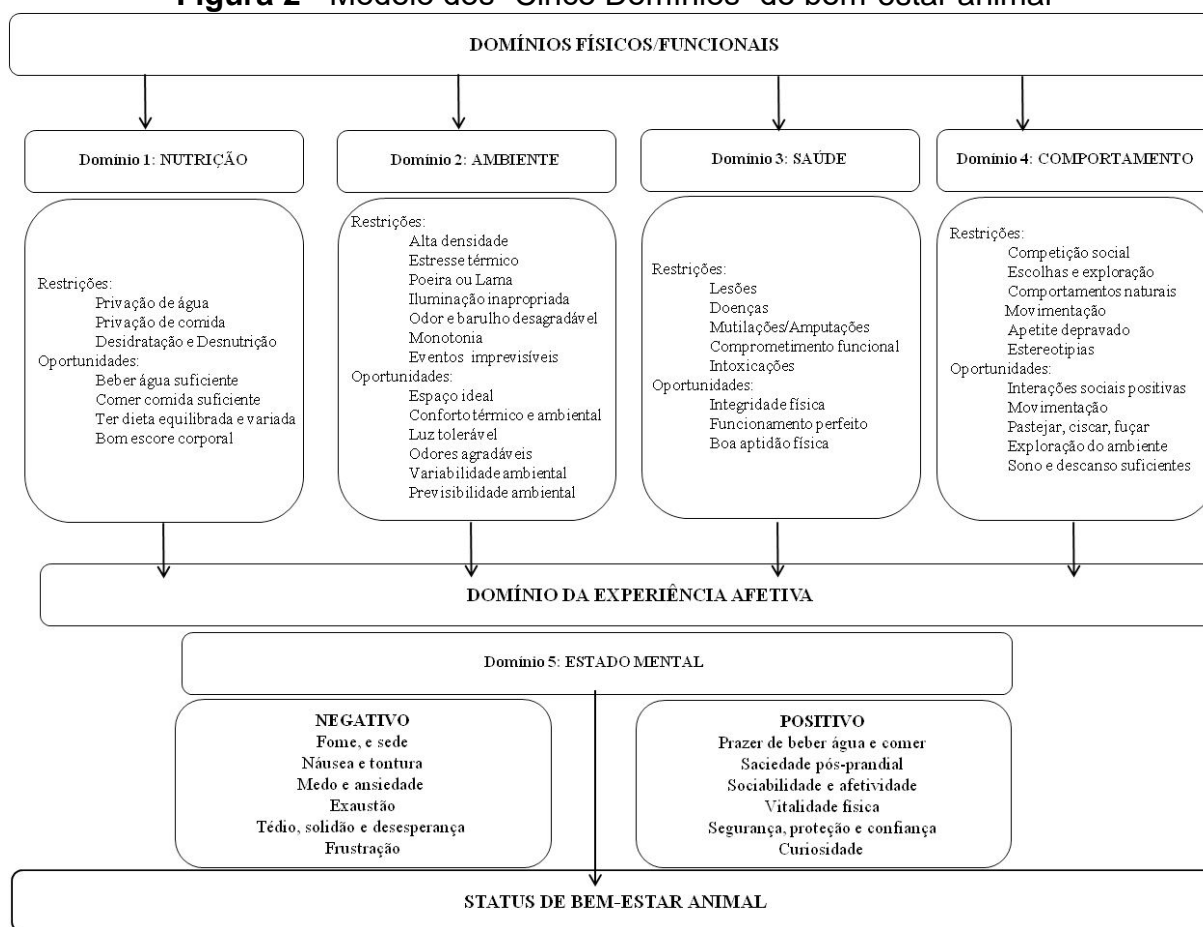
Em relação a interação homem/animal, Fonseca et al. (2021) relataram que uma pesquisa realizada com produtores de leite que abordou a sua saúde mental, qualidade de vida e situação de trabalho dos mesmos, demonstrou que trabalhadores satisfeitos com seu trabalho interferem diretamente no bem-estar dos animais. A implantação de boas práticas no manejo diário dos animais através da capacitação de vaqueiros e ordenhadores mostrou-se satisfatório tanto para o trabalhador como para o animal, pois o mesmo passa a desempenhar melhor o seu trabalho.

Segundo Braga (2018), com base nos animais e no ambiente, as avaliações de bem-estar animal geralmente fazem uso de critérios que incluem desde nutrição, sanidade, ambiente, demonstração de comportamentos naturais até sentimentos.

Inserido nesse contexto, o modelo dos “Cinco Domínios” do bem-estar animal, proposto por Mellor e Reid (1994), é um método sistemático, estruturado e abrangente de avaliação do bem-estar dos animais, sendo uma importante ferramenta de gerenciamento.

Este modelo utiliza quatro domínios que contemplam os estados internos ou físico-funcionais do animal, sendo eles “Nutrição” (Domínio 1), “Ambiente” (Domínio 2), “Saúde” (Domínio 3) e “Comportamento” (Domínio 4). O uso dos fatores inseridos neste modelo é inapropriado para algumas espécies sendo permitida a inclusão ou exclusão de alguns fatores não deixando de considerar o comportamento natural, a biologia e a ecologia da espécie em questão, e da devida relação com o ambiente social e físico sob avaliação.

Figura 2 - Modelo dos “Cinco Domínios” do bem-estar animal



Fonte: Adaptado de Braga (2018).

Ainda de acordo com Braga (2018), nesse modelo, embasado em conhecimentos científicos, as avaliações do bem-estar dos animais pode ser que não estejam corretas na medida que são feitas deduções. A principal vantagem da utilização desse método é que se pode separar claramente os efeitos físicos e/ou funcionais (Domínios 1 a 4) dos estados mentais ou afetivos dos animais (Domínio 5) que ao final demonstram o *status* de seu bem-estar (Figura 2). Vale ressaltar os

estados mentais positivos que são fundamentais para estabelecer o status de bem-estar dos animais.

A principal meta dos sistemas de produção é a lucratividade, sendo que, raramente, as análises econômicas levam em consideração os prejuízos causados por sistemas onde os animais encontram dificuldades de adaptação (FRASER, 1983).

Segundo Molento (2005), quando o sofrimento animal passa a ser reconhecido como um elemento importante, é possível se determinar um valor econômico ao bem-estar animal. A partir do momento que o BEA entra no universo da economia, começa a ser incluído nos cálculos do valor econômico dos produtos de origem animal. Para o produtor os benefícios econômicos alcançados através desses sistemas são enormes sendo que a tendência para os mesmos se tornarem mais eficientes e sustentáveis crescerá continuamente nas próximas décadas (GARNETT et al., 2013). Segundo Fonseca et al. (2021) os ganhos financeiros resultam da redução da mortalidade, da melhora na imunidade do animal levando a diminuição com os gastos com medicamentos, da melhoria na saúde, na diminuição do risco de doenças de origem alimentar e menor risco de zoonoses, resultando num produto com maior qualidade e que conseqüentemente aumenta a satisfação do consumidor, sendo que todos esses fatores agregam valor ao produto.

Segundo Rezende et al. (2021), em virtude das atividades cotidianas como ordenha, alimentação e cuidados sanitários, a bovinocultura de leite demanda no seu cotidiano uma forte relação entre o homem e os animais. Todavia, situações inapropriadas entre ambos podem afetar de maneira negativa na conduta social, na produção e na qualidade dos alimentos, causadas pela voz, pelo contato físico ou pelo relacionamento de maneira geral. Atitudes sociais adequadas contribuirão para comportamentos sociais apropriados, enquanto relacionamentos negativos, também chamados de aversivos, levarão os animais a terem medo, problemas de saúde e reprodução.

Assim, o BEA é alcançado quando há equilíbrio na relação entre o homem e o animal que resultam em estados físicos e fisiológicos excelentes e elevada qualidade de vida, sendo que o oposto disso seria um BEA pobre, com manejos inapropriados levando os animais a desenvolverem estresse que se traduz por queda na produtividade e na qualidade do leite, problemas reprodutivos e de desenvolvimento do animal podendo levar a um aumento na incidência de doenças e até levar a morte. Deste modo, a solução para problemas relacionados ao bem-estar de bovinos leiteiros

deve levar em consideração a adoção de manejos adequados de acordo com cada caso, pois os problemas geralmente são causados por uma somatória de fatores (REZENDE et al., 2021).

Segundo Bond (2012), para se avaliar o BEA na atividade leiteira, deve ser feita uma análise de seus pontos críticos, sendo que alguns são inerentes aos sistemas tais como confinamento, criação a pasto, interação entre o homem e o animal. Entre esses pontos críticos destaca-se a pressão para se aumentar a produção por meio da crescente seleção para elevação da produção de leite. Outros pontos críticos que se pode citar é a prevalência de doenças inerentes a atividade leiteira com destaque para a mastite, afecções de casco, longevidade média das vacas leiteiras medida através do número de lactações, problemas reprodutivos, alta contagem de células somáticas, nível de nutrição do animal, produção sazonal de alimentos em algumas regiões, confinamento, instalações, higiene das instalações, acesso ao pasto, separação precoce da vaca e do bezerro, processos cirúrgicos como a descorna entre outros.

Na bovinocultura de leite, dentre todos os agentes estressores, o estresse causado pelo clima é o maior deles, mais especificamente o calor, alterando consideravelmente o bem-estar dos animais (MOURA, 2010).

Ainda segundo Moura (2010) devido as vacas leiteiras serem muito sensíveis ao estresse térmico provocado pelo calor medidas devem ser tomadas para amenizar essa situação, se tornando um enorme desafio aos produtores pois pode interferir no crescimento, na produtividade e na reprodução dos animais.

3.4 AMBIÊNCIA

O ambiente pode ser definido como o conjunto de tudo o que afeta a constituição, o comportamento e a evolução de um organismo e que não envolve diretamente fatores genéticos (SILVA, 2000).

Segundo Broom (2004), o conceito de ambiência se resume no conjunto de fatores que proporcionam o desenvolvimento do animal. Dessa maneira, pode-se dizer que o ambiente influencia nas condições de vida de um organismo, sendo o clima e a capacidade de adaptação responsáveis por influenciar o comportamento dos animais (GLASER, 2003).

No que diz respeito ao setor leiteiro, os programas que visam o aumento da produção se concentram na seleção genética para tal finalidade. Essa seleção intensa

faz com que os animais se tornem mais sensíveis às mudanças ambientais. O clima e suas variabilidades afetam negativamente a produção de leite por causa dos impactos na eficiência metabólica e nas respostas imunes. Portanto, o estresse térmico interfere negativamente na pecuária leiteira, gerando perdas econômicas por queda no desempenho dos animais (NARDONE et al., 2010; NEGRI et al., 2021).

Segundo Negri et al. (2021), aproximadamente cerca de 60% das fazendas leiteiras no mundo estão em ambientes de estresse térmico, e a perda na produção é em torno de 30% a 40%, representando aproximadamente 600 a 900 kg de leite por lactação por vaca, podendo ultrapassar até 1300 kg de leite por animal

Garcia et al. (2015) avaliaram a perda de 21% da produção de leite devido ao estresse térmico, em um rebanho de vacas da raça holandesa no sul do Brasil.

São vários os climas no Brasil, variando de clima quente e seco/úmido a clima frio e úmido, devido sua grande extensão territorial e aos efeitos de vegetações costeiras e continentais. Sem contar os efeitos sazonais no país, em que normalmente na produção bovina, dependendo da sazonalidade, os animais são mantidos a pasto ou semiconfinados suplementados com algum tipo de silagem variando conforme a região do Brasil e disponibilidade dos alimentos (NEGRI et al., 2021).

É importante que propriedades leiteiras se preocupem em melhorar a ambiência para os animais e conseqüentemente otimizar a produção. Existem métodos que quantificam o nível de estresse por calor nos animais com base em informações climáticas que servem para identificar a variação de componentes genéticos e não genéticos e sua relação com o ambiente, auxiliando na melhora do desempenho do gado de leite e o que pode impactar na cadeia produtiva do leite (NEGRI et al., 2021).

3.4.1 Homeotermia e mecanismos de troca de calor

Por meio de um sistema termodinâmico, os animais realizam constantemente a troca de energia com o ambiente, sofrendo influência de fatores externos do ambiente levando a variações internas no animal interferindo na quantidade de energia trocada entre ambos, demandando ajustes fisiológicos para que aconteça o balanço de calor entre eles (BAËTA; SOUZA, 1997).

Todos os ruminantes são animais homeotérmicos, ou seja, possuem mecanismos fisiológicos que tem por função manter a temperatura corporal estável

independentemente da temperatura do ambiente, sem empregar energia extra para produção e reprodução, ou seja, mais do que necessário para sua manutenção (MARTELLO et al., 2006).

Visando manter a temperatura corporal, o animal procura manter uma estabilidade entre o calor produzido pelo seu organismo e o ganho do ambiente com o calor liberado para o mesmo (SCHAFHÄUSER JUNIOR et al., 2016).

O calor endógeno produzido pelo animal é liberado para o ambiente por meio de mecanismos sensíveis (não evaporativos) como a convecção, condução e radiação, e mecanismos latentes (evaporativos) como a evaporação, a ofegação e a sudação (ATRIAN, et al., 2012; HERBUT et al., 2018).

De acordo com Castanheira (2009), as vias mais importantes para que o animal perca calor corporal, são:

a) Condução: perda de calor ocorre através do contato direto do animal com superfícies sólidas e/ou líquidas, entre regiões com diferentes temperaturas. Pode acontecer entre tecidos ou entre o corpo e um objeto externo, como o chão ou a água. Pode ocorrer a diminuição da condução do calor devido a existência de camadas de tecido adiposo no corpo do animal e devido a camada de ar existente na pelagem da superfície corporal. O calor é sentido pelos animais através da condução.

b) Convecção: a perda de calor acontece devido a circulação do sangue aquecido proveniente do interior do corpo para os tecidos mais frios da superfície corporal e pode ser intensificada através da passagem de ar frio pela pelagem do animal.

c) Radiação: o ganho ou perda de calor por radiação acontece devido a diferença de temperatura existente entre o corpo e o ambiente que o envolve. Essa troca de calor ocorre no vácuo.

d) Evaporação: ocorre perda de calor através da evaporação da água existente nas áreas úmidas da superfície corporal do animal.

e) Ofegação: a perda de calor se dá devido o animal expirar o ar mais quente do que quando foi inspirado. Os bovinos a utilizam com frequência em situações de emergência.

Em regiões tropicais onde se predominam elevadas temperaturas, a evaporação cutânea é o principal meio de dissipação do calor, respondendo aproximadamente por 85% da perda de calor latente enquanto o restante é perdido por evaporação respiratória (MAIA et al., 2005).

Segundo Dalcin (2013), o principal mecanismo para sobrevivência em altas temperaturas é a troca de calor latente, onde ocorre a perda do calor através de processo evaporativo. Todavia, quando um animal é submetido a temperatura e umidade ambientes elevados, acontecerá uma condensação imediata na superfície da pele levando a uma troca de calor inversa mantendo o calor dentro do corpo do animal (KNUT, 2013).

De acordo com Ferreira et al. (2006), conforme a temperatura do ar e umidade relativa do ar ultrapassam a medida de conforto térmico, a sensibilidade dos bovinos ao estresse calórico aumenta, dificultando a eliminação do calor pelo animal com consequência negativa sobre o desempenho (produção, reprodução e eficiência). De acordo com o mesmo autor, o estresse calórico causa modificações na homeostase podendo ser estimado mediante aferição de variáveis fisiológicas como frequência respiratória, temperatura retal, e concentrações hormonais, sendo que para se avaliar a capacidade dos animais de resistir a esse estresse térmico são avaliadas fisiologicamente através de alterações na frequência respiratória e temperatura retal.

3.4.2 Zona de conforto térmico

O ambiente térmico animal sofre enorme influência de alguns fatores como latitude e longitude, altitude, vegetação e fatores climáticos como temperatura do ar, umidade do ar, radiação solar, grau de nebulosidade, velocidade dos ventos e pluviosidade, sendo que todos esses elementos atuam de maneira simultânea no ambiente e conseqüentemente nos animais. Com isso, pode-se dizer que um ambiente térmico animal é caracterizado pelo envolvimento dos efeitos desses elementos, podendo ser definido por uma única variável chamada de temperatura efetiva (CASTANHEIRA, 2009; BAÊTA; SOUZA, 2010).

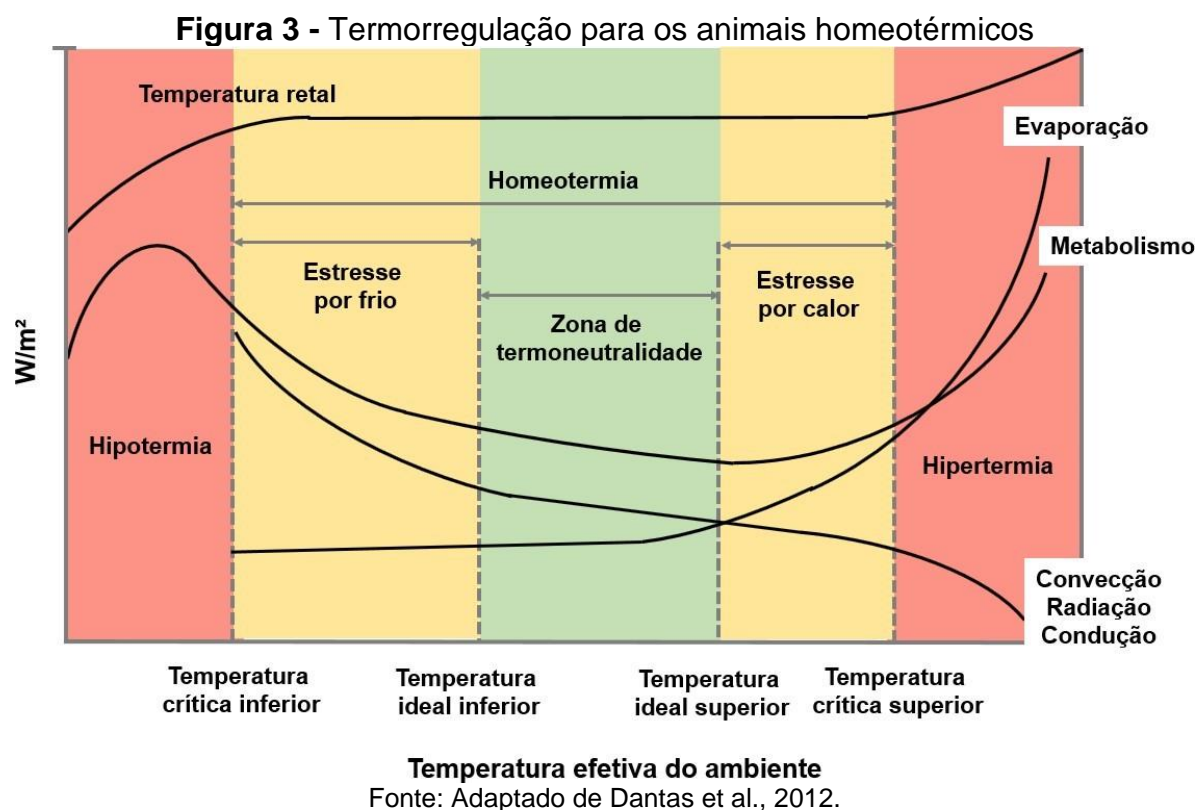
A zona de conforto térmico (ZCT) ou termoneutralidade pode ser definida como uma condição onde o animal consegue manter a temperatura corporal constante com mínimo esforço dos mecanismos termorregulatórios (BAETA; SOUZA, 1997). Nesta condição, o animal não desenvolve estresse nem por frio ou calor, o gasto fisiológico é insignificante, o aproveitamento da energia provinda da alimentação é máximo, a temperatura corporal, a frequência respiratória e o apetite são normais, o gasto energético para se manter é mínimo e os níveis de produção são elevados (CASTANHEIRA, 2009).

A ZCT varia de acordo com as espécies e raças e está compreendida entre a temperatura crítica superior (TCS) e a temperatura crítica inferior (TCI). Temperaturas acima da TCS ou abaixo da TCI podem iniciar reações fisiológicas e comportamentais podendo até levar os animais ao óbito por hipertermia ou hipotermia, respectivamente (MARTELLO, 2006).

Não existe um consenso entre os autores a respeito dos valores desses limites. No que diz respeito aos bovinos, há diferenças nos limites das zonas de conforto térmico, onde os animais de origem indiana (*Bos taurus indicus*) são mais resistentes ao calor do que os de origem europeia (*Bos taurus taurus*) (PEREIRA, 2005).

Segundo Nãas (1989), a ZCT estaria entre 4 e 24 °C, podendo diminuir para 7 e 21°C dependendo da umidade relativa do ar e radiação solar, enquanto Baêta e Souza (2010) consideram a faixa de 5 a 25 °C como sendo a ZCT.

Quando a temperatura ambiente está abaixo da TCI (5°C) o sistema nervoso central dos bovinos ativa mecanismos fisiológicos de controle térmico como a produção de energia térmica corporal (termogênese) sendo que ocorre vasoconstrição que diminui a circulação sanguínea superficial e, conseqüentemente, a transferência de energia térmica do interior do corpo para o ambiente (SILVA, 2000a; BAÊTA; SOUZA, 2010). Quando a temperatura ambiente se encontra acima da TCS (25 °C), os mecanismos de perda de calor (termólise) são acionados aumentando a dissipação de calor corporal para o ambiente através vasodilatação, da sudorese e da ofegação (Figura 3) (BAÊTA; SOUZA, 2010).



Na figura 3, a faixa verde em evidência, é onde os bovinos encontram-se dentro da zona de termoneutralidade, em conforto térmico, onde não demandam dos mecanismos fisiológicos para permanecerem em equilíbrio térmico (BAÊTA; SOUZA, 2010; POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017).

As faixas destacadas em amarelo representam zonas de estresse por frio e por calor, onde para manter a homeostase o bovino necessita utilizar de recursos energéticos. Esses recursos localizam-se nos centros termorreguladores do hipotálamo, sendo classificados como autônomos, adaptativos ou comportamentais (SILVA, 2000).

Conforme Baêta e Souza (2010), as faixas em vermelho destacam casos de hiper e hipotermia que podem colocar os bovinos em situações críticas de sobrevivência, podendo levá-los à óbito. Tais casos podem se tornar mais agudos conforme o tempo de exposição dos bovinos a essas ondas de calor que são recorrentes em países tropicais podendo interferir no desempenho e na mortalidade (CASTRO, 2019).

3.4.3 Estresse térmico

A seleção intensa para produção de leite aumentou a sensibilidade ambiental dos animais e, atualmente, o estresse térmico é um problema caro na pecuária leiteira (NEGRI et al., 2021). A produção leiteira possui como principal desafio em sua atividade a temperatura elevada, uma vez que o clima no Brasil passa por oscilações durante o ano todo, atingindo temperaturas de até 38 °C, fator este indesejado para a bovinocultura de leite (VITOR NETO et al., 2021). A associação entre os fatores climáticos e o animal são a base da bioclimatologia, que busca oferecer condições ambientais que possam fazer os animais exprimirem suas características genotípicas e conforto fisiológico, baseando-se na compreensão do clima e seus efeitos e nas limitações sobre a exploração racional dos animais (PEREIRA, 2005).

De acordo com Carrasco e Van de Kar (2003) alterações ambientais podem ocasionar desequilíbrios dos animais com o meio onde se encontram sendo que esta resposta ocorre de forma individual. Logo, o estresse desencadeia a liberação de vários hormônios levando a mudanças de comportamento e nas funções orgânicas, sendo essas reações uma resposta coordenada do organismo a agentes estressores.

Os bovinos são animais homeotérmicos e possuem temperatura corpórea de 37 °C à 39 °C, frequência cardíaca de 40 a 80 pulsações por minuto e frequência respiratória que varia de 10 a 30 movimentos por minuto em condições normais (HEAD, 1995).

Um ambiente desconfortável, estressante, pode levar o animal a provocar várias respostas dependendo de sua capacidade em se adaptar. Pode ocorrer de o animal manter todas suas funções vitais, ou seja, manutenção, reprodução e produção e, em outras situações pode determinar o que é ou não prioridade para ele. Vale destacar que entre as funções vitais, a prioritária é a manutenção pois dela depende sua sobrevivência, mas conforme o ambiente vai se tornando mais hostil, todas as funções vão sendo suprimidas (MULLER, 1989).

Em se tratando de condições ambientais, o estresse térmico pode ser entendido como um fator que age sobre um animal levando-o a desencadear uma resposta fisiológica com força proporcional a aplicada sobre ele e a sua capacidade em compensar os desvios causados por esta força (SILVA, 2000). O estresse térmico pode ser influenciado por diversos fatores, sendo os principais a temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, vento, temperatura corporal e intensidade/duração

do agente estressor, que pode levar a diminuição da produtividade e a distúrbios reprodutivos (PERISSINOTTO, 2003).

As elevadas temperaturas interferem diretamente na produção dos bovinos leiteiros de modo que lançam de artifícios fisiológicos com o intuito de diminuir a produção de calor metabólico reduzindo a ingestão de alimentos e conseqüentemente a produção de leite. Assim, como o conforto térmico faz parte do conceito de bem-estar animal que pode influenciar na produção, o mais expressivo fator a ser contornado em países tropicais como o Brasil são os efeitos climáticos diminuindo o sofrimento dos animais com o enorme ganho de calor do ambiente (ARANHA et al., 2019).

O estresse térmico pode ocorrer num intervalo de um a vários dias, podendo se prolongar por longos períodos sendo que além da temperatura ambiente e umidade relativa do ar, a raça do animal, idade, lactação e sua produção também podem ter influência em seu surgimento (HERBUT et al., 2018).

O grau do estresse térmico induz os animais a modificarem seus hábitos alimentares, diminuindo a ingestão de matéria seca e a absorção de nutrientes, diminuindo assim o calor metabólico (KADZERE et al., 2002; SHWARTZ et al., 2009). Logo, os mecanismos fisiológicos agem rapidamente na manutenção termorregulatória o que resulta num balanço energético negativo reduzindo a disponibilidade de nutrientes e energia para a produção e reprodução (BERNABUCCI et al., 2010; BAUMGARD; RHOADS, 2013).

Dentre os parâmetros fisiológicos sobressaem a frequência respiratória e a temperatura corporal cujas oscilações sofrem influência de variáveis intrínsecas ao animal como raça, idade e estado fisiológico ou por variáveis extrínsecas como horário, consumo de alimentos e de água, temperatura ambiente, velocidade do vento e estação do ano) (PERISSONOTO et al.; 2009; INDU; PAREEK, 2015).

Diante do estresse térmico, os bovinos desencadeiam uma resposta fisiológica onde o animal se utiliza de mecanismos termorreguladores na tentativa de dissipar o calor. Os mecanismos inicialmente utilizados são a vasodilatação, a sudorese e a respiração, sendo que o primeiro sinal que se observa é o aumento da frequência respiratória. Quando a temperatura ambiente se soma a temperatura metabólica, o que se observa é um aumento da temperatura retal e sudorese com a finalidade de eliminar o excesso de calor (RESENDE et al., 2021).

Já em relação aos mecanismos comportamentais, esses ocorrem com a finalidade de diminuir a produção de calor do animal ou promover sua perda, tudo com o intuito de não aumentar o calor corporal. Dentre essas mudanças de comportamento podemos citar a alteração do padrão de postura, movimentação e alimentação (LEME et al., 2005).

3.4.4 Respostas fisiológicas ao estresse calórico

Segundo Dalcin (2013), o estresse térmico causa mudanças na homeostase sendo mensurado através de variáveis fisiológicas tais como, temperatura retal, frequência respiratória e concentrações hormonais.

O hipotálamo é o principal termorregulador do organismo dos animais e através de uma sequência de mecanismos se observa a ativação hormonal e do sistema nervoso autônomo com a finalidade de preservar a integridade do organismo, assegurando a homeostasia (PIRES et al, 1999; RODRIGUES, 2006).

A frequência respiratória (FR) é uma forma do animal eliminar o calor corporal através da evaporação, sendo que o primeiro sinal visível em virtude do estresse calórico é a taquipneia, embora a sequência de mecanismos utilizados pelos animais para sua adaptação fisiológica seja a vasodilatação periférica, o aumento da sudorese e somente depois a taquipneia (BACCARI, 2001).

A FR pode sofrer variações intrínsecas e extrínsecas, sendo as intrínsecas relacionadas a idade, raça, estado fisiológico e as extrínsecas relacionadas a fatores como hora do dia, ingestão de alimentos e de água, temperatura ambiente, velocidade do vento e estação do ano que podem também ter relação com a temperatura corporal (PERISSINOTTO et al., 2009).

Segundo relatos de Martello, (2006), de acordo com a intensidade e duração do estresse calórico, a FR pode aumentar ou diminuir. Ferreira et al. (2006) afirmaram que em bovinos adultos os valores médios da FR podem variar de 24 a 36 movimentos respiratórios por minuto podendo ter uma amplitude de 12 a 36 mov/min. A partir de 12 mov/min já caracteriza carga excessiva de calor, sendo que acima de 160 mov/min medidas devem ser tomadas para diminuir essa carga sendo que acima de 60 mov/min seria a carga máxima que o animal suportaria (HAHN; MADER, 1997).

O início da troca de calor por meio da evaporação da umidade do sistema respiratório se dá pela ofegação (DALCIN, 2013). Segundo Cattelam et al. (2013) o

bovino ofegante apresenta um aumento de sua taxa metabólica, gasta mais energia, podendo apresentar acidose respiratória e alterar o seu comportamento.

A temperatura retal é outro indicador de estresse térmico, sendo o último mecanismo fisiológico utilizado pelo animal na tentativa de estabelecer a homeostase já que os outros não foram suficientes para a dissipação do calor (SCHARF et al., 2008). Silva (2008) declarou que a temperatura não é uniforme em todo o corpo, variando de acordo com a atividade metabólica dos diversos tecidos de cada região anatômica.

De acordo com Head (1995) os bovinos possuem temperatura corpórea variando de 37 °C a 39 °C. Já segundo Cattellam (2013), para bovinos leiteiros, a TC varia de 38 °C a 39,3 °C, sendo que medidas de TR acima de 39 °C, são negativamente correlacionados com a produção de leite.

Dikmen e Hansen (2009) demonstraram a importância da associação de variáveis ambientais com a temperatura retal (TR) para retratar a magnitude do estresse calórico a que os animais podem estar submetidos. Na Tabela 3, pode-se verificar a associação dessas variáveis fisiológicas com o nível de estresse térmico dos animais.

Tabela 3 - Variáveis fisiológicas e níveis de estresse em bovinos leiteiros

FR	TR	Nível de estresse
23/min	38,3°C	Não há estresse nenhum
45 a 65/min	38,4 a 38,6°C	O estresse está sob controle; o apetite, a reprodução e a produção estão normais.
70 a 75/min	39,1°C	Início do estresse térmico; menor apetite, mas a reprodução e a produção estão estáveis.
90/min	40,1°C	Estresse acentuado; cai o apetite, a produção diminui, os sinais de cio diminuem.
100 a 120/min	40,9°C	Estresse sério; grandes perdas na produção, a ingestão diminui 50% e a fertilidade pode cair para 12%.
> 120/min	> 41°C	Estresse mortal; as vacas expõem a língua e babam muito, não conseguem beber água e se alimentarem.

FR = frequência respiratória; TR= Temperatura Retal

Fonte: Adaptado de Pires e Campos, 2004.

Em relação a frequência cardíaca, considerada fisiologicamente normal para vacas leiteiras situa-se entre 48 a 84 batimentos por minutos (CUNNINGHAM, 2004).

A superfície corporal representa a separação entre o ambiente e o corpo dos animais, influenciando diretamente nas trocas térmicas. Ela possui diferentes temperaturas conforme a região anatômica e as influências do ambiente externo (SIMÕES, 2014).

A temperatura da superfície corpórea auxilia na manutenção da temperatura corporal através de trocas de calor com o ambiente, dependendo principalmente, das condições ambientes de umidade e temperatura do ar e vento, e das condições fisiológicas, como vascularização e evaporação pelo suor (DANTAS, 2012). De acordo com Simões, (2014), essas trocas térmicas acontecem através dos mecanismos de condução, convecção e radiação.

Em relação aos parâmetros hematológicos, os mesmos são considerados importantes ferramentas de avaliação do estado de saúde dos animais e também para o nível de estresse térmico ao qual está sendo submetido (ROBERTO et al. 2010).

Uma ferramenta bastante utilizada na avaliação dos diagnósticos de doenças e a capacidade de adaptação dos animais em relação ao ambiente ao qual estão inseridos é o hemograma devido ao fato do sangue estar diretamente envolvido nos mecanismos de perda de calor (SILVA et al., 2010).

Dalcin (2013) relata que variações nos valores do hematócrito, quantidade de leucócitos em circulação, conteúdo dos eritrócitos e teor de hemoglobina nos eritrócitos, representam alterações quantitativas nas células sanguíneas que estão associadas ao estresse térmico.

Conforme a temperatura do ambiente vai aumentando, o animal vai perdendo líquido pelo sistema respiratório contribuindo para a diminuição do volume plasmático do sangue aumentando assim a concentração de hematócrito (SOUZA et al., 2011).

Segundo Nunes et al. (2002) quanto maior a solicitação física do animal, maior será o valor do hematócrito devido a perda de líquidos através da forma evaporativa. Pesquisa realizada por Ferreira et al. (2009), onde foi estudado os valores para eritrócitos, hemoglobina e hematócrito de bovinos antes (manhã) e após (tarde) o estresse calórico, no inverno e no verão, mostraram níveis maiores no período da manhã. Pesquisas realizadas para avaliar os efeitos das épocas do ano sobre os níveis de hematócritos demonstraram que nas épocas mais quentes do ano há um aumento desses valores (SILVA, 2006).

3.4.5 Respostas comportamentais ao estresse calórico

O comportamento animal nada mais é que uma adaptação do mesmo em relação ao ambiente em que se encontra inserido, considerando-se as variáveis

climáticas e ambientais. Logo, conforme as alterações e condições ambientais, suas respostas podem estar diminuídas ou aumentadas (MATARAZZO, 2004).

Essas mudanças de comportamento se dão com o objetivo de diminuir a produção de calor ou promover a sua perda, evitando um aumento do calor corporal. Essas mudanças referem-se à alteração do padrão usual de postura, movimentação e alimentação (LEME et al., 2005).

Os bovinos que encontram-se sob estresse térmico apresentam mudanças comportamentais sendo observado um aumento na ingestão de água e diminuição da ingestão de alimentos (RODRIGUES, 2021), diminuição da ruminção (PIRES; CAMPOS, 2008), diminuição do pastoreio diurno e aumento do pastoreio noturno e tempo de ócio (COSTA, 2000). Pires (1998) observou outras mudanças de comportamento dentre elas busca pela sombra, distensão dos membros buscando aumentar a superfície de troca, procura por pisos frios e molhar a superfície corporal.

A alimentação é um fator que compõem o estresse calórico, pois está diretamente associada ao metabolismo energético e produção de calor para manutenção e produção do animal. De acordo com West (2003), o hipotálamo é estimulado pelo estresse térmico fazendo com que o animal se sinta saciado inibindo sua fome, induzindo a diminuição do consumo de alimento.

Segundo relata Dalcin (2013), quando o bovino encontra-se em condições de estresse térmico, ocorre uma diminuição no consumo de matéria seca em até 55% e o aumento de 7 a 25% nas exigências de manutenção, sendo que a homeotermia tem prioridade em relação a produção de leite. Deve-se levar em conta as alterações de comportamento, onde a procura por sombra e aumento da ingestão de água e da ofegação concorrem com a ingestão de alimentos; quanto maior a ingestão de água menor será o apetite; a ofegação impede a ingestão e a diminuição da alimentação está relacionada ao menor incremento calórico. A principal responsável pelos efeitos do estresse térmico sobre a produção de vacas leiteiras é a mudança nos hábitos alimentares, sendo que na busca por eliminar calor, a vaca pode utilizar até 20% da sua energia corporal que seria utilizada na produção de leite.

Ainda segundo Dalcin (2013), a principal influência do estresse térmico sobre a produção de leite é exercida através da redução no consumo de alimentos e consequente redução da ingestão de energia metabolizável. A diminuição na alimentação ocasiona um menor fluxo de sangue à veia porta (fígado) e à glândula mamária, logo uma menor quantidade de nutrientes e de energia ficarão disponíveis

para a produção de leite. Quanto mais produtiva for uma vaca leiteira, mais suscetível estará em relação aos efeitos prejudiciais da restrição alimentar, da desordem nutricional e dos problemas metabólicos, como a acidose metabólica e estresse calórico, pois necessita de uma maior exigência nutricional, maior mobilização tecidual para a síntese láctea e valores menores de temperatura crítica superior.

Abreu et al., (2011) e Brasil et al., (2000), verificaram que o estresse térmico em vacas leiteiras podem levar a alterações nas características do leite como diminuição da estabilidade do leite no teste do álcool e no teste de coagulação, e também uma diminuição nos níveis de gordura, de proteína, de lactose e de sólidos totais.

Outro fator que deve ser estudado diante do estresse calórico é a reprodução. Bons índices reprodutivos são desejados em qualquer propriedade leiteira. Em regiões de clima tropical a diminuição dos índices reprodutivos é uma realidade (AZEVEDO; ALVES, 2009), podendo ocasionar casos de subfertilidade e infertilidade (COSTA-SILVA et al., 2010).

As consequências danosas do estresse calórico na função reprodutiva ocorrem em virtude das alterações fisiológicas presentes na homeotermia. O que acontece é que o funcionamento dos tecidos do sistema reprodutivo ficam prejudicados em situações de elevação da temperatura corpórea, em especial o tecido embrionário durante a fase de implantação (HANSEN, 2007).

O estresse térmico leva a vaca leiteira a diminuir a expressão do cio, o que leva o inseminador a ter dificuldades para identificar o mesmo, além de ocorrer falhas na maturação dos folículos e ovulação (HANSEN, 2004). Ferro et al. (2010), relata que também podem ocorrer mudanças nos níveis dos hormônios gonadais, levando a diminuir a manifestação do estro, menor taxa de concepção, abortos e até mortalidade dos embriões.

Hafez (1975) explica que a redução da atividade física das vacas leiteiras, as alterações das taxas plasmáticas de estrógeno, progesterona, corticoides e a liberação de LH podem levar a diminuição, duração e intensidade da demonstração de cio, cio silencioso e anestro, cio anovulatório e ovulação retardada, sendo que o estresse calórico nos períodos mais quentes do ano podem aumentar a taxa de falhas na detecção do cio em até 80% devido ao fato do calor reduzir a duração do cio e o número de montas (HANSEN, 2007; THATCHER, 2010). O calor excessivo também é responsável pelos oócitos, espermatozoides e o embrião não serem capazes de manter suas funções normais.

Em relação ao crescimento corporal, o mesmo também é influenciado pelo ambiente onde o animal está inserido. Segundo Muller (1989), em raças européias não adaptadas ao excesso de calor, pode ocorrer produção de bezerros pequenos com frequência. Em temperaturas acima de 24 °C ocorre diminuição do crescimento de bezerros, sendo que acima de 32 °C esse crescimento para. Também pode ocorrer altas taxas de morte de bezerros pois os mesmos não possuem capacidade termorregulatória até a 2ª semana de vida.

Além de alterar as características fisiológicas e comportamentais dos animais, o estresse térmico também pode levar a alterações em suas características genéticas (PIRES, 2021). Essas mudanças em virtude da exposição dos animais a temperaturas elevadas, levam ao comprometimento dos índices de produção causando perdas ao sistema produtivo agropecuário (BROWN-BRANDL, 2018).

Todavia, a utilização de raças adaptadas a climas quentes são uma opção para aumentar a produção em regiões de alta temperatura. Sendo assim, a adaptação fisiológica somada a expressão gênica induzida pelo estresse térmico tem sido pesquisada com o intuito de compreender a resposta dos animais buscando a melhor opção para o cruzamento entre raças de gado com a finalidade de obter a maior produtividade em condições climáticas adversas (NARANJO-GÓMEZ et al.).

3.4.6 Índices de conforto térmico

Com a finalidade de determinar os efeitos do estresse térmico nos animais, foram desenvolvidos índices de conforto térmico levando-se em consideração variáveis climáticas e/ou fisiológicas (BOHMANOVA et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2013), ajudando produtores e pesquisadores a encontrar os melhores meios para reduzir o estresse térmico dos animais e qual a melhor época que essas medidas poderão ser implementadas (MORAES JÚNIOR et al., 2010; BERMAN et al., 2016).

Seja qual for o estudo que trate de respostas fisiológicas dos animais ao ambiente ou os impactos do ambiente na eficiência, conforto e bem-estar animal, é inevitável a exigência de se expressar numericamente em uma única variável o ambiente onde os animais estão inseridos. O desenvolvimento de índices de conforto térmico para animais domésticos deve levar em consideração quatro parâmetros inter-relacionados, como temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação do ambiente que retratam o ambiente térmico.

Com o intuito de facilitar a comparação de diferentes ambientes, esses quatro fatores podem ser expressos através de índices. Diversos índices térmicos ambientais foram propostos com a finalidade de se avaliar as condições climáticas de uma região com as exigências dos animais (ABREU et al., 2008; Souza et al., 2010). Dentre os índices propostos na literatura, destaca-se o índice de temperatura e umidade (ITU) e o índice de temperatura do globo e umidade (ITGU).

3.4.6.1 ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU)

Segundo Souza et al. (2015) o conforto térmico dos bovinos pode ser avaliado e aferido, levando-se em conta o efeito ambiente, através de um índice que combina a temperatura do ar, umidade relativa do ar e da temperatura do ponto de orvalho, sendo denominado de Índice de Temperatura e Umidade (ITU).

$$ITU = Ta + 0,36Tpo + 41,5 \text{ onde}$$

Ta: temperatura do ar (°C)

Tpo: temperatura do ponto de orvalho (°C)

O ITU foi desenvolvido por THOM (1959) inicialmente para uso em humanos. Posteriormente foi observado por Johnson et al. (1962) e Cargill e Stewart (1966) uma diminuição significativa na produção de vacas de leite em virtude do aumento do valor de ITU. Inúmeros autores já comprovaram que devido considerar apenas a temperatura e umidade do ar, este índice mostra uma limitação em representar de maneira mais abrangente as condições ambientais em que vivem os animais. Apesar disso, o ITU é até hoje um dos índices mais utilizados em pesquisas sobre conforto térmico sendo amplamente utilizado como instrumento de observação, experimentação e análise do comportamento de vacas leiteiras sob estresse térmico (TONELLO, 2011; MANOHARAN, 2020).

Segundo Herbut et al. (2018), não há um consenso entre os autores sobre os valores críticos de ITU. De acordo com os valores obtidos, Pires e Campos (2004) recomendam a seguinte classificação; Menores ou igual a 70: normal, ausência de estresse (os animais estão situados numa faixa de temperatura e umidade ideal para seu desempenho produtivo); 70 a 72: situação de alerta (as condições climáticas estão no limite para o bom desempenho produtivo); 73 a 78: situação de alerta e os animais estão acima do índice crítico para a produção de leite (aqui o desempenho

produtivo está comprometido); 79 a 82: condição de perigo (todas as funções orgânicas dos animais estão comprometidas); Acima de 82: estado de emergência (providências urgentes devem ser tomadas).

Outros pesquisadores relatam outros valores para ITU. Thatcher et al. (2010) reportam valores maiores, onde ITU menor que 72 corresponde a faixa de termoneutralidade para bovinos, e apenas quando o ITU for maior que 88 é que pode ser classificado como estado de emergência. Já Campos et al. (2002), analisando os valores críticos para vacas em lactação, notaram que valores menores que 70 não comprometiam o conforto térmico, entretanto quando o valor do ITU foi maior que 75 causou diminuição na produção de leite e ingestão dos alimentos.

Todavia, novas pesquisas vêm apontando que quando o ITU é de aproximadamente 68, vacas de alta produção já começam a reduzir a produção de leite. Esses valores foram determinados por Zimbelman et al. (2009) e confirmados por Dalcin (2013), os quais relataram que vacas Holandesas entram em estresse térmico com ITU abaixo de 72. Por desconsiderar fatores relevantes como: adaptação ao clima e nível de produção do animal, resfriamento devido a velocidade do vento e proporção de calor absorvido pelos animais através radiação solar, o ITU não pode demonstrar completamente o grau de estresse térmico em climas tropicais (TITTO, 2010; DAVIS et al., 2003).

3.4.6.2 ÍNDICE DE TEMPERATURA DO GLOBO E UMIDADE (ITGU)

Outro índice bastante utilizado para analisar o nível de estresse térmico a que os animais estão submetidos é o ITGU. O índice de temperatura do globo e umidade foi desenvolvido por Buffington et al. (1981) sendo utilizados em situações em que os bovinos leiteiros se encontram expostos a radiação solar direta e indireta. Diferente do ITU, os autores utilizaram a fórmula de cálculo do ITU substituindo a temperatura ambiente, ou temperatura de bulbo seco, pela temperatura de globo negro, no sentido de avaliar melhor o ambiente em que os animais estão inseridos (GARCIA, 2017).

Bohmanova et al. (2007) destacam que diferente do ITU que exprime a combinação de temperatura e umidade do ar, o ITGU utiliza, além desses dois parâmetros, a radiação solar.

A equação que descreve o ITGU é:

$$\text{ITGU} = T_g + 0,36 T_{po} + 41,5$$

Onde: T_g = temperatura do termômetro de globo negro, °C;

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho, °C.

De acordo com o *National Weather Service – USA*, os valores de ITGU e seus confortos térmicos são: até 74, animal em conforto térmico, 74 a 79 indica situação de alerta, 79 a 84 significa estado de perigo, e acima de 84 estado de emergência. Classificação a qual é muito similar, mas não tão controversa quanto a de ITU (BAÊTA, 1985).

Em 1932, Vernon propôs a utilização de um globo oco, pintado de preto, no interior do qual foi colocado um termômetro para medir sua temperatura interna. De acordo com o autor, a temperatura indicada pelo globo proveria a estimativa dos efeitos combinados da energia radiante procedente do meio, em todas as direções possíveis, da temperatura do ar e da velocidade do vento, dando assim uma medida de conforto térmico proporcionado pelo ambiente nestas condições (SILVA, 2008; ALMEIDA, 2010).

3.4.6.3 ÍNDICE DE DESCONFORTO HUMANO (IDT)

Dentre os principais aspectos da existência humana, o trabalho ocupa destaque no cotidiano das pessoas, constituindo-se num dos principais sentidos da vida (TONIEL, 2004). Normalmente as pessoas dispõem muito tempo na sua atividade, o que pode levar a sobrecargas no local de trabalho tanto físicas quanto psíquicas. Isto pode ocorrer em várias atividades, dentre elas o trabalho agropecuário. De acordo com a Organização Internacional do Trabalho (OIT), o trabalho rural destaca-se como uma das atividades de maior risco ocupacional.

As atividades desempenhadas pelo trabalhador rural variam muito, sendo que ele pode trabalhar sob condições climáticas adversas em jornadas de trabalho que podem ultrapassar 12 horas diárias, com frequência de até sete vezes na semana (ALMEIDA; VEIGA, 2010).

Nas regiões de clima tropical, um dos maiores problemas das instalações rurais são relativos à problemas térmicos causados pela ação de fatores meteorológicos, dissipação de energia por máquinas, equipamentos, animais e pessoas que trabalham nestes ambientes, somados a temperatura e umidade do ar elevadas e à baixa

velocidade do ar, aumentando o estresse térmico das pessoas que ali trabalham (CARNEIRO et al., 2015).

No Brasil, é comum encontrar-se condições ambientais bastante úmidas e temperaturas que ultrapassam 40°C nas regiões mais quentes do país. A realização de atividades em localidades de clima quente e úmido é mais difícil do que as mesmas atividades realizadas sob condições mais amenas. Por isso, já se pode considerar que o processo de trabalho rural em países de clima quente úmido seria bastante insalubre, podendo trazer sérias consequências negativas à saúde do trabalhador.

A sensação de bem-estar vivenciada por uma pessoa ocorre devido ao conforto térmico do ambiente onde se encontra, sendo que essa sensação de bem-estar é subjetiva pois o que é confortável para uma pessoa pode ser desconfortável para outra (RUAS, 1999).

Quando comparada a ambiência animal, observa-se que poucos estudos têm sido conduzidos em relação à ambiência do trabalhador rural, sendo que é sabido que temperaturas e umidade relativa do ar elevadas causem desconforto térmico para os seres humanos levando a problemas na saúde dos trabalhadores interferindo no rendimento e risco de acidentes (OLIVEIRA et al., (2006).

No meio rural os trabalhadores estão sujeitos a inúmeros riscos de acidentes e doenças do trabalho. O trabalho no meio rural possui peculiaridades particulares como variedade de atividades, dispense muito esforço físico, o trabalhador fica sujeito a intempéries climáticas e também a necessidade da adoção de posturas de constrangimento físico (GEMMA et al., 2004). Todos esses fatores de risco ocupacionais podem levar a problemas de saúde e a diminuição no desempenho funcional do trabalhador rural, desenvolvimento de distúrbios posturais compensatórios e a curto ou longo prazo podem levar ao afastamento do trabalho.

lida (2012) afirma que estas condições desfavoráveis do trabalho no campo representam um conjunto de riscos ocupacionais de diferentes gravidades. Durante o desenvolvimento de suas atividades pode-se dizer que o maior risco ocupacional que o trabalhador rural está sujeito são as posturas inadequadas adotadas devido a exigência de esforços físicos contínuos envolvendo o corpo do mesmo, de sua ocupação e de seu ambiente de trabalho, onde problemas osteomusculares podem surgir com o decorrer do tempo em decorrência de más posturas e condições climáticas adversas como temperaturas elevadas ou muito baixas.

No que se refere ao trabalho rural, a pecuária ocupa uma posição de alto risco a saúde do trabalhador relacionados a lesões, em virtude de os mesmos estarem expostos a lesões, ambientes insalubres devido emissão de gases, excesso de ruídos, radiações e excrementos de animais e sobrecarga física (NÄÄS et al., 2007; MENEGALI et al., 2009).

O homem é um animal homeotérmico, ou seja, através de mecanismos fisiológicos busca manter a temperatura interna entre 36,5 °C e 37,5 °C, independente das condições climáticas. Temperaturas corporais fora dessa faixa afetariam a condição física e mental, levando a problemas fisiológicos e patológicos. Pesquisas sobre conforto térmico para humanos têm sido feitas com o objetivo de analisar e estabelecer as condições necessárias para que o homem se sinta termicamente confortável tanto no ambiente familiar, como no social e no de trabalho, com o objetivo de buscar otimização de sua performance ou rendimento físico e/ou intelectual. Pesquisas mostraram que alguns fatores são cruciais nos estudos sobre conforto térmico para humanos, sendo que entre eles está a satisfação de sentir-se termicamente confortável e a performance humana, através da demonstração que o desconforto causado pelo calor ou frio reduz seu desempenho (BRACARENSE et al. 2018).

De acordo com Lamberts e Xavier (2002), para que um ambiente térmico seja considerado adequado para o homem desenvolver suas atividades, o mesmo deve passar por avaliação através da análise de parâmetros para se determinar o desconforto ou conforto térmico. Os meios para se determinar um estado térmico, seja ele estresse, desconforto ou conforto, através das condições climáticas de um ambiente, são de extrema importância para que o trabalhador desempenhe suas funções, onde uma pessoa que trabalha dentro de uma condição térmica adequada alcança um elevado grau de disposição e produção. Com o intuito de avaliar o conforto de ambientes, nos dias de hoje existem métodos que, empregando variáveis meteorológicas a fim de analisar o conforto de ambientes, possibilitam a definição de níveis de estresse térmico. Dentre as variáveis mais comuns utilizadas, estão a temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade relativa, velocidade do ar e energia radiante (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2015).

Ainda segundo Oliveira et al. (2006), dentre os vários índices de conforto térmico existentes com o intuito de se expressar num único parâmetro os efeitos das variáveis meteorológicas e do ambiente, para o homem podemos destacar o índice

de desconforto térmico, o índice de bulbo úmido e temperatura do globo e o próprio índice de temperatura e umidade.

Para a avaliação das condições de conforto térmico existe o índice de Thom com suas faixas térmicas adaptados por Santos (2011), que utiliza da mensuração do desconforto. O índice de desconforto térmico (IDT) oferece uma medida razoável do grau de desconforto para várias combinações de temperatura e umidade relativa do ar, expresso em graus Celsius, e pode ser obtido pela seguinte equação:

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 UR) \cdot (T - 14,5)$$

Onde 'T' é a temperatura do ar (°C) e 'UR' é a umidade relativa do ar (%).

Na caracterização do nível de desconforto térmico, utiliza-se a classificação apresentada na tabela 4 (SANTOS, 2011).

Tabela 4 - Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom ajustado para regiões tropicais.

FAIXAS	Idt (°C)	Nível de Desconforto Térmico
1	<24	Confortável
2	24 ≤ IDT ≤ 26	Parcialmente confortável
3	26 < IDT < 28	Desconfortável
4	≥ 28	Muito desconfortável

Fonte: Santos (2011).

De acordo com Oliveira et al. (2020), estudos relacionados a saúde do trabalhador rural apontam à riscos físicos em virtude do calor, frio, vento, chuva e radiação solar além de problemas na região lombar, braços, mãos e pulsos causados pelo esforço repetitivo de se baixar e levantar constantemente e doenças respiratórias devido poeira.

Segundo Souza (2017), o conforto térmico é fundamental para se alcançar um ambiente de trabalho saudável e produtivo. Quando um trabalhador está num ambiente termicamente desconfortável, ou seja, sob estresse térmico, sua homeostase é prejudicada podendo levar a problemas indesejáveis. Com as mudanças climáticas que vêm ocorrendo, os trabalhadores rurais, entre outros, estarão sujeitos a ambientes termicamente indesejados, o que pode levar a problemas relacionados a sua saúde e capacidade de trabalho e produtividade.

Assim, estudos têm sido realizados com a finalidade de diminuir os efeitos do estresse térmico sobre os trabalhadores promovendo e preservando a saúde dos mesmos, incluindo aqui o trabalhador da pecuária leiteira (SOUZA, 2017).

3.5 ZOOTECNIA DE PRECISÃO

Sabendo que os fatores climáticos podem comprometer o ambiente onde os animais estão inseridos, o gerenciamento de dados climáticos ainda são um desafio no sentido de minimizar os efeitos do estresse térmico (KRISHNAN et al., 2017).

Visando melhoria dos fatores relacionados a ambiência e do ajuste dos sistemas de criação de animais de interesse zootécnico, observou-se a necessidade de pesquisas que associem o equilíbrio térmico dos animais mantidos sob altos níveis de radiação com o uso de aparatos que gerem a mínima perturbação possível nos animais e que quantifiquem os aspectos fisiológicos em tempo real (NASCIMENTO et al., 2017).

Ainda segundo Nascimento et al. (2017), através do monitoramento constante dos fatores fisiológicos dos animais, da utilização de ferramentas tecnológicas e do desenvolvimento de modelos preditivos, a zootecnia de precisão pode ser empregada no monitoramento de aspectos relacionados a saúde dos animais, na observação em tempo real dos animais nas instalações, proporcionando uma análise instantânea das condições de bem-estar deles.

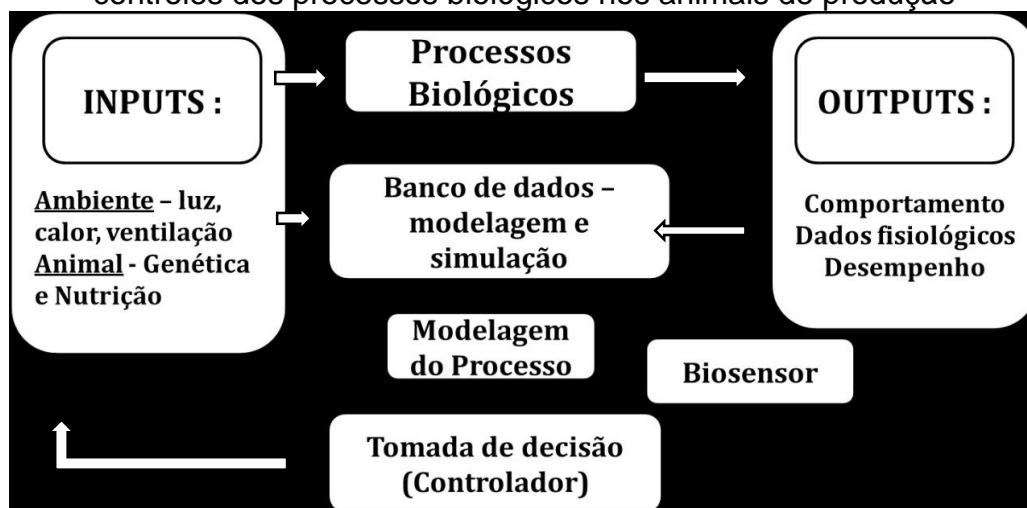
Com a finalidade de se obter um ambiente térmico ideal para os bovinos em regiões de clima quente, faz-se necessário um monitoramento adequado dos ambientes de criação devido ao fato do estresse térmico ser um dos problemas mais importantes em relação ao bem-estar dos animais de produção e para se atingir desempenhos zootécnicos satisfatórios (CRUZ et al., 2021).

Segundo Pereira (2015), a pecuária leiteira de precisão trata-se de um sistema de gerenciamento baseado em tecnologias da informação que possibilitam um maior controle das variáveis animal e espacial melhorando o desempenho da propriedade leiteira. A partir da utilização de sistemas de monitoramento através de sensores, as ferramentas de precisão são desenvolvidas com a finalidade de medir os índices produtivos, comportamentais e fisiológicos em prol da saúde, produtividade e bem-estar de rebanhos leiteiros.

O alcance de níveis zootécnicos desejáveis na bovinocultura leiteira preconiza a aplicabilidade de gestão tecnológica na propriedade, otimizando e garantindo os resultados econômicos na atividade. É notório que essa prática seja sustentada, uma vez que envolve também a expansão da produção, garantindo segurança alimentar, bem-estar animal, conservação e preservação do meio ambiente. Nesse contexto, mecanismos tecnológicos como tecnologia da informação, microeletrônica, metodologias de modelagem, monitoração de imagens, sensores e atuadores, permitem a execução de pesquisas para o desenvolvimento e aperfeiçoamento da produção, garantindo qualidade e segurança do produto ao consumidor (PANDORFI et al., 2012).

Com o objetivo de relatar os processos biológicos dos animais, Wathes et al. (2008) partiram da análise de fatores ambientais como luz, calor, ventilação e atributos genéticos e de nutrição animal, conseguindo assim retratar fenômenos biológicos e relativos a variáveis comportamentais, fisiológicas e de desempenho zootécnico (Figura 4).

Figura 4 - Componentes chaves da zootecnia de precisão para realização de controles dos processos biológicos nos animais de produção



Fonte: Wathes et al. (2008).

No Brasil, ainda encontram-se no mercado muitas tecnologias importadas de preço elevado e algumas inadequadas por não retrarem nossa realidade. Um estudo realizado no país com os cem maiores produtores de leite mostrou que os parâmetros mais mensurados pelas ferramentas de precisão são produção diária de leite (58,7%), peso corporal (28,3%), atividade de vaca (28,3%) e mastite (26,1%) (TURCO et al., 2020).

Ainda segundo Turco et al. (2020), existem atualmente no mercado inúmeras ferramentas tecnológicas sendo usadas pelos produtores em relação a respostas comportamentais, fisiológicas e de desempenho, sendo que várias outras ainda estão em fase de desenvolvimento. Dentre as que estão sendo utilizadas destacam-se as ferramentas para monitoramento de respostas comportamentais, aplicativos para dispositivos móveis, ferramentas de bioacústica, sensores de movimento, monitoração de animais através de imagens automatizadas, ferramentas para monitoramento de respostas fisiológicas e utilização de sensores de ambiência.

A intensificação na implantação de sistemas tecnológicos em uma propriedade permite por exemplo, que os equipamentos realizem o monitoramento e registrem os dados obtidos durante o processo produtivo, favorecendo a identificação precoce de fatores que possam interferir nos resultados da produção (ABREU, 2011).

As tecnologias existentes no mercado bem como outras que estão em desenvolvimento, propiciarão aos produtores e pesquisadores a tomada de decisões mais rápidas e precisas na área de ambiência, bem-estar animal e etologia (TURCO, 2020).

A utilização da zootecnia de precisão tem crescido no setor agropecuário principalmente quando se entende os benefícios que traz um maior controle e monitoramento do processo produtivo. No mercado encontram-se disponíveis diversas ferramentas inteligentes para utilização na pecuária leiteira. Entretanto, ainda há a necessidade de progressos nas pesquisas nessa área que auxiliarão para uma zootecnia mais precisa, rentável, sustentável e para seu uso em larga escala (MARTELLO, 2017).

3.6 DESENVOLVIMENTO DE SENSORES DE AMBIÊNCIA PARA BOVINOS LEITEIROS

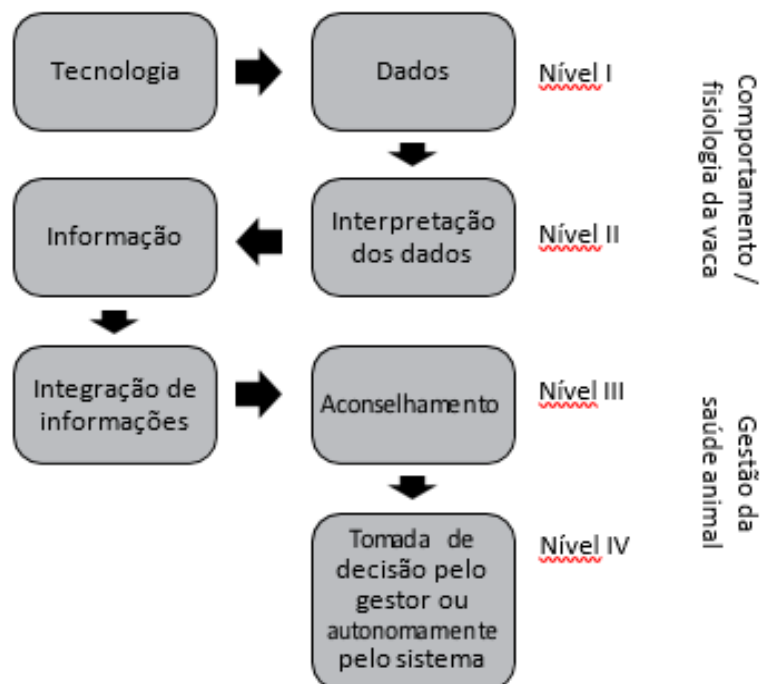
Com o aumento exacerbado dos custos de produção, especialmente dos alimentos, a bovinocultura leiteira tem passado por momentos difíceis e desafiadores levando a uma diminuição na rentabilidade da atividade. Para enfrentar essa situação torna-se necessário investimentos na tecnificação das propriedades, na utilização de animais com genética superior e no aumento da produção, sem deixar de lado sua capacidade de adaptação, eficiência reprodutiva e resistência a doenças. Espera-se com essas medidas que a atividade venha a ser mais competitiva e lucrativa frente as

outras atividades pecuárias. Em contrapartida, esse avanço dos sistemas de produção da pecuária leiteira levou os bovinos a desenvolverem maior estresse e aumento de problemas fisiológicos e infecciosos, que podem ser solucionados através da criação e desenvolvimento de tecnologias para o monitoramento da saúde dos animais (MACHADO et al., 2015).

Como o bem-estar está sendo exigido na produção animal e também nas pesquisas científicas, torna-se necessário a utilização de ferramentas tecnológicas menos ou não invasivas para as coletas e análises de dados tanto do animal como do ambiente onde está inserido. Métodos não invasivos podem ser úteis para obtenção de dados confiáveis sem interferir diretamente com os animais, evitando reações de estresse. Essas novas ferramentas tecnológicas têm como objetivo gerenciar e mensurar os indicadores comportamentais, fisiológicos e de desempenho. Estas tecnologias baseiam-se nas coletas de dados de forma automatizada, gerando banco de dados que deve ser interpretado com o intuito de promover aos usuários suporte para tomadas de decisão (PEREIRA et al., 2015).

Ainda segundo Pereira (2015), essas tecnologias podem ser retratadas em quatro níveis de desenvolvimento e utilização (Figura 5): (I) tecnologia (sensor), que gera um conjunto de dados; (II) interpretação, que resume os dados gerados pelo sensor produzindo uma informação; (III) incorporar essa informação a uma outra informação para se propor um aconselhamento; (IV) tomada de decisão por um gestor ou pelo próprio sistema.

Figura 5 - Níveis de desenvolvimento e utilização dos sistemas de monitoramento por sensores na gestão da fazenda leiteira



Fonte: Pereira et al. (2015)

Estudos científicos abordam sensores ambientais como ferramentas de controle em galpões leiteiros e até mesmo a pasto, para estudos comportamentais e de produção animal, bem como para tomadas de decisões visando um manejo mais eficiente dentro do contexto da produção animal (CASTRO JÚNIOR, 2019).

A grande variedade e diversidade de dados propiciados pelos sistemas de informação permitem uma administração e um gerenciamento das atividades mais seguro e eficiente e dentro deste contexto pode-se enfatizar a importância da coleta de dados, responsável pela entrada de dados no sistema (CRUZ et al., 2021).

Ainda segundo Cruz et al., (2021), para se conseguir valores de variáveis climáticas, existem equipamentos que são conhecidos como Dataloggers que são dispositivos eletrônicos que registram dados coletados por um período de tempo através de sensores existentes em sua plataforma e que possibilitam o cálculo de índices de conforto térmico. A coleta de dados através da tecnologia sem fio tem trazido vantagens para os gestores do sistema e em especial para agronegócio como, por exemplo, o aperfeiçoamento de processos de coleta e a avaliação rápida das respostas de ambiência em instalações animais monitoradas através de imagens e sinais bioelétricos coletados, o que tem auxiliado na identificação da quantidade de nutrientes (falta ou excesso) e as interferências causadas pelas variações climáticas nas mesmas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O equipamento/protótipo faz parte de um projeto maior encaminhado ao Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI) e com pedido de patente em 2017. O projeto denomina-se “Monitoramento eletrônico do ambiente em instalações destinadas à produção de aves, bovinos e suínos”, e a patente número BR 1020190079584 foi publicada em 18 de abril de 2019.

Desde então, os docentes do Programa de Mestrado Profissional em Produção Animal (PMPPA) da Universidade Brasil vêm desenvolvendo projetos de pesquisa com esta ideia principal, no qual são realizados experimentos para cada categoria animal, sempre aprimorando o equipamento/protótipo com a finalidade de se obter um produto comercial dentro das expectativas iniciais, e com baixo custo.

Neste contexto, no ano de 2021, o projeto “Desenvolvimento de um *datalogger*, medidor de ambiência de baixo custo para vacas leiteiras”, foi finalizado e tornou-se dissertação de mestrado concluída por discente orientado pelo mesmo grupo de pesquisa deste estudo.

No entanto, após a aplicação do protótipo a campo, foi detectada a necessidade de alguns ajustes, além de modular o protótipo para algo mais próximo ao produtor, com respostas prontas, haja visto que nem todos os produtores (principalmente os pequenos) têm conhecimentos dos índices de ambiência e do grau de estresse do animal e do ordenhador/tratador.

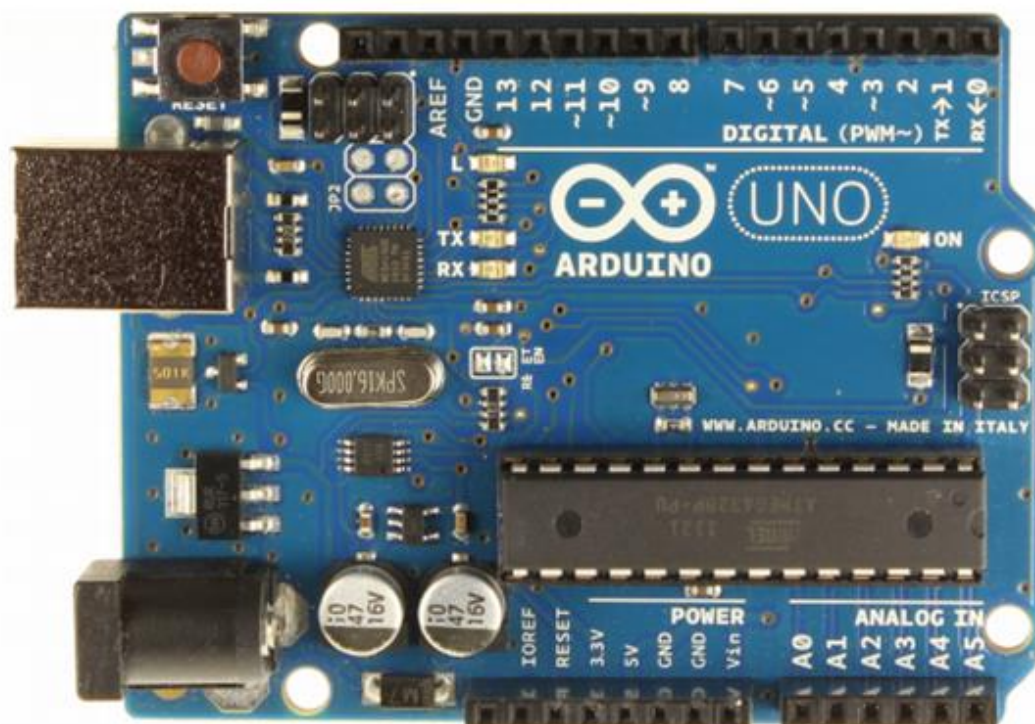
No caso do protótipo proposto para esta dissertação, o mesmo foi desenvolvido para granja de bovinos leiteiros e contou com a utilização de sensores que medem os dados biometeorológicos do local e inseridos em uma plataforma.

Pela facilidade de programação e montagem em circuitos eletrônicos a ideia inicial foi utilizar uma plataforma microcontrolada do tipo Arduino da qual adota o conceito de *hardware livre*, sendo assim qualquer pessoa pode montar, modificar, melhorar ou até personalizar esta plataforma (PORTAL EMBARCADOS, 2020).

Esta plataforma é composta por microcontrolador da marca Atmel, circuitos eletrônicos de entrada e saída de dados, além de outros componentes que facilitam o desenvolvimento de aplicações eletrônicas. A plataforma possui também uma porta USB que permite conexão fácil a um computador, e isto possibilita programá-lo de acordo com o projeto a ser desenvolvido, utilizando uma *Integrated Development*

Environment, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) gratuita que utiliza linguagem baseada em C/C++ (PORTAL EMBARCADOS, 2020) (Figura 6).

Figura 6 - Ilustração do Arduino Uno



Fonte: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/5/Artigos/129235.pdf> (2020)

Os sensores utilizados serviram para realizar as medidas de umidade relativa do ar (UR %) e temperatura ambiente ($T^{\circ}\text{C}$) e foram adquiridos comercialmente pelo Departamento do PMPPA. Para tanto, foi acoplado adicionalmente um sensor de temperatura e umidade. O sensor utilizado foi o sensor DHT22, que integra um sensor de umidade e um sensor de temperatura em um só módulo, sendo um sensor capacitivo de umidade e um termistor para medir o ar circundante. Seu limite é de temperaturas de -40 a 80°C , e umidade na faixa de 0 a 100 %. Sua faixa de precisão para temperatura é de 0,1 graus e para umidade é de 0,1 % (Figura 7).

Figura 07 – Módulo DHT 22



Fonte: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/5/Artigos/129235.pdf> (2020)

Para a medida de temperatura de globo, necessária para os cálculos de ITGU, a ideia central foi de acoplar um miniglobo negro na caixa de protótipo que se ligaria da mesma maneira que os demais sensores na plataforma microcontroladora.

Por meio das leituras dos dados desses sensores foi proposta a inserção de equações, na programação, para medidas de ambiência das quais constaram o índice de temperatura e (ITU) proposta por Thom (1959), índice de temperatura do globo e umidade (ITGU), proposta por Buffington (1981) e do índice de desconforto térmico (IDT) proposto por Thom (1959), sendo os dois primeiros recomendados para avaliar animais e o último recomendado para avaliar humanos.

As fórmulas utilizadas foram as seguintes:

$$ITU = ta + 0,36 \times tpo + 41,5$$

Onde: ta - temperatura do ar (°C) e tpo - temperatura de ponto de orvalho (°C).

$$ITGU = Tgn + 0,36 \times tpo + 41,5$$

Onde: Tgn - temperatura de globo negro (°C) e tpo - temperatura do ponto de orvalho.

$$IDT = (Ta - 0,55 \times (1 - 0,01UR)) \times (Ta - 14,5)$$

Onde: Ta é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%).

Para a interpretação do ITGU e para as faixas de respostas diretas ao produtor foram considerados os valores propostos por Armstrong (1994) do qual classificou o estresse térmico de acordo com a variação de ITU em ameno ou

brando (72 a 78), moderado (79 a 88) e severo (89 a 98). ITU abaixo de 72 caracterizaria um ambiente sem estresse por calor.

De acordo com o *National Weather Service – USA*, os valores de ITGU e seus confortos térmicos são: até 74, em conforto térmico, 74 a 79 indica situação de alerta, 79 a 84 significa estado de perigo, e acima de 84 estado de emergência. Classificação a qual é muito similar, mas não tão controversa quanto a de ITU (BAÊTA, 1985).

Os valores da temperatura de ponto de orvalho, necessários para os cálculos de ITU e ITGU, foram extraídos da tabela Manual do Observador Meteorológico, do Centro da Marinha do Brasil (2015).

Para a programação foram utilizados os valores de ITU e ITGU conforme tabela 5 abaixo:

Tabela 5 - Valores de ITU e ITGU presentes na programação

ITU		ITGU	
< 59	Alerta 1	< 74	Normal
≤ 59	Alerta 2	≥ 74 e < 79	Alerta
> 59 e ≤ 62	Alerta 3	≥ 79 e < 84	Perigo
> 62 e ≤ 74	Alerta 4	≥ 84	Emergência
> 74 e ≤ 79	Alerta 5		
> 79 e ≤ 85	Alerta 6		
> 85	Alerta 7		

Fonte: Armstrong, 1994; National Weather Service – USA; Pereira, 2015 adaptado por Zampieri, 2022

Em relação a classificação dos níveis de estresse térmico, foi utilizado a classificação conforme Tabela 6 abaixo:

Tabela 6 - Classificação dos níveis de estresse térmico presentes na programação

Tabela Classificação

1	Perigo !!!	Frio Intenso
2	Perigo !!!	Frio Intenso
3	Alerta !!!	Frio
4	Ambiente Favorave	Conforto
5	Alerta !!!	Calor
6	Perigo !!!	Calor Intenso
7	Perigo !!!	Calor Insuportável

Fonte: Armstrong, 1994; National Weather Service – USA; Pereira, 2015 adaptado por Zampieri, 2022

Os cálculos do índice de desconforto de temperatura para humanos (IDT) foram inseridos posteriormente na programação, e seguiu o preconizado por Santos (2011), conforme tabela 7 a seguir:

Tabela 7 - Valores de IDT presentes na programação

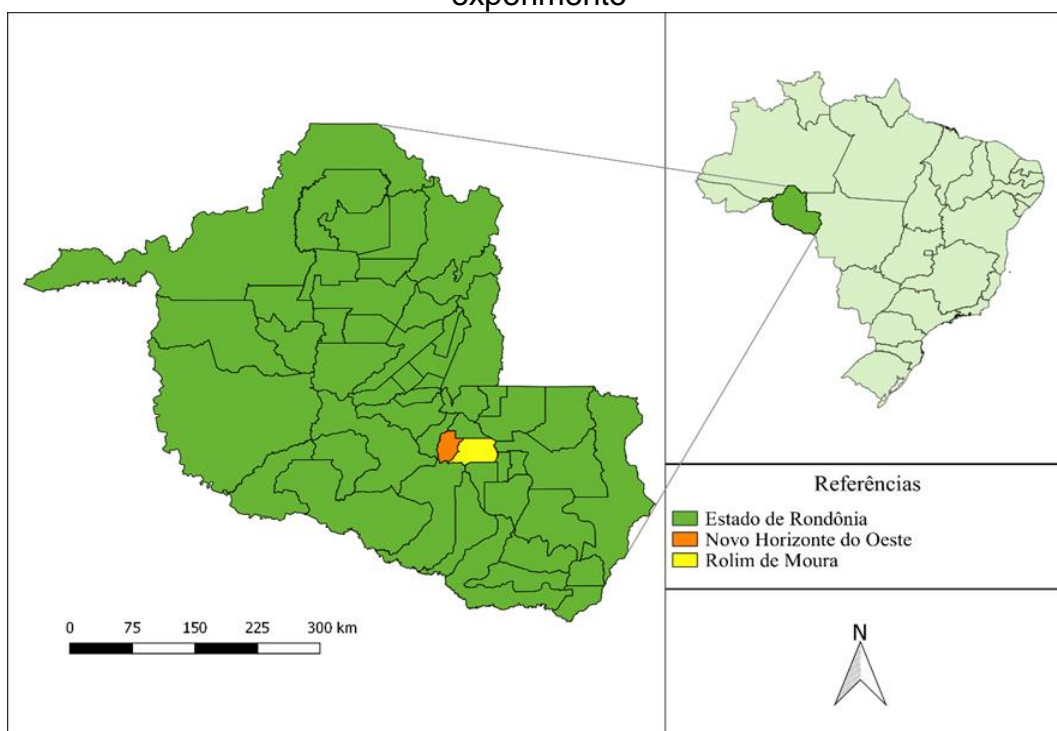
Valores	Alerta	Classificação
< 55	5	Estresse/frio
> 55 e ≤ 60	4	Desconfortável/frio
< 60 e ≤ 75	3	Favorável/confortável
> 75 e ≤ 80	2	Desconfortável/calor
> 80	1	Estresse/calor

Fonte: Oliveira Júnior et al., 2015 adaptado por Zampieri, 2022

O equipamento/protótipo foi testado por doze dias, totalizando 144 horas, sendo programado para fazer uma leitura a cada 10 minutos aproximadamente, totalizando 107 leituras em 24 horas, num total de 642 leituras.

Esta pesquisa foi desenvolvida no estado de Rondônia, mais especificamente nos municípios de Rolim de Moura e Novo Horizonte d'Oeste, região da Zona da Mata (Figura 8), entre os dias 30 de março de 2022 e 16 de maio de 2022.

Figura 8 – Ilustração do estado de Rondônia e municípios onde foi realizado o experimento



Fonte: Produção do próprio autor (2022)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo foi desenvolvido no laboratório de Precisão do Programa de Mestrado em Produção Animal, no campus Descalvado, SP, e com a finalidade de observar se o aparelho funcionaria em regiões diferentes, os testes foram realizados nos municípios de Rolim de Moura e Novo Horizonte d'Oeste, estado de Rondônia, período das chuvas, onde a temperatura pode ultrapassar os 40° C e a umidade relativa do ar ultrapassar os 90%.

Como o objetivo destes testes foram apenas de verificar as leituras e o funcionamento do sensor desenvolvido, não foi considerada a ambiência do local e nem a questão da inserção do animal no local de medidas, apesar de terem sido efetuadas em granjas leiteiras. Em um próximo passo da pesquisa, da qual irá validar o sensor desenvolvido, essas variáveis (ambiência, animal e a interação entre ambos), serão consideradas.

Houve ajustes efetuados a partir do modelo pré-desenvolvido. Esses ajustes efetuados bem como os resultados deste aparelho, podem ser verificados dentro desta sessão, conforme seguem nos sub-itens abaixo considerados.

5.1 DETALHAMENTO DO EQUIPAMENTO

O protótipo desenvolvido visou o aprimoramento da proposta inicial idealizada por Pereira et al. (2020), pedido de patente número BR 102019007958-4 A2. Apesar da patente sugerir a divisão entre módulo sensor e módulo central, entendeu-se que nesta etapa de desenvolvimento, a união dos dois módulos seria mais assertiva, sendo que, posteriormente, pretende-se desmembrar os módulos a fim de permitir ao ambiente zootécnico, dependendo da dimensão, contar com mais módulos sensores.

No sensor pré desenvolvido, foi utilizado a placa arduino UNO. Porém foi verificado que, devido a necessidade de mais entradas, haveria a necessidade de ser substituído.

Portanto, neste sensor, o equipamento foi composto por uma placa Arduino mega 2560 (em substituição ao inicial UNO, e detalhado no item 5.3 desta seção) na qual foram ligados os sensores, um display I2C 20x4 e um módulo mini datalogger.

O módulo sensor DHT22, constou de 3 pinos, VCC, GND e OUT. Desta forma, o pino VCC foi ligado a porta 5V, GND foi ligado ao GND e OUT foi ligado a porta 7

da placa Arduino Mega. O globo negro também constou de um módulo DHT22 em seu interior, o pino VCC também foi ligado a porta 5V, GND também foi ligado ao GND e OUT foi ligado a porta 8 da placa Arduino Mega.

O Display I2C possui 4 portas, VCC, GND, SDA e SCL que foram ligadas as portas 5V, GND, DAS e SCL da placa Arduino Mega. O display I2C 20x4 possui 4 linhas e em cada linha podem ser exibidos 20 caracteres cada.

Para o armazenamento das informações coletadas dos sensores, foi utilizado um módulo mini datalogger. Este módulo além de permitir a gravação de dados em um cartão de memória *micro* SD, também possui um RTC (*Real Time Clock*, ou Relógio de Tempo Real), dessa forma, além de permitir a gravação em um cartão de memória *micro* SD, também foi possível implantar data e hora ao equipamento. Este módulo possui os pinos CS, MOSI, MISO, SCK, SCL, SDA, GND, 5V. Os pinos foram ligados, respectivamente, nos pinos 53, 51, 50, 52, 21, 20, GND e 5V da placa Arduino Mega.

Após os sensores do dispositivo realizarem as medidas, os sinais destes sensores de temperatura e umidade relativa do ar são capturados em tempo real pela placa Arduino Mega que realiza o armazenamento os dados e calcula os índices de conforto.

Todo o processo de captura, armazenamento dos dados, cálculos dos índices e resposta sobre a instalação zootécnica foram controlados pelo *software* desenvolvido, que é carregado na placa Arduino Mega 2560.

5.2 CAIXA DO PROTÓTIPO

A caixa do protótipo foi desenvolvida no Departamento do PMPPA da Universidade Brasil, por uma impressora 3 D e utilização de PLA. Seu desenho foi efetuado por meio da utilização do *software* ThinkerCad, que permite desenhos em três dimensões. Essa caixa foi desenhada já com os furos necessários para o *display* e para as placas. Depois de desenhada, a caixa foi salva em outra plataforma chamada “Cura”, para então ser impressa em impressora 3D (modelo Ender 3, Creality, São Paulo).

Esta caixa serviu para acoplar: 1) o microcontrolador Arduino Mega 2560, 2) o *display*, 3) um SD Card para gravar as informações de programação e 4) o RTC (*Real Time Clock* – relógio digital).

Nos orifícios da caixa do protótipo, previamente desenhados e confeccionados, foram colocados o sensor de temperatura e umidade do ar e o sensor de temperatura do globo negro. Estes sensores foram conectados por meio de fios ao microcontrolador Arduino Mega 2560, para mensurar os dados e, posteriormente, remeter as respostas ao *display*.

A Figura 9 ilustra a caixa do protótipo, no modelo finalizado, em coleta experimental.

Figura 9 - Caixa do protótipo, na versão final, em coleta de dados experimentais



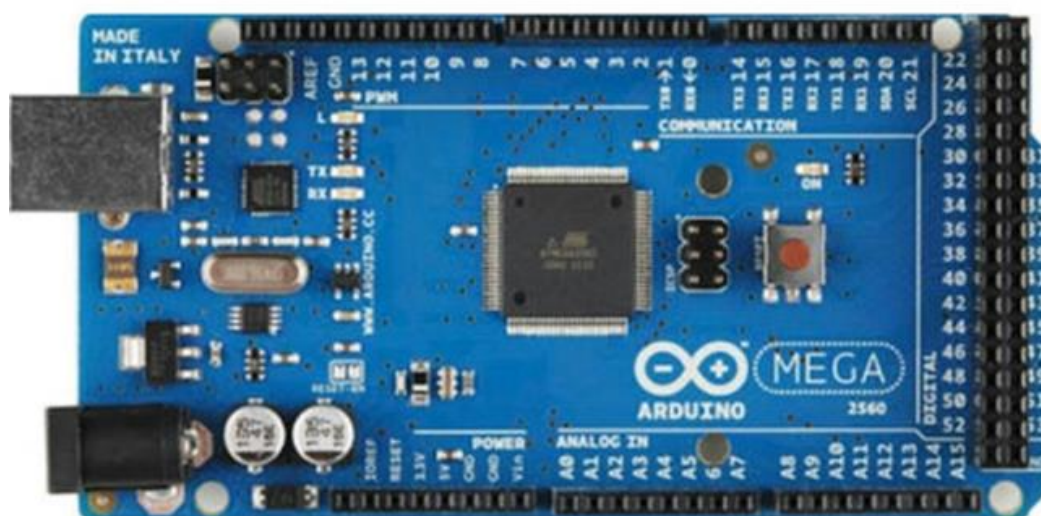
Fonte: Autoria própria

5.3 PLATAFORMA MICROCONTROLADA

Foi verificada que a plataforma controladora proposta inicialmente, e da qual consta no item “Material e Métodos”, não seria eficiente para o tema proposto. Portanto, para este aparelho sensor foi utilizado o Arduino Mega que utiliza microcontrolador ATmega2560, microcontrolador mais poderoso e com maior capacidade de armazenamento que o encontrado na versão Uno, possui 54 pinos digitais, destes, 15 podem ser utilizados para PWM (modulação por largura de pulso) e possui ainda 16 pinos analógicos.

Em relação as memórias internas, possui 256 KB de memória *flash*, 8 KB de memória SRAM e 4 KB de memória EEPROM e possui *clock* interno de 16 MHz (PORTAL EMBARCADOS, 2020) e com essas propriedades, o Arduino Mega é indicado para projetos que necessitem de espaço maior para a programação e que necessitem de muitos pinos digitais ou analógicos, além disso, possui 4 “portas” seriais que podem ser usadas individualmente (PORTAL EMBARCADOS, 2020). O Arduino Mega é apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Arduino Mega 2560



Fonte: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/5/Artigos/129235.pdf> (2020)

5.4 MEDIDA DOS DADOS BIOMETEOROLÓGICOS DO AMBIENTE (TEMPERATURA E UMIDADE)

As medidas de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram lidas conforme preconizado no item “Material e Métodos” sem a inserção de equação alguma, apenas considerando a leitura dos sensores adquiridos e acoplados na placa.

5.5 MEDIDA DA TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO

A temperatura de globo negro é necessária para gerar o índice de ITGU, da qual além de considerar a temperatura, considera também a radiação. A radiação é um componente muito significativo do ambiente, o qual exerce influência na recepção e transferência de calor para o animal. Neste sentido, o globo de Vernon, ou globo negro padrão, ou globo termômetro, vem para quantificar os componentes da energia radiante do ambiente em que o animal está inserido.

O globo de Vernon (SILVA, 2000) é composto por uma esfera metálica de cobre, oca, com diâmetro interno de 6" (15 cm) e espessura aproximada de 0,5 mm (SOUZA et al., 2002). No centro da esfera é inserido um termômetro de vidro do tipo utilizado para estufa bacteriológica, para leitura da temperatura. A esfera deve ser pintada externamente com duas camadas de tinta preto-fosca, para que haja máxima absorvância na faixa do infravermelho (SAMPAIO et al., 2016).

Como uma esfera de 15 cm é muito grande para ser inserida no protótipo, foi considerado o material alternativo proposto por Holanda et al. (2021) da qual sugeriu a inserção de caneca de alumínio tipo pintura e depois de verificar condutividade térmica e resistividade do alumínio concluiu que o globo negro alternativo do tipo caneca de alumínio mostrou resultado satisfatório de temperatura média em relação ao globo de Vernon.

Para a leitura da temperatura foi inserido no interior do mini globo um sensor de temperatura DHT22, que foi ligado a placa de Arduino. Na Figura 11 observa-se o mini globo negro alternativo acoplado na caixa do protótipo em comparação com o globo negro de Vernon.

Figura 11 - Globo de Vernon e caneca de alumínio (material alternativo) com pintura preta fosco em sensor de ambiência. A= globo negro de Vernon; B= caneca de alumínio (seta vermelha), como forma de substituição ao globo de Vernon em sensor

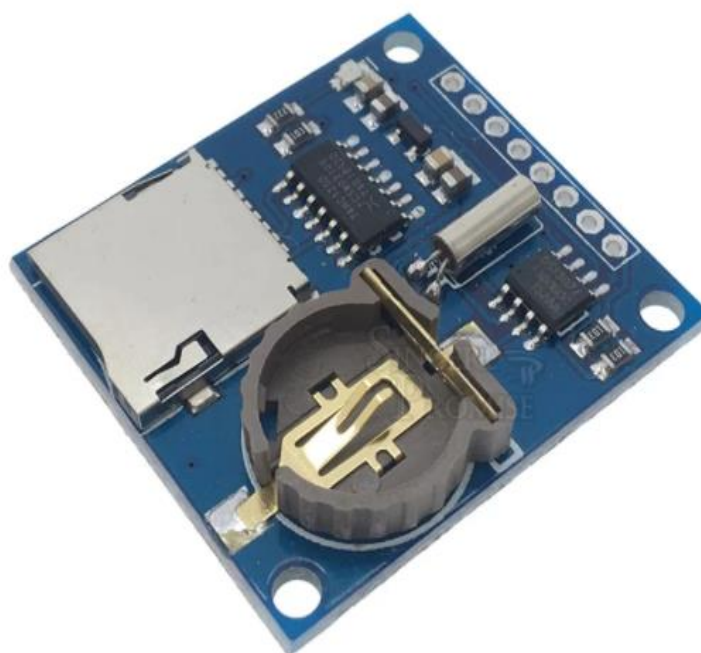


Fonte: Santos Júnior, (2021)

5.6 MÓDULO DATALOGGER

Um minimódulo datalogger (Figura 12) foi utilizado para o armazenamento dos dados coletados pelo protótipo, do qual permitiu a gravação dos dados em um cartão de memória micro SD. Esse minimódulo datalogger possui também um relógio de tempo real, que permitiu inserir data e hora ao protótipo.

Figura 12 - Módulo mini datalogger



Fonte: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/5/Artigos/129235.pdf> (2020)

5.7 DISPLAY DE LCD E RESPOSTA AO PRODUTOR

Um *display* LCD 20x4 I2C foi utilizado para a exibição dos dados colhidos e resultados (Figura 13).

Figura 13 - Módulo do *display* 20x4 I2C



Fonte: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/5/Artigos/129235.pdf> (2020)

Este display permitiu a exibição de 4 linhas de 20 caracteres em cada linha através de uma placa microcontrolada que facilita a integração do *display* ao Arduino, com apenas 2 pinos de comunicação e mais 2 pinos de alimentação 5V.

5.8 PROGRAMAÇÃO E RESPOSTAS DO PROTÓTIPO

A partir da programação, o protótipo realizou as leituras em função das variáveis biometeorológicas (temperatura e umidade relativa) e executou os cálculos de ITU, ITGU.

Pode observar que os valores interpretados pelo protótipo para a variável ponto de orvalho não retrataram a realidade do local conforme pode ser observado na Figura 14.

Figura 14 - Leituras do protótipo em função da temperatura, umidade relativa e cálculos de ITU e ITGU

::28.10; 91.20; 27.40; 95.40; -11.50; 65.46; 64.76; 4.00
::28.60; 90.30; 28.00; 93.70; -11.50; 65.96; 65.36; 4.00
::28.80; 87.70; 28.50; 92.60; -11.50; 66.16; 65.86; 4.00
::29.10; 87.40; 28.70; 91.80; -7.50; 67.90; 67.50; 4.00
::29.30; 85.70; 29.00; 90.60; -7.50; 68.10; 67.80; 4.00
::30.20; 84.00; 29.70; 88.30; -7.50; 69.00; 68.50; 4.00
::30.10; 81.60; 30.10; 84.70; -3.00; 70.52; 70.52; 4.00
::30.40; 81.40; 30.20; 83.60; -3.00; 70.82; 70.62; 4.00
::30.60; 79.60; 30.50; 81.30; -3.00; 71.02; 70.92; 4.00
::30.90; 75.60; 30.80; 78.70; 1.00; 72.76; 72.66; 4.00
::31.70; 76.80; 31.30; 76.40; 1.00; 73.56; 73.16; 4.00
::31.80; 75.40; 31.50; 74.20; 1.00; 73.66; 73.36; 4.00
::32.20; 72.60; 31.90; 72.40; 1.00; 74.06; 73.76; 5.00
::32.60; 71.40; 32.30; 70.10; 4.00; 75.54; 75.24; 5.00
::33.20; 68.60; 33.00; 67.80; 4.00; 76.14; 75.94; 5.00
::34.00; 66.60; 33.60; 65.60; 9.00; 78.74; 78.34; 5.00
::33.70; 65.80; 33.80; 64.00; 9.00; 78.44; 78.54; 5.00

Fonte: Autoria Própria

A sequência do bloco de notas extraído do protótipo (Figura 14) é a seguinte: temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura do globo negro, umidade do globo negro, temperatura de ponto de orvalho, ITU, ITGU e classificação.

Pode-se observar que na temperatura de ponto de orvalho registrada encontram-se valores negativos de -11,50, -7,50 e -3,00, valores esses impossíveis de serem conseguidos com a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar registradas.

Diante destes resultados, inferiu-se que o erro não seria na leitura do protótipo propriamente dita, e sim na programação.

Por este motivo foi proposto uma nova programação, considerando o valor do ponto de orvalho por meio da equação proposta por Lawrence (2005), conforme segue:

$$TPO = \{B1 [\ln (UR/100) + (A1 \times Ta/B1 + TA)]\} / \{A1 - [\ln UR/100]\} - [A1 \times TA / B1 + TA]$$

Onde Tpo é a temperatura de ponto de orvalho (°C), UR é umidade relativa do ar (%), Ta é a temperatura do ar (°C), A1 = 17,625 e B1 = 243,04 e Ln é o logaritmo neperiano.

Se partir da premissa de que não há bem-estar animal sem considerar o conforto do tratador, como forma de aprimorar ainda mais o protótipo, preconizou nesta nova programação a inserção da fórmula do IDT (descrita no item “Material e Métodos”), conforme fórmula abaixo:

$$IDT = (Ta - 0,55 \times (1 - 0,01UR)) \times (Ta - 14,5)$$

Onde: Ta é a temperatura do ar (°C) e UR é a umidade relativa (%).

Para a interpretação do IDT e para as faixas de respostas ao produtor foram considerados os valores propostos por Santos (2011) onde classificou o índice de desconforto menor que 24 °C como confortável, entre 24 a 26 °C parcialmente confortável, entre 26 a 28 °C desconfortável e maior que 28 °C muito desconfortável.

Nesta nova programação, a resposta final ao produtor foi dada de acordo com os resultados do ITGU, escolha esta pelo índice retratar a radiação inserida no meio e, portanto, qualificada com um valor mais próximo da realidade em ambientes de bovinos leiteiros na região estudada.

Após o ajuste na programação, as novas leituras foram realizadas durante o período de 08 horas com 16,55 minutos de intervalo, totalizando 29 leituras.

Portanto, a nova programação, e definitiva, elaborada para o funcionamento do protótipo, foi sequenciada conforme apresentada no Apêndice A.

A Figura 15 demonstra os valores do bloco de notas a partir da nova programação.

Figura 15 - Valores encontrados no protótipo em função da temperatura do ar, umidade relativa do ar e cálculos de ITU, ITGU e IDT com a nova programação.

```

;;32.80;62.80;32.60;53.00;25.36;83.43;83.23;83.10;6.00;1.00
;;34.40;59.70;34.50;51.10;26.34;85.38;85.48;85.04;7.00;1.00
;;35.20;58.70;35.30;50.90;26.94;86.40;86.50;86.05;7.00;1.00
;;35.60;58.00;35.50;51.10;27.20;86.89;86.79;86.54;7.00;1.00
;;35.60;57.90;35.40;51.80;27.18;86.88;86.68;86.53;7.00;1.00
;;35.30;58.20;34.90;52.60;26.94;86.50;86.10;86.15;7.00;1.00
;;35.00;58.40;34.50;53.30;26.68;86.10;85.60;85.75;7.00;1.00
;;34.80;58.70;34.20;53.80;26.54;85.85;85.25;85.51;7.00;1.00
;;34.50;59.10;33.90;54.10;26.32;85.48;84.88;85.13;7.00;1.00
;;34.40;59.30;33.70;54.50;26.26;85.35;84.65;85.01;7.00;1.00
;;34.20;58.00;33.60;54.80;25.80;84.99;84.39;84.65;6.00;1.00
;;34.00;59.80;33.40;55.00;25.96;84.85;84.25;84.51;6.00;1.00
;;33.70;60.20;33.10;55.30;25.74;84.47;83.87;84.13;6.00;1.00
;;33.30;61.70;32.80;55.90;25.64;84.03;83.53;83.70;6.00;1.00
;;23.60;43.90;23.30;67.50;12.38;69.56;69.26;69.32;4.00;3.00
;;21.90;44.80;21.40;61.80;10.86;67.31;66.81;67.09;4.00;3.00
;;21.50;45.20;21.00;56.50;10.54;66.79;66.29;66.58;4.00;3.00
;;21.30;45.30;20.80;53.00;10.36;66.53;66.03;66.32;4.00;3.00
;;21.00;45.30;20.60;50.40;10.06;66.12;65.72;65.91;4.00;3.00
;;20.70;44.80;20.20;48.60;9.66;65.68;65.18;65.47;4.00;3.00
;;20.30;44.20;19.90;47.10;9.14;65.09;64.69;64.89;4.00;3.00
;;20.10;45.20;19.60;46.00;9.14;64.89;64.39;64.69;4.00;3.00
;;19.90;44.40;19.50;45.00;8.78;64.56;64.16;64.36;4.00;3.00
;;19.80;44.30;19.40;44.30;8.66;64.42;64.02;64.22;4.00;3.00
;;19.60;44.30;19.20;43.70;8.46;64.15;63.75;63.95;4.00;3.00
;;19.40;44.80;19.00;43.20;8.36;63.91;63.51;63.72;4.00;3.00
;;20.40;57.50;19.40;43.30;11.90;66.18;65.18;65.98;4.00;3.00
;;23.10;68.20;22.40;44.30;16.74;70.63;69.93;70.40;4.00;3.00
;;22.90;61.80;22.70;47.50;15.26;69.89;69.69;69.66;4.00;3.00

```

Fonte: Autoria própria

A nova sequência do bloco de notas no armazenamento do protótipo foi a seguinte: temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura do globo negro, umidade do globo negro, temperatura de ponto de orvalho, ITU, ITGU e classificação do conforto térmico para bovinos leiteiros, IDT e classificação do conforto térmico para humanos.

Considerando que os erros encontrados na primeira versão do protótipo não terem sido de montagem, pois foi possível realizar a realização da leitura, e sim da programação, os novos testes foram realizados por meio de bancada.

Após a extração dos dados, a versão final das respostas do sensor pode ser observada na Figura 16.

Figura 16 - Valores encontrados no protótipo com a nova programação

Horário	Temp.	Umidade	T. Globo	U. Globo	P.O.	ITU	ITGU	Alerta	Classificação	ID	Alerta H.	Classificação
22:05:00	32.80	62.80	32.60	53.00	25.36	83.43	83.23	6.00	Perigo/Calor intenso	83.10	1.00	Estresse/Calor
22:22:00	34.40	59.70	34.50	51.10	26.34	85.38	85.48	7.00	Perigo/Calor Insuportável	85.04	1.00	Estresse/Calor
22:39:00	35.20	58.70	35.30	50.90	26.94	86.40	86.50	7.00	Perigo/Calor Insuportável	86.05	1.00	Estresse/Calor
22:56:00	35.60	58.00	35.50	51.10	27.20	86.89	86.79	7.00	Perigo/Calor Insuportável	86.54	1.00	Estresse/Calor
23:13:00	35.60	57.90	35.40	51.80	27.18	86.88	86.68	7.00	Perigo/Calor Insuportável	86.53	1.00	Estresse/Calor
23:30:00	35.30	58.20	34.90	52.60	26.94	86.50	86.10	7.00	Perigo/Calor Insuportável	86.15	1.00	Estresse/Calor
23:47:00	35.00	58.40	34.50	53.30	26.68	86.10	85.60	7.00	Perigo/Calor Insuportável	85.75	1.00	Estresse/Calor
00:04:00	34.80	58.70	34.20	53.80	26.54	85.85	85.25	7.00	Perigo/Calor Insuportável	85.51	1.00	Estresse/Calor
00:21:00	34.50	59.10	33.90	54.10	26.32	85.48	84.88	7.00	Perigo/Calor Insuportável	85.13	1.00	Estresse/Calor
00:38:00	34.40	59.30	33.70	54.50	26.26	85.35	84.65	7.00	Perigo/Calor Insuportável	85.01	1.00	Estresse/Calor
00:55:00	34.20	58.00	33.60	54.80	25.80	84.99	84.39	6.00	Perigo/Calor intenso	84.65	1.00	Estresse/Calor
01:12:00	34.00	59.80	33.40	55.00	25.96	84.85	84.25	6.00	Perigo/Calor intenso	84.51	1.00	Estresse/Calor
01:29:00	33.70	60.20	33.10	55.30	25.74	84.47	83.87	6.00	Perigo/Calor intenso	84.13	1.00	Estresse/Calor
01:46:00	33.30	61.70	32.80	55.90	25.64	84.03	83.53	6.00	Perigo/Calor intenso	83.70	1.00	Estresse/Calor
02:03:00	23.60	43.90	23.30	67.50	12.38	69.56	69.26	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	69.32	3.00	Favorável/Confortável
02:20:00	21.90	44.80	21.40	61.80	10.86	67.31	66.81	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	67.09	3.00	Favorável/Confortável
02:37:00	21.50	45.20	21.00	56.50	10.54	66.79	66.29	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	66.58	3.00	Favorável/Confortável
02:54:00	21.30	45.30	20.80	53.00	10.36	66.53	66.03	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	66.32	3.00	Favorável/Confortável
03:11:00	21.00	45.30	20.60	50.40	10.06	66.12	65.72	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	65.91	3.00	Favorável/Confortável
03:28:00	20.70	44.80	20.20	48.60	9.66	65.68	65.18	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	65.47	3.00	Favorável/Confortável
03:45:00	20.30	44.20	19.90	47.10	9.14	65.09	64.69	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	64.89	3.00	Favorável/Confortável
04:02:00	20.10	45.20	19.60	46.00	9.14	64.89	64.39	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	64.69	3.00	Favorável/Confortável
04:19:00	19.90	44.40	19.50	45.00	8.78	64.56	64.16	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	64.36	3.00	Favorável/Confortável
04:36:00	19.80	44.30	19.40	44.30	8.66	64.42	64.02	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	64.22	3.00	Favorável/Confortável
04:53:00	19.60	44.30	19.20	43.70	8.46	64.15	63.75	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	63.95	3.00	Favorável/Confortável
05:10:00	19.40	44.80	19.00	43.20	8.36	63.91	63.51	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	63.72	3.00	Favorável/Confortável
05:27:00	20.40	57.50	19.40	43.30	11.90	66.18	65.18	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	65.98	3.00	Favorável/Confortável
05:44:00	23.10	68.20	22.40	44.30	16.74	70.63	69.93	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	70.40	3.00	Favorável/Confortável
06:01:00	22.90	61.80	22.70	47.50	15.26	69.89	69.69	4.00	Ambiente Favorável/Conforto	69.66	3.00	Favorável/Confortável

Fonte: Autoria própria

Observa-se no *display* do protótipo (Figura 17), a mensagem de resposta direcionada ao produtor no campo, possibilitando a tomada de decisão imediata pelo produtor, no sentido de diminuir os efeitos de estresse calórico nos animais através de um manejo adequado para o bem-estar animal.

Figura 17 - Protótipo final com a resposta ao produtor no campo



Fonte: Produção do próprio autor (2022)

Esse protótipo necessita ainda de validação a campo, sendo que, numa próxima etapa de pesquisa, será comparado com aparelhos de medidas de ambiência analógico e comerciais, para depois ser feita uma estatística por Análise de Variância (ANOVA) e por Teste de Comparação de Médias (Teste de Tukey), validando o mesmo ou identificando necessidade de alterações na programação final para o produto comercial.

6 CONCLUSÃO

O protótipo após aprimoramento efetuou com exatidão a leitura das variáveis climáticas, calculou a temperatura de ponto de orvalho, realizou os cálculos de ITU, ITGU e IDT, forneceu a classificação térmica do ambiente, conseguindo, assim, responder à demanda do produtor e, conseqüentemente, auxiliando na tomada de decisões quanto ao manejo adequado para o bem-estar animal.

REFERÊNCIAS

- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2011. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/901939/1/osdesafiosdaambiencia_sobreossistemas.pdf. Acesso em: 01 jul. 2022.
- ABREU, A. S.; FISCHER, V.; KOLLING, G. J. Estresse calórico induzido por privação de acesso à sombra em vacas holandesas reduz a produção leiteira e a estabilidade térmica do leite. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE LECHE INESTABLE, 2., 2011, Colonia del Sacramento. **Anais...** Colonia del Sacramento: Editora, 1 CD-ROM. 2011.
- ABREU, V.B.A. **Bem-estar de vacas mestiças leiteiras em sistema de ordenha mecanizada**. 42 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina: UFVJM, 2012.
- ALGERI, T.; DE ABREU, P. G.; PAULA FILHO, P. de. Rastreamento da movimentação em aviários através de processamento digital de imagens. In: Embrapa Suínos e Aves-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: técnico científico de aves e suínos, 17; Feira da indústria latino-americana de aves e suínos-aves 2018; Medianeira. **Anais...** Medianeira: Gessulli, 2018.
- ALMEIDA, R.A.C.S.; VEIGA, M.M. Processo de trabalho rural e epi's: discussão sobre termorregulação corporal. **Revista P&D em Engenharia de Produção**, v. 8, n. 2, p. 29-39, 2010.
- ALMEIDA, G.L.P.; PANDORF, H.; GUISELINI, C.; et al. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1337-1344, 2010.
- ANDRADE, R.A. **Ambiência e bem-estar animal na produção intensiva de leite em sistemas Compost Barn fechados para a tipologia construtiva e clima do Brasil**. 158f. Tese (Doutorado em Engenharia agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.
- ANDRIOLI, M.; CARVALHAL, M.; COSTA, F.; COSTA, M.J.R.P. Efeitos da interação humano-animal no bem-estar de ruminantes leiteiros: uma revisão. **Veterinária e Zootecnia**, v. 27, p. 1-14, 2020.
- ANSARI-MAHYARI, S.; OJALI, M.R.; FORUTAN, M.; RIASI, A.; BRITO, L.F. Investigating the genetic architecture of conception and non-return rates in Holstein cattle under heat stress conditions. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, n. 7, p. 1847-1853, 2019.
- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, New York, v.77, p.2044-2050, 1994.

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

AZEVÊDO, D. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 83 p.

AZIZPOUR, F.; MOGHIMI, S.; SALLEH, E.; MAT, S.; LIM, C.H.; SOPIAN, K. Thermal comfort assessment of large-scale hospitals in tropical climates: A case study of University Kebangsaan Malaysia Medical Centre (UKMMC). **Energy and Buildings**, v. 64, p. 317-322, 2013.

BAÊTA, F.C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season**. 218 f. Thesis (Ph.D.) - University of Missouri, Columbia, 1985.

BAÊTA, F. C; SOUZA, C. F. **Ambiência em Edificações Rurais: conforto térmico animal**. Viçosa: UFV, 1997.

BAÊTA, F. C; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010.

BACCARI JR., F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 142p. 2001.

BAKER M.A. Effect of dehydration and rehydration on thermoregulatory sweating goats. **The Journal of Physiology**, v. 417, p. 421-435. 1989.

BANKS, E. Behavioral research to answer questions about animal welfare. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 54, n. 2, p. 434-455, 1982.

BARBOSA JÚNIOR, S.Q.B. **Desempenho do rebanho bovino leiteiro a partir da aplicação do manejo agastado e não agastado**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

BAUMGARD, L.H.; RHOADS, R.P.; RHOADS, M.L.; GABLER, N.K.; ROSS, J.W.; KEATING, A.F.; BODDICKER, R.L.; LENKA, S.; SEJIAN, V. Impact of climate change on livestock production. In: **Environmental stress and amelioration in livestock production**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 413-468. 2012.

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.

BEAUSOLEIL, N.J. & MELLOR, D.J. Advantages and limitations of the 'Five Domains' model for assessing animal welfare impacts associated with vertebrate pest control. **New Zealand Veterinary Journal** **63**, v.1, p. 37-43, 2015.

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, P.; NARDONE, A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, v. 4, n. 7, p.1167-1183, 2010.

BÍBLIA. Provérbios,16:3.

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.

BOKKERS, E. A. M. Effects of interaction between humans and domesticated animals. In: HASSINK, J.; VAN DIJK, M. (eds), **Farming for Health**. Capítulo 3, p. 31-41. Wageningen: Holanda, 2006.

BOND, G.B.; OSTRENSKY, A.; MOLENTO, C.F.M. Métodos de diagnóstico e pontos críticos de bem-estar de bovinos leiteiros. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.7, p.1286-1293, jul, 2012.

BORGES, B.M.S.S e COSTA, C. Análise da qualidade de vida de ordenhadores no município de Douradoquara – MG no ano de 2016. **Getec**, v. 6, n. 12, p. 150-167, 2017.

BRAGA, J.S.; MACITELLI, F.; LIMA, V.A. DE; DIESEL, T. O modelo dos “Cinco Domínios” do bem-estar animal aplicado em sistemas intensivos de produção de bovinos, suínos e aves. **Revista Brasileira de Zootecias**, v. 19, n. 2, p. 204-226. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 2021.

BRASIL, L. H. A.; WECHESLER, F.S.; BACCARI JR, F.; GONÇALVES, H.C.; BONASSI, I.A. Efeitos do estresse térmico sobre a produção, composição química do leite e respostas termorreguladoras de cabras da raça Alpina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1632-1641, 2000.

BROOM, D. M; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: Conceito e Questões relacionadas revisão. **Archives of veterinary Science**, v. 9, n. 2, 2004.

BROWN-BRANDL, TAMI, M. Understanding heat stress in beef cattle. **Rev. Bras. Zootec.** 47, e20160414. Epub November 29, 2018.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Agronegócios**: cadeia produtiva de produtos orgânicos. Brasília, DF: IICA/MAPA/SPA, 2007

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. **Transaction of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-714. 1981.

CARGILL, B.F.; STEWART, R.E. Effect of humidity on total heat and total vapor dissipation of Holstein cows. **Transactions of ASAE**, v.9. p.701-6, 1966.

CARNEIRO, T.A.; GUISELINI, C.; PANDORFI, H.; LOPES NETO, J.P.; LOGES, V.; DE SOUZA, R.F.L. Condicionamento térmico primário de instalações rurais por meio de diferentes tipos de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.11, p.1086–1092, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n11p1086-1092>.

CARVALHO F.A.; LAMMOGLIA, M.A.; SIMÕES, M.J.; RANDEL, R.D. 1995. Breed effects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3570-3573.

CASTANHEIRA, M. **Análise multivariada de características que influenciam a tolerância ao calor em equinos, ovinos e bovinos**. 2009. 109 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

CASTRO JÚNIOR, S. L. **Pacote tecnológico para o diagnóstico do conforto térmico dos animais de produção**. 2019. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

CATTELAN, J; DO VALE, M.M. Estresse térmico em bovinos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 108, n. 587-588, p. 96-102, 2013.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA--Esalq/USP. **PIB do Agronegócio Brasileiro 2020**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br>. Acesso em: 01 jun. 2022.

CHAMBELA NETO, A.; VIEIRA, G. H. S.; HADDADE, I. R.; ROSADO, T. L.; MELLO, B. L. B. Aplicação de novas tecnologias na bovinocultura leiteira. **Incaper em Revista**. Vitória, v. 9, p. 51-65, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3376/1/revista-incaper-v.9-jan-dez-2018.pdf#page=52>. Acesso em: 30 jun. 2022.

COLEMAN, G.J.; HEMSWORTH, P.H.; HAY, M.; COX, M. Modifying stockperson attitudes and behaviour towards pigs at a large commercial farm. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 66, p. 11–20, 2000.

CONCEA - Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. **Anexo da orientação técnica nº 12/CONCEA**. 2018.

CRUZ, M. V. A.; BALTHAZAR, G.B.; CASTRO JÚNIOR, S.L.; DA SILVA, I.J.O. Desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo para avaliação do conforto térmico dos animais de produção. **Anais...** 5º Congresso Brasileiro de Zootecnia de Precisão e 19º Seminário Técnico Científico de Aves, suínos bovinos e peixes – 2021.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

DALCIN, V.C. **Parâmetros fisiológicos em bovinos leiteiros submetidos ao estresse térmico**. 2013. 49 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

DANTAS, J. A. **A nossa geografia Rondônia**. Porto Velho: Mundial. 2010.

DANTAS, M.R.T., SOUZA JUNIOR, J.B.F., DOMINGOS, H.G.T., TORQUATO, J.L., SÁ FILHO, G.F., MACEDO COSTA, L.L., 2012. Termorregulação de bovinos em ambiente tropical: uma abordagem com ênfase nas respostas fisiológicas. **PUBVET**, v. 6, n. 7, p. 1306, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v16n7.1306>. Acesso em:

DANTAS, M.R.T.; SOUZA JUNIOR, J.B.F.; DOMINGOS, H.G.T.D.; TORQUATO, J.L.; SÁ FILHO, G.F.; COSTA, L.L.M. Termorregulação de bovinos em ambiente tropical: uma abordagem com ênfase nas respostas fisiológicas. **PUBVET**, Londrina, v. 6, n. 7, 2012.

DAVIS, S.; MADER, T. L. Adjustments for Wind speed and solar radiation to the temperature-humidity index. **Nebraska beef cattle reports**, n. 24, 4 p. 2003.

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.

DUNCAN, I.J.H. Science-based assessment of animal welfare: farm animals. **Review Scientific Technical**, v. 24 n. 2, 2005, p. 483-492.

EMATER – Entidade Autárquica de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia. **Relatório de atividades 2021**. Porto Velho, 2022.

EMBRAPA. **Informativo agropecuário de Rondônia**. n. 5, junho/2021 –Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1132171/informativo-agropecuario-de-rondonia-n-5-junho2021>. Acesso em: 01 jun. 2022.

ENGLISH, P.R.; BURGESS, G.; SEGUNDO, R.; AND DUNNE, J. **Stockmanship: improving the care of the pig and other livestock**. Farming Press Books, Wharfedale Road, Ipswich, UK, 190p. 1992.

FAWAC, Code of Practice for the Welfare of Laying Hens. **Farm Animal Welfare Advisory Council**. Disponível em: <http://www.fawac.ie/publications/animalwelfareguidelines/>. Acesso em: 01 jun. 2022.

FERRAZZA, R.A.; CASTELLANI, E. Análise das transformações da pecuária brasileira: um enfoque na pecuária leiteira. **Ciência Animal Brasileira**, v. 22, e-68940. 2021.

FERREIRA F.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U.; FERREIRA, P.M.; FACURY FILHO, E.J.; CAMPOS, W.E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.732-738. 2006.

FERREIRA, F.; CAMPOS, W.E.; CARVALHO, A.U.; PIRES, M.F.A; MARTINEZ, M.L.; SILVA, M.V.G.B; VERNEQUE, R.S.; SILVA, P.F. Taxa de sudação e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 4, p. 763-768, 2009.

FERRO, F. R. A.; NETO, C.C.C.; FILHO, M.R.T.; FERRI, S.T.S.F.; MONTALDO, Y.C. Efeito do estresse calórico no desempenho reprodutivo de vacas leiteiras. **Revista Verde**, v.5, n.5, p.01-25, 2010.

FINCH V.A.; BENNETT, E.L.; HOLMES, C.R. Coat color in cattle: effect of thermal balance, behaviour and growth and relationship with coat type. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 102 p. 141-147. 1984.

FODOR, N.; FOSKOLOS, A.; TOPP, C.F.A; MOORBY, J.M.; PÁSZTOR, L.; FOYER, C.H. Spatially explicit estimation of heat stress-related impacts of climate change on the milk production of dairy cows in the United Kingdom. **PLoS One**, v. 13, n. 5, p. e0197076, 2018.

FRASER, A.F. The behavior of maintenance and the intensive husbandry of cattle, sheep and pigs. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 9, p. 1-23, 1983.

GARCIA, A. B.; ANGELI, N.; MACHADO, L.; CARDOSO, F.C.; GONZALEZ, F. Relationships between heat stress and metabolic and milk parameters in dairy cows in southern Brazil. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 5, p. 889-894, 2015.

GARCIA, P. R. **Galpão Free-stall com sistema de resfriamento evaporativo e ventilação cruzada**: desempenho térmico, zootécnico e o nível de bem-estar animal. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2017.

GARNETT, T.; APPLEBY, M.C.; BALMFORD, A.; BATEMAN, I.J.; BENTON, T.G.; BLOOMER, P.; BURLINGAME, B.; DAWKINS, M.; DOLAN, L.; GODFRAY, H.C.J. Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. **Science**, v. 341, n. 6141, p.33–34. 2013.

GEMMA, S. F. B.; ABRAHÃO, R.F.; SZNELWAR, L.I. O trabalho no cultivo orgânico de frutas: uma abordagem ergonômica. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 29, n. 109, p.37-44, 2004.

GLASER, F. D. **Aspectos comportamentais de bovinos da raça Angus a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão**. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GRANDIN, T. Behavioral agitation during handling of cattle is persistent over time. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 36, p.1-9, 1993.

HAFEZ, E. S. E. **The behaviour of domestic animals**. 2nd editon. London: Bailliere Tindal, 1975.

HAHN, G.L., 1985. **Management and Housing of farm animals in hot environment.** In: Yousef, M.K. Stress Physiology in livestock, cap. 2, 151-174.

HAHN, G. L.; MADER, T. L. Heat waves in relation of thermoregulation, feeding behavior, and mortality of feedlot cattle. In: **International Livestock Environment Symposium**, 5., Minnesota, Proceedings. St. Joseph: ASAE, p.125-129. 1997.

HANSEN, P. J. Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. **Theriogenology**, v. 68, p. 242-249, 2007. Suplemento.

HANSEN, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle the thermal stress. **Animal Reproduction Science**, Amsterdan, v. 82-83, p. 349- 360, 2004.

HEAD, H.H. The strategic use of the physiological potential of the dairy cow. In: Simpósio Leite nos Trópicos: Novas estratégias de produção. **Anais...** Botucatu, 1989. p.38-89. 1995.

HEMSWORTH, P.H.; COLEMAN, G.J.; COX, M.; BARNETT, J.L. Stimulus generalisation: the inability of pigs to discriminate between humans on basis of their previous handling experience. **Applied Animal Behaviour Science**, v.40, p. 129 - 142, 1994.

HEMSWORTH, P.H.; COLEMAN, G.J. **Humanlivestock interactions:** the stockperson and the productivity and welfare of intensively farmed animals. CAB International. London. 140p. 1998.

HEMSWORTH, P. H.; BARNETT, J.L.; HOFMEYER, S.; COLEMAN, G.J.; DOWLING, S.; BOYCE, J. The effects of fear of humans and pre-slaughter handling on the meat quality of pigs. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.53, p. 493-501, 2002.

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.

HOLANDA, M.C.F.; BRENNECKE, K.; PEREIRA, L.A.M.; SOARES, V.E. IC 103 – avaliação de um material alternativo para termômetro de globo acoplado em um medidor de ambiência. In: CONGRESSO ACADÊMICO E TECNOLÓGICO DA UNIVERSIDADE BRASIL, 2.; ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15., 2021, Descalvado, SP. **Anais [...]**. Descalvado, São Paulo: Universidade Brasil, 2021.

HONORATO, L.A. **A interação humano-animal e o uso de homeopatia em bovinos de leite.** Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2006.

HONORATO, L.A.; HÖTZEL, M.J.; GOMES, C.C.M.; SILVEIRA, I.D.B.; FILHO, L.C.P.M. Particularidades relevantes da interação humano-animal para o bem-estar e produtividade de vacas leiteiras. **Ciência Rural**, v.42, p.332-339, 2012.

HULME, P. H. Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat. **Journal of Applied Ecology**, Londres, v. 42, n. 5, p. 784-794. 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico de 2021. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2021. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2020_v48_br_informativo.pdf. Acesso em: 17 maio 2022.

IDARON. Agência de Defesa Sanitária Agrosilvopastoril do Estado de Rondônia. 2022.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. 2. ed. rev. e amp. Rio de Janeiro: Edgar Blucher, 2012. p. 630.

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.

JOHNSON, H.D.; RAGSDALE, A.C.; BERRY, I.L.; SHANKLIN, M.D. Effect of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle. Missouri: **Agricultural Experimental Station Research Bulletin**, 1962. p.791

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.

LENSINK, B.J. A relação homem-animal na produção animal. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE, 1., 2002, Concordia. **Anais...** Concordia: University of Contestado, p.01-07. 2002.

KNUT, S. N. **Fisiologia animal**: adaptação e meio ambiente. 5. ed. São Paulo: Santo, 2013.

KRISHNAN, G.; BAGATH, M.; PRAGNA, P.; VIDYA, M.K.; ALEENA, J.; ARCHANA, P.R.; SEJIAN, V.; BHATTA, R. Mitigation of the heat stress impact in livestock reproduction. **Theriogenology**, v. 4, p. 63-86. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.69091>.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto Térmico e Stress Térmico**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/4598988-Conforto-termico-e-stress-termico.html>. Acesso em: 13 jul. 2022.

LEME, T. M. S. P.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVEM, M. J.; AROREIRA, L. J. M. Comportamento de vacas mestiças HolandêsxZebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciências Agrotécnicas**, v. 29, n. 3, p. 668-675, 2005.

LENSINK, B. J. **A relação homem-animal na produção animal**. In: I Conferência virtual global sobre produção orgânica de bovinos de corte. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/JoopLensink/publication/251998858_A_RELACAO_HOMEMANIMAL_NA_PRODUCAO_ANIMAL/links/59d3784ba6fdcc181ad936de/ARELACAO-HOMEM-ANIMAL-NA-PRODUCAO-ANIMAL.pdf. Acesso em: 30 set., 2022.

LIMA, K.A.O., MOURA, D.J.; NAAS, I.A., PERISSINOTTO, M. Estudo da influência das ondas de calor sobre a produção de leite no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, p. 70-81. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2007v1n1p70-81>. Acesso em:

MACHADO, L.S.; RIBAS, M.N.; COELHO, S.G.; PIRES, M.F.A. Impactos da zootecnia de precisão na saúde e comportamento animal. Zootecnia de precisão em bovinocultura de leite. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**. FEP MVZ Editora, 2015.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; BERTIPAGLIA, E. C. A. Environmental and genetic variation of the effective radiative properties of the coat of Holstein cows under tropical conditions. **Livestock Production Science**, v.92, p.307-315, 2005.

MANOHARAM, S. Embedded Imaging System Based Behavior Analysis of Dairy Cow. *Journal of Electronics and Informatics*. Vol.02/ No. 02 Pages: 148-154 Marai I.F.M. et al. 1999. Productive, physiological, and biochemical changes in imported na locally born Holstein lactating cows under hot summer conditions of Egypt. **Tropical Animal Health and Production**, v. 31, p. 233-243. 2020.

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

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>. Acesso em: 20 jul. 2022.

MARION, J.C. **Contabilidade da pecuária**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MARTELLO, L.S., JÚNIOR, H.S.; PINHEIRO, M.G.; SILVA, S.L.; JÚNIOR, L.C.R. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Construções rurais e ambiência**, v. 24, n. 2, 2004.

MARTELLO, L.S., SAVASTANO JÚNIOR, H., SILVA, S.L., TITTO, E. A. L., Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 181-191. 2004.

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 (Doutorado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo – USP, Pirassununga, São Paulo.

MARTELLO, L.S. Zootecnia de precisão: conceitos, aplicações e desafios. **Zootec**, 2017. Santos, SP.

MATARAZZO, S. V. **Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento tipo freestall para vacas em lactação. 2004.** 143p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2004.

MATTA NETO, R. M.; TADEUCCI, M. S. R.; QUINTAIROS, P. C. R.; OLIVEIRAS, E. A. A. Q. Tecnologia e a Agropecuária de Porto Velho – Rondônia um Estudo de Caso. In: XIV Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. **Anais...** p. 21-22. 2010.

MENEGALI, I.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; CECON, P.R.; GUIMARÃES, M.C.C.; CORDEIRO, M.B. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 984- 990, 2009.

MOLENTO, C.F.M. Bem-estar e produção animal: aspectos econômicos – revisão. *Archives of Veterinary Science* **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2005.

MORAES JÚNIOR, R.J.; GARCIA, A.R.; SANTOS, N.F.A.; NAHÚM, B.S.; JUNIOR, J.B.L.; 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.

MOREIRA, S.M.; MENDOÇA, F.S.; COSTA, P.T.; DE CONTO, L.; CORRÊA, G.F.; SCHWENGBER, E.B.; VAZ, R.Z.; SILVEIRA, I.D.B. Carne bovina: Percepções do consumidor frente ao bem-estar animal–Revisão de literatura REDVET. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 5, p. 1-17, 2017.

MOTA, L.S. **Adaptação e interação genótipo-ambiente em vacas leiteiras.** 69p. 1997. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

MOURA, A.K.; NEGRÃO, F.M.; DANTAS, C.C.O.; GERON, L.J.V.; CAPOVILLA, L.C.T.; VARGAS, M.A. Influências bioclimáticas e de ambiência no bem-estar de vacas leiteiras. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 32, Ed. 137, Art. 926, 2010.

MULLER, R. P. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos.** Porto Alegre: Sulina, 1989.

MUNKSGAARD, L.; DEPASSILLÉ, A.M.; RUSHEN, J.; THODBERG, K.; JENSEN, M.B. Discrimination of people by dairy cows based on handling. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1106-1112, 1997.

NÄÄS, I.A.; SEVEGNANI, K.B.; MARCHETO, F.G.; ESPELHO, J.C.C.; MENEGASSI, V.; DA SILVA, I.J.O. Avaliação térmica de telhas de composição de celulose e betumem, pintadas de branco, em modelos de aviários com escala reduzida. **Engenharia Agrícola**, v.21, n.2, p.121-6. 2001.

NÄÄS, I.A.; MIRAGLIOTTA, M.Y.; BARACHO, M.S.; MOURA, D.J. Ambiência aérea em alojamento de frangos de corte: poeira e gases. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 326- 335, maio/ago. 2007.

NÄÄS, I.A. Uso de técnicas de precisão na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p.358-364, 2011.

NARANJO-GOMEZ, J.S.; URIBE-GARCÍA, H.F.; HERRERA-SÁNCHEZ, M.P.; LOZANO-VILLEGAS, K.J.; RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, R.; RONDÓN-BARRAGÁN, I.S. Heat stress on cattle embryo: gene regulation and adaptation. Heliyon, **Cambridge**, v. 7, n. 3, e06570, 2021.

NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M.S.; BERNABUCCI, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v. 130, n. 1-3, p. 57-69, 2010.

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.

NASCIMENTO, S. T.; FONSÊCA, V. F. C.; MAIA, A. S. C.; SANTOS, V. M.; OLIVEIRA, E. M.; MÓS, J. V. M. Zootecnia de precisão e os desafios de ambiência na produção animal no Nordeste brasileiro. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 19, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br>. Acesso em: 30 jun. 2022.

NEGRI, R. Seleção para produção de leite no dia do teste e termotolerância em Gado Holandês Brasileiro. **Animais**, v. 11, n. 1, p. 128, 2021.

NÉRI, N.R.M. **Avaliação do emprego de estímulo tátil em diferentes idades em bovinos leiteiros**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Zootecnia, APTA/SAA. Nova Odessa, SP. 2015.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.J., SOUZA, S.R.L., CRUZ, V.F., VICENTIN, T.A., GLAVINA, A.S.G. Development of an android APP to calculate thermal comfort indexes on animals and people. **Computers and electronics in agriculture**, v. 151, p. 175-184. 2018. doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.014

OLIVEIRA JÚNIOR, A.J.; SOUZA, S.R.L.; BARROS, Z.X; SARTORI, M.M.P.; FRANCO, L.V. Índice de desconforto e índice de temperatura efetiva: uma implementação para smartphones e tablets. **Revista Energia na Agricultura**, 2015.

OLIVEIRA, L.M.F.; JUNIOR, T.Y.; FERREIRA, E.; CARVALHO, L.G.; SILVA, M.P. Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 823-831. 2006.

OLIVEIRA, Z.B.; KNIES, A.E.; BOTTEGA, E.L. Conforto térmico de trabalhadores rurais durante a colheita do tabaco. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 14, n. 3, p. 299-308, 2020.

OLIVEIRA, Z. B.; SILVA, C.M.; SOUZA, I.J.; LINK, T.T.; BOTTEGA, E.L. Cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira no sul do Brasil. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2018v12n2p110-121>. Acesso em: 22 set. 2022.

PANDORFI, H.; ALMEIDA, L. G. P.; GUISELINI, C. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/zrsddbNQGp5mTkDLnRGmFLm/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 30 jun. 2022.

PASCHOAL, T.; TAMAYO, A. Construção e validação da Escala de bem-estar no trabalho. **Avaliação Psicológica**, São Paulo, v.7, n.1, p. 11-22, 2008.

PEGORER, M. F.; VASCONCELOS, J.L.M.; TRINCA, L.A.; HANSEN, P.J.; BARROS, C.M. Influence of sire and sire breed (Gyr versus Holstein) on establishment of pregnancy and embryonic loss in lactating Holstein cows during summer heat stress. **Theriogenology**, v. 67, n. 4, p. 692-697, 2007.

PEREIRA, V.C. O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros. Estimativa do Índice de Desconforto Térmico em Planaltina-DF. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 19., Lavras, MG – Brasil, 2015.

PEREIRA, L.G.R.; Paiva, C.A.V.; Ribas, M.N.; Ferreira A.L. Pecuária leiteira de precisão: conceitos e tecnologias disponíveis. Zootecnia de precisão em bovinocultura de leite. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**. FEP MVZ Editora, 2015.

PEREIRA, C. C. J. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 195p. 2005.

PEREIRA, L.A.M.; BRENNECKE, K.; SGAVIOLI, S.; ZEFERINO, C.P.; ORLANDI, C.M.B. **Monitor eletrônico do ambiente em instalações de aves, bovinos e suínos**. Depositante: Luiz Arthur Malta Pereira. BR 102019007958-4 A2. Depósito: 18 abr. 2019. Concessão: 27 out. 2020. Int. Cl.: G01D 21/02.

PERISSINOTTO, 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.

PETIZ, A.L.; MÜLLER, M.; ANDREATTA, T.; SUÑÉ, R.W.; BUENO, A.L.B.; DALTRO, D.S. Efeito de diferentes ordenhadores sobre o comportamento de ordenha de vacas Jersey no estado do Rio Grande do Sul. In: **Congresso brasileiro de zootecnia**, 21., Alagoas. 2011.

PFEIFER, L. F. M.; SALMAN, A.K.D.; TABORDA, J.M.M.; SILVA, G.M.; ANDRADE, J.S.; ARAÚJO, L.V.; SOUZA, V.L.; TEIXIERA, O.S. **Caracterização da pecuária em Rondônia**. Embrapa Rondônia-Capítulo em livro científico (ALICE), 2021.

PIRES, M.F.A.; FERREIRA, A.M.; COELHO, S.G. Estresse calórico em bovinos de leite. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE GADO LEITEIRO, 1998a, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, p.17-30. 1998a.

PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite. **Comunicado Técnico**, Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, n. 42, p. 1-6, 2004.

PIRES M.F.A.; SATURNINO, H.M.; VERNEQUE, R.S., FERREIRA, A.M. Efeito das estações (inverno e verão) na temperatura retal e frequência respiratória de vacas Holandesas confinadas em free stall. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 50, p. 747-752. 1998b.

PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. **Conforto animal para maior produção de leite**. Viçosa – MG, CPT, 252p., 2008.

PIRES, B.V. **Análise de parâmetros fisiológicos e perfil de expressão de genes associados ao estresse térmico e eficiência alimentar em bovinos das raças Nelore e Caracu**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP. 2021.

POLSKY, L., VON KEYSERLINGK, M.A. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 11, p. 8645-8657. 2017. doi.org/10.3168/jds.2017-12651.

PORTAL EMBARCADOS – **Entendendo as entradas analógicas do Arduino**. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/arduino-entradas-analogicas/>. Acesso 5 jul de 2020).

PORTAL EMBARCADOS - **Introdução à Arduino MEGA 2560**. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>. Acesso 5 jul de 2020).

REZENDE, N.S.; AMARAL, R.R.; MOTA, A.A.P.; REDIN, E.; MELO, T.V. Percepção do bem-estar animal na pecuária familiar de leite em Unaí, Minas Gerais. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. **HOLOS**, Ano 37, v.1, e10374, 2021.

RODRIGUES, E. **Conforto térmico das construções**. Fisiologia da Homeotermia. Disponível em: <https://docplayer.com.br/34861295-3-fisiologia-da-homeotermia.html>. 2006. Acesso em: 17 jun. 2022.

ROSA, M. S.; BORDON, V. F.; CARVALHO, S. R.; OLIVEIRA, E. A.; PARANHOS DA COSTA, M. J. R. Changing in livestock person behaviour during weekends has negative effects on cow welfare during milking. **Revista de Etologia**, Suplemento 5, p. 200, 2003.

ROSA, M. S.; CARVALHO, S. R.; BORDON, V. F.; OLIVEIRA, E. A.; PARANHOS DA COSTA, M. J. R. **A mudança do comportamento do retireiro em relação aos dias comerciais e finais de semana: uma análise preliminar**. In. ENCONTRO

ANUAL DE ETOLOGIA, 20., 2002, Natal, RN. Anais XX Encontro Anual de Etologia, Natal, RN. Offset Gráfica, v. 01, n. 01, p. 403. 2002.

ROSA, M.S. **Boas práticas de manejo: ordenha**. Jaboticabal: Funep, 2009.

ROSA, M.S.; PARANHOS DA COSTA, M.J.R.; GONÇALVES, R.C.; A importância das ações dos retireiros na condução de vacas da sala de espera para a de ordenha. XXII Encontro Anual de Etologia Campo Grande-MS **Anais...** 2004.

ROSA, I.M.M.F.; SOUZA, A.K.S.; ROCHA, F.S.B.; FONSECA, L.S. O impacto do bem-estar animal para o agronegócio aplicado à bovinocultura no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 56531-56546, 2021.

RIBEIRO JUNIOR, J. C.; SANTOS, I. G. C.; DIAS, B. P.; MENDES, L. P.; BARBON, A. P. A. C. Perfil do consumidor brasileiro e hábitos de consumo de leite e derivados. **Archives of Veterinary Science**, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/veterinary/article/view/72429/41006>. Acesso em: 22 set. 2022.

RUSHEN, J.; MUNKSGAARD, L.; MARNET, P. G.; DEPASSILLÉ, A.M. Human contact and the effects of acute stress on cows at milking. **Applied Animal Behaviour Science**, v.73, n. 1, p. 1-14, 2001.

RYBARCZYK, P. et al. Can cows discriminate people by their faces? **Applied Animal Behaviour Science**, v. 74, p. 175-189, 2001.

SANTOS, C.E.O.; FORONI, I.L.; OLIVEIRA, M.A. Bem-estar e desempenho de espécies de interesse zootécnico: uma revisão sistematizada. **Research, Society and Development**, v. 11, n.9, e26511930773, 2022.

SANTOS JÚNIOR, I. Desenvolvimento de um datalogger, medidor de ambiência de baixo custo para vacas leiteiras. **Universidade Brasil**, 2021.

SANTOS, J. S. **Campo térmico urbano e sua relação com o uso e cobertura do solo em João Pessoa**. (Tese de Doutorado). Campina Grande/PB: Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais/UFCG, 2011.

SCHARF B.; WAX, L.E.; AIKEN, G.E.; SPIERS, D.E. Regional differences in sweat rate response of steers to short-term heatstress. **International Journal of Biometeorology**, v. 52, p. 725–732. 2008.

SCHAFHÄUSER JUNIOR, J.; PEGORARO, L.M.C.; ZANELA, M.B. In: **Tecnologias para sistemas de produção de leite**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

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

SIGDEL, A.; ARPANAHI, R.A.; AGUILAR, I.; PEÑAGARICANO, F. Whole genome mapping reveals novel genes and pathways involved in milk production under heat stress in US Holstein cows. **Frontiers in genetics**, p. 928, 2019.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. Nobel, 285p. 2000.

SILVA, G. A.; SOUZA, B.B.; ALFARO, C.E.P.; NETO, J.A.; AZEVEDO, S.A.; SILVA, E. M.N.; SILVA, R.M.N. Influência da dieta com diferentes níveis de lipídeo e proteína na resposta fisiológica e hematológica de reprodutores caprinos sob estresse térmico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 154-161, 2006.

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

SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; SILVA, G. A. Parâmetros fisiológicos e hematológicos de caprinos em função da adaptabilidade ao semiárido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, n. 3, p. 01–06, 2010.

SILVA, D.F.; MACEDO, A.J.S.; FONSECA, V.F.C.; SARAIVA, E.P. Bem-estar na bovinocultura leiteira: Revisão. **PUBVET**, v.13, n.1, a255, p.1-11, 2019. doi.org/10.31533/pubvet.v13n1a255.1-11

SILVEIRA NETO, O. J.; TAVEIRA, R.Z.; AMARAL, A.G.; MARTINS, T.R.; OLIVEIRA, B.C. Avaliação da suscetibilidade de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* a carrapaticidas em bovinos leiteiros na região do Oeste Goiano, Brasil. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal: RBHSA**, v. 11, n. 1, p. 54-59, 2017.

SIMÕES, G. H. Z. **Avaliação de estresse térmico em vacas de leite em free stall sob diferentes condições de climatização**. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná - Palotina, PR, 2014.

SOUZA, P.T. **Estresse térmico em cabras saanen nos períodos seco e chuvoso criadas em clima tropical quente e úmido no estado do Ceará**. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2010.

SOUZA, S.R.L.; NÄÄS, I.A.; MOURA, D.J. 2011. Análise de imagens para a caracterização das atividades de vacas leiteiras dentro do galpão de confinamento. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.6, p.1036-1043, 2011.

SOUZA, P.M.B. **Estresse térmico em trabalhadores expostos ao ar livre: perspectivas para o século XXI**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal De Itajubá, MG. 2017.

THATCHER, W. W. Manejo de estresse calórico e estratégias para melhorar o desempenho lactacional e reprodutivo em vacas de leite. In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 14, 2010. Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia, MG. p. 2-25. 2010.

TAYLOR, A.A.; DAVIS, H. Individual humans as discriminate stimuli for cattle (*Bos taurus*). **Applied Animal Behaviour Science**, v. 58, p. 13-21, 1998.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959.

TITTO, C. G. **Capacidade termolítica e respostas comportamentais e hormonais em vacas holandesas**. 2010. 114p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.

TONELLO, C.L. **Validação de índice de conforto térmico e zoneamento bioclimático da bovinocultura de leite**. 140f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá-Pr. 2011.

TONIAL, Atená. **Avaliação da Prevalência, Perfil e sintomatologia dos DORT em MMSS nos Ordenhadores da Grande Florianópolis**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

TURCO, S.; COSTA, D.; LOURENÇONI, D.; OLIVEIRA, P.T.L. DE; SANTOS, I.; ROCHA, D.R. DA. Ferramentas para o monitoramento de respostas comportamentais, fisiológicas e de desempenho animal a campo. **Revista Científica de Produção Animal**, Paraíba, v. 21, n. 1, p. 69, 2019.

WATHES, C.M.; KRISTENSEN, H.H.; AERTS, J.M. et al. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? **Computers and electronics in agriculture**, v.64, p. 2–10, 2008.

WEST, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 86, n. 6, p. 2131-2144, 2003.

VALE, P.; GIBBS, H.; VALE, R.; CHRISTIE, M.; FLORENCE, E.; MUNGER, J.; SABAINI, D. The expansion of intensive beef farming to the Brazilian Amazon. **Global Environmental Change**, v. 57, n. 101922, p. 1-11, 2019.

VAN DE WEERD H, SANDILANDS V. Bringing the issue of animal welfare to the public: A biography of Ruth Harrison (1920-2000). **Applied Animal Behavior Science**, v.113, p.404-410, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.01.014>. Acesso em: 08 maio 2021.

VICENTINI, F.; RODRIGUES V.V. **Bem-estar humano e sua influência no bem-estar de vacas leiteiras**. 162p. 2016. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", São Paulo, Piracicaba, 2016.

VITOR NETO, O.; BITTAR, D.Y. Análise do conforto térmico e sua influência na produção e qualidade do leite em ambiente de domínio de cerrado. **Pubvet**. v.12, n.4, a75, p.1-6, Abr, 2018.

YOUSEF M.K. Principles of bioclimatology and adaptation. **Word Animal Science**, v. 5, p.17-29. 1987.

ZIMBELMAN, R. B.; RHOADS, R. P.; RHOADS, M. L. **A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe index (BGHI) on**

milk production in high producing dairy cows. In: COLLIER, R.J. Proceedings of the southwest nutrition conference, Arizona, p.158-169. 2009.

APÊNDICE A – Nova programação, e definitiva, elaborada para o funcionamento do protótipo foi sequenciada

```
//Bibliotecas

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <Wire.h>

#include <DHT.h>

#include <Time.h>

#include <SD.h>

#include <SPI.h>

#include <Adafruit_Sensor.h>

#include <SPI.h>

#include <SD.h>

#include <Time.h>

#include "RTClib.h"

//Intervalo para gravação no cartão SD Card

#define frequencia 35

float vezes=0;

const int chipSelect = 10;

File file;

String Data, Hora, segundos;

int seg, passar =0;

//globo negro T2 pino6
```

```
//Instanciar sensores de temperatura e umidade

DHT dht1 (7, DHT22);

DHT dht2 (6, DHT22);

//Instanciar Cristal líquido e relógio

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

RTC_DS1307 rtc;

//Função para retornar data e hora

void printDateTime( )

{ Data = "";

  Hora = "";

  DateTime now = rtc.now();

  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0,0);

  lcd.print(" Relogio Interno");

  lcd.setCursor(0,2);

  lcd.print("Data:");

  if (now.day(<10) lcd.print("0");

  lcd.print(now.day(), DEC);

  lcd.print("/");

  if (now.month(<10) lcd.print("0");

  lcd.print(now.month(), DEC);

  lcd.print("/");

  lcd.print(now.year(), DEC);

  lcd.setCursor(0, 3);
```

```
lcd.print("Hora:");  
  
if (now.hour()<10) lcd.print("0");  
  
lcd.print(now.hour(), DEC);  
  
lcd.print(":");  
  
if (now.minute()<10) lcd.print("0");  
  
lcd.print(now.minute(), DEC);  
  
lcd.print(":");  
  
if (now.second()<10) lcd.print("0");  
  
lcd.print(now.second(), DEC);  
  
  
delay(500);  
  
if (now.day()<10) Data = Data + "0";  
  
Data = Data + now.day();  
  
Data = Data + "/";  
  
if (now.month()<10) Data = Data + "0";  
  
Data = Data + now.month();  
  
Data = Data + "/";  
  
if (now.year()<10) Data = Data + "0";  
  
Data = Data + now.year();  
  
  
if (now.hour()<10) Hora = Hora + "0";  
  
Hora = Hora + now.hour();  
  
Hora = Hora + ":";  
  
if (now.minute()<10) Hora = Hora + "0";  
  
Hora = Hora + now.minute();  
  
Hora = Hora + ":";
```

```
    if (now.second()<10) Hora = Hora + "0";

    Hora = Hora + now.second();
}

//Função para iniciar SD Card
void inicia_SD()
{
    lcd.clear();
    if (!SD.begin(53))
    {
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Cartao SD");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("ERRO CARTAO!!!");
        delay(4000);}
    else
    {
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Cartao SD");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("Inicializado");
        delay(2000);}
}

//Função Setup - Configurar dispositivos e tela inicial
void setup()
{
    Serial.println("Inicializando ....");
    Serial.begin(115200);
```

```
Serial.println("Configurando LCD ....");

lcd.init();

lcd.backlight();

Serial.println("Configurando Sensores DHT ....");

dht1.begin();

dht2.begin();

Serial.println("Escrevendo Cabecalho");

lcd.clear();

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print ("UNIVERSIDADE BRASIL");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print ("MestradoProfissional");

lcd.setCursor(0,2);

lcd.print (" Producao Animal");

lcd.setCursor(0,3);

lcd.print ("Monitor - Ambiencia");

delay (3000);

//rtc.adjust(DateTime(2020, 07, 16, 16, 57, 0));

Serial.println("Inicializando SD Card");

inicia_SD();

}

//Função loop

void loop()

{

    Serial.println("Entrando em Loop : ");
```

```
Serial.println(vezes);

vezes++;

lcd.clear();

Serial.println("Imprimindo a Data : ");

printDateTime();

delay(2000);

//Ler variáveis de temperatura e umidade dos sensores DHT22

Serial.println("Lendo Variaveis");

float t1 = dht1.readTemperature();

float h1 = dht1.readHumidity();

float t2 = dht2.readTemperature();

float h2 = dht2.readHumidity();

//Imprimindo os dados colhidos

Serial.println("Imprimindo Variaveis no Display");

lcd.clear();

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print(" Variaveis Ambiencia");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print ("Temperatura : ");

lcd.print (t1);

lcd.setCursor(0,2);

lcd.print ("Umidade : ");

lcd.print (h1);

lcd.setCursor(0,3);

lcd.print("Globo Negro : ");
```

```
    lcd.print (t2);

    delay (5000);

    Serial.println("Imprimindo ITU e ITGU");

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0,0);

    lcd.print (" Calculo Ambiencia");

    //Calculando e apresentando Ponto de Orvalho

    lcd.setCursor(0,1);

    lcd.print ("P. Orvalho : ");

    float PO = t1 - ((100 - h1) / 5);

    lcd.print (PO);

    //Calculando e apresentando ITU

    lcd.setCursor(0,2);

    lcd.print ("ITU      : ");

    float ITU = t1 + (0.36 * PO) + 41.5;

    lcd.print(ITU);

    //Calculando e apresentando ITGU

    lcd.setCursor(0,3);

    lcd.print ("ITGU     : ");

    float ITGU = t2 + (0.36 * PO) + 41.5;

    lcd.print(ITGU);
```

```
delay(5000);

//Calculando e apresentando ID
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0)
lcd.print ("INDICE HUMANO");
lcd.setCursor(0,1);
float ID = (0.99 * t1) + (0.36 * PO) + 41.5;
lcd.print(ID);

delay(5000);

//Alerda relacionado ao ITU
float alerta=0;

Serial.println("Imprimindo Alerta");
if (ITU < 59)
    {alerta = 1;
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(0,0);
      lcd.print("Perigo !!!");
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print("Frio Intenso");}

if (ITU <= 59)
    {alerta = 2;
      lcd.clear();
```

```
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Perigo !!!");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("Frio Intenso");}  
  
if (ITU >59 && ITU<=62)  
{alerta = 3;  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Alerta !!!");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("Frio");}  
  
if (ITU >62 && ITU<=74)  
{alerta = 4;  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Ambiente Favoravel");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("Conforto");}  
  
if (ITU >74 && ITU<=79)  
{alerta = 5;  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Alerta !!!");  
    lcd.setCursor(0,1);
```

```
    lcd.print("Calor");}

if (ITU >79 && ITU<=85)
{alerta = 6;

  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0,0);

  lcd.print("Perigo");

  lcd.setCursor(0,1);

  lcd.print("Calor Intenso");}

if (ITU >85)
{alerta = 7;

  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0,0);

  lcd.print("Perigo !!!");

  lcd.setCursor(0,1);

  lcd.print("Calor Insuportável");}

delay(5000);

//Alerta indice humano

float alertah=0;

Serial.println("Imprimindo Alerta Humano");

if (ID > 80)
{alertah = 1;

  lcd.clear();
```

```
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Alerta !!!");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("Estress por Calor");}  
  
if (ID >=75 && ID<=80)  
{alertah = 2;  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Alerta !!!");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("Calor Desconfortavel");}  
  
if (ID >60 && ID<=75)  
{alertah = 3;  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Ambiente Favoravel");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("confortável");}  
  
if (ID>55 && ID<=60)  
{alertah = 4;  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Ambiente Desconfortav");  
    lcd.setCursor(0,1);
```

```

        lcd.print("Frio");}

if (ID < 55)
{
    alertah = 5;

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0,0);

    lcd.print("Alerta !!!");

    lcd.setCursor(0,1);

    lcd.print("Estress por frio");}

//Gravando dados no cartão SD Card
Serial.println("Gravando Arquivo !");

if (vezes == frequencia)
{
    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0,0);

    lcd.print ("Abrindo Arquivo...");

    String dataString = "";

    dataString = Data + ";" + Hora + ";" + t1 + ";" + h1 + ";" + t2
+ ";" + h2 + ";" + PO + ";" + ITU + ";" + ITGU + ";" + ID + ";" + alerta + ";"
+ alertah;

    File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

    if (dataFile)
    {
        dataFile.println(dataString);

        dataFile.close();

        lcd.setCursor(0,1);

        lcd.print ("Gravando : ");

        lcd.print ("Gravado");}
}

```

```
else {  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(0,0);  
    lcd.print("Erro arquivo");}  
  
delay(3000);  
vezes = 0;  
}  
}
```