

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

**OSVALDO BORTOLETTO NETO**

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO MÓVEL PARA  
MENSURAR AS VARIÁVEIS BIOMETEOROLÓGICAS NA  
CRIAÇÃO DE AVES DE PRODUÇÃO**

**DEVELOPMENT OF A MOBILE DEVICE TO MEASURE  
BIOMETEOROLOGICAL VARIABLES IN BREEDING BIRDS**

Descalvado – SP

2022

OSVALDO BORTOLETTO NETO

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO MÓVEL PARA MENSURAR  
VARIÁVEIS BIOMETEOROLÓGICAS NA CRIAÇÃO DE AVES DE  
PRODUÇÃO

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. Sarah Sgavioli

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

Descalvado – SP

2022

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

B748d Bortoletto Neto, Osvaldo  
Desenvolvimento de dispositivo móvel para mensurar variáveis biometeorológicas na criação de aves de produção / Osvaldo Bortoletto Neto. --  
Descalvado: Universidade Brasil, 2022.  
44f. : 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. Sarah Sgavioli  
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Arthur Malta Pereira.

1. Variáveis biometeorológicas. 2. Poedeiras comerciais. 3. Meteorologia. 4. Arduino. I. Título.

CDD 636.5



**UNIVERSIDADE  
BRASIL**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**OSVALDO BORTOLETTO NETO**

**“DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO MÓVEL PARA MENSURAR AS V  
ARIÁVEIS BIOCLIMÁTICAS NA CRIAÇÃO DE AVES DE PRODUÇÃO”**

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

Prof.(a) Dr.(a) Sarah Sgavioli (presidente-orientadora)

Prof.(a) Dr.(a) Käthery Brennecke (UNIVERSIDADE BRASIL)

Prof.(a) Dr.(a) Alex Sandro Campos Maia (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA)

Descalvado, 29 de agosto de 2022

**Presidente da Banca Prof.(a) Dr.(a). Sarah Sgavioli**

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

*Desenvolvimento de dispositivo móvel para mensurar  
as variáveis biometeorológicas na criação de aves de  
produção*



**UNIVERSIDADE  
BRASIL**

### Termo de Autorização

#### Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respeetivo 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 de dispositivo móvel para mensurar as variáveis bioclimáticas na criação de aves de produção"

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

*Desenvolvi muito de dispositivo móvel para mensurar as variáveis bioclimáticas na criação de aves de produção.*

Autor(es):

Discente: **Oswaldo Bortoletto Neto**

Assinatura: *Oswaldo Bortoletto Neto*

Orientador(a): **Prof.(a) Dr.(a) Sarah Sgavioli**

Assinatura: *S. Sgavioli*

Coorientador(a):

Assinatura: \_\_\_\_\_

Data: 29/08/2022

Dedico esta conquista à minha esposa Tamires e minha filha Helena

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que me deu a saúde, força e determinação para a execução e término de mais essa etapa em minha vida.

Às colegas de profissão Letícia, Adriana, Vitor e Ângela pelo apoio e presença nos momentos necessários durante o meu curso.

Aos professores do mestrado Dra. Sarah Sgavioli e Dr. Luiz Arthur Malta Pereira pelos ensinamentos e orientação na execução de meu estudo.

A todos que direta e indiretamente foram importantes para que ocorresse o término desse trabalho de conclusão de pós-graduação.

*“Sonhos determinam o que você quer.  
Ação determina o que você conquista...”  
(Aldo Novak)*

# DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO MÓVEL PARA MENSURAR AS VARIÁVEIS BIOMETEOROLÓGICAS NA CRIAÇÃO DE AVES DE PRODUÇÃO

## RESUMO

Nos sistemas de produção avícola, o ambiente em que as aves são criadas desempenha papel fundamental para a produtividade, por isso é necessário que as variáveis biometeorológicas das instalações sejam controladas para que as aves possam expressar respostas comportamentais e fisiológicas adequadas ao seu desenvolvimento. Portanto, é de extrema importância para a pesquisa avícola a existência de um dispositivo que seja capaz de mensurar variáveis biometeorológicas nas instalações avícolas, como frangos de corte, poedeiras comerciais e matrizes. Dessa forma, o presente trabalho visou desenvolver e validar um dispositivo móvel capaz de mensurar temperatura do ar (TA), umidade relativa (UR), velocidade do vento (VV), temperatura de globo negro e temperatura de ponto de orvalho (Tpo). A base do dispositivo foi desenvolvida em impressora 3D, onde foi colocado o microcontrolador ArduinoMega 2560, o display, um SD Card para gravar as informações de programação e o RTC (Real Time Clock – relógio digital), além dos sensores para mensurar as variáveis biometeorológicas. Os resultados obtidos indicam que o sistema funcionou corretamente e permite a mensuração e armazenamento das variáveis biometeorológicas propostas por meio dos sensores e da equação programada no dispositivo para temperatura do ponto de orvalho. A validação com o uso de um equipamento comercial demonstrou que o dispositivo possui acurácia nas medições realizadas e demonstrou que pode ser utilizado como ferramenta para os produtores verificarem as condições ambientais das instalações.

**Palavras-chave:** Variáveis biometeorológicas. Poedeiras comerciais. Meteorologia. Arduino.

# DEVELOPMENT OF A MOBILE DEVICE TO MEASURE BIOMETEOROLOGICAL VARIABLES IN BREEDING BIRDS

## ABSTRACT

In poultry production systems, the environment in which the birds are raised plays a fundamental role in productivity, so it is necessary that the biometeorological variables of the facilities are controlled so that the birds can express behavioral and physiological responses appropriate to their development. Therefore, it is extremely important for poultry research to have a device capable of measuring biometeorological variables in poultry facilities, such as broilers, commercial layers and breeders. Thus, the present work aimed to develop and validate a mobile device capable of measuring dry bulb temperature (TA), relative humidity (RH), wind speed (VV), black globe temperature and dew point temperature (T<sub>po</sub>). The base of the device was developed in a 3D printer, where the ArduinoMega 2560 microcontroller, the display, an SD Card to record the programming information and the RTC (Real Time Clock - digital clock) were placed, in addition to the sensors to measure the bioclimatic variables. The results obtained indicate that the system worked correctly and allows the measurement and storage of the proposed biometeorological variables through sensors and the equation programmed into the device for dew point temperature. The validation with the use of commercial equipment showed that the device has accuracy in the measurements performed and demonstrated that it can be used as a tool for producers to verify the environmental conditions of the facilities.

**Keywords:** Bioclimatology. Cutting chickens. Meteorology. Arduino.

## **DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO**

O ambiente de criação de aves de produção exerce um papel fundamental para o melhor desempenho e produtividade do animal. Pensando nisso, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e validação de um dispositivo móvel que fosse capaz de mensurar variáveis biometeorológicas dos galpões aviários utilizando sensores, as para controlar variáveis biometeorológicas das instalações. Como resultado desse trabalho, foi possível a montagem e validação do dispositivo para a mensuração das variáveis: temperatura do ar (TA), umidade relativa (UR), velocidade do vento (VV), temperatura de globo negro e temperatura de ponto de orvalho (Tpo).

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Dispositivo móvel .....	29
<b>Figura 2</b> - Funcionamento interno do módulo central .....	30
<b>Figura 3</b> - Dimensões Arduino Mega 2560 .....	30
<b>Figura 4</b> - Passos da montagem do protótipo.....	32
<b>Figura 5</b> - Temperatura do bulbo seco (A); umidade relativa do ar (B); velocidade do vento (C) e temperatura de ponto de orvalho (D).....	35

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 1</b> - Médias das variáveis biometeorológicas mensuradas pelos dispositivos Dispositivo Universidade Brasil (DUB) e Aparelho Comercial (AC), de acordo com os dias e períodos analisados .....	34
---	----

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC	Aparelho Comercial
DUB	Dispositivo Universidade Brasil
DC	Direct Current
<i>e</i>	Pressão atual de vapor do ar
KB	Quilobyte
RTC	Real time clock
TA	Temperatura do ar
Tpo	Temperatura do ponto de orvalho
UR	Umidade relativa
V	Volts
VV	Velocidade do Vento

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVO</b> .....	<b>18</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1 AMBIÊNCIA</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2 HOMEOTERMIA</b> .....	<b>19</b>
<b>3.3 CONFORTO TÉRMICO</b> .....	<b>20</b>
<b>3.4 VARIÁVEIS BIOMETEOROLÓGICAS</b> .....	<b>22</b>
3.4.1 Temperatura do ar.....	22
3.4.2 Umidade relativa do ar .....	23
3.4.3 Velocidade do vento .....	24
3.4.4 Temperatura do globo negro.....	25
3.4.5 Temperatura do ponto de orvalho .....	25
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
<b>4.1 VARIÁVEIS BIOMETEOROLÓGICAS AVALIADAS PELO DISPOSITIVO</b> .....	<b>27</b>
<b>4.2 DISPOSITIVO MÓVEL PARA MENSURAR VARIÁVEIS BIOMETEOROLÓGICAS</b> .....	<b>27</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>32</b>
<b>5.1 MONTAGEM DO DISPOSITIVO</b> .....	<b>32</b>
<b>5.2 PROGRAMAÇÃO DO DISPOSITIVO</b> .....	<b>33</b>
<b>5.3 VALIDAÇÃO DO DISPOSITIVO</b> .....	<b>33</b>
<b>5.4 CUSTOS DO DISPOSITIVO</b> .....	<b>36</b>
<b>5.5 IMPLICAÇÕES FUTURAS</b> .....	<b>37</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A importância da ambiência na avicultura engloba temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação (CÂNDIDO et al., 2016). A temperatura ambiente é um dos fatores mais avaliados, pois as aves são animais homeotermos, ou seja, o ambiente influencia em sua temperatura corporal (ANDRADE, 2017). Assim, é necessário que a temperatura interna do ambiente seja mensurada e controlada para que as respostas comportamentais e fisiológicas das aves sejam adequadas (COSTA et al., 2012).

Além da temperatura ambiente, variáveis biometeorológicas como a umidade relativa é de extrema importância, pois interfere na capacidade da ave em perder calor para o ambiente. O mesmo ocorre para a velocidade do vento, que quando bem manejada favorece o resfriamento por meio da evaporação, além de favorecer a troca de calor da ave por meio do processo de convecção (MACARI et al., 2017).

Nos sistemas atuais de produção avícola, os quais têm como objetivo alta produtividade e qualidade no produto final, o ambiente em que as aves são criadas desempenha papel fundamental para produção (DAMASCENO et al., 2010). Os animais atingem sua produtividade máxima quando são mantidos em ambiente termoneutro, ou seja, quando a energia do alimento não é desviada para compensar desvios térmicos em relação ao intervalo de termoneutralidade para eliminar ou manter seu calor (MACARI et al., 2017).

A zootecnia de precisão envolve o desenvolvimento de técnicas e tecnologias, e em conjunto com a bioclimatologia, pode auxiliar no controle das variáveis biometeorológicas nas instalações. Essa ferramenta permite avaliar mudanças, construtivas ou operacionais, para proporcionar um melhor conforto térmico, tanto quantitativamente, no caso de menor consumo de energia, como qualitativamente, melhorando a saúde das aves (CAMARGO et al., 2019).

A mensuração de problemas relacionados às variáveis biometeorológicas e a aplicação dos resultados como ferramenta para tomada de decisão do produtor, são feitos por meio da instalação de sensores que realizam medições juntamente com o registro e a transmissão de dados por meio de ferramentas tecnológicas (ALVES, SILVA, PIEDADE., 2007; JÁCOME et al., 2007; FIORELLI et al., 2010; GOMES et al.,

2011; FERNANDES et al., 2011; CARVALHO et al., 2014; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2015, SARUBBI et al., 2018).

Porém na literatura existem poucos equipamentos desenvolvidos (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2018; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021) para mensurações in loco, onde são coletados dados, com a necessidade de programação e implantação dos sensores, com baixo custo e portanto, acessível aos produtores. Dispositivos desenvolvidos com esse intuito possibilitam que pesquisadores e produtores realizem a coleta de variáveis biometeorológicas, as quais possuem relevância quanto as condições ambientais onde as aves são criadas.

Portanto, há a necessidade em desenvolver um dispositivo que seja capaz de mensurar variáveis biometeorológicas dos aviários é de extrema importância para a pesquisa avícola.

## 2 OBJETIVO

Desenvolver e validar um dispositivo móvel capaz de mensurar variáveis biometeorológicas, tais como: temperatura do ar (TA), umidade relativa (UR), velocidade do vento (VV), temperatura de globo negro e temperatura de ponto de orvalho (Tpo) aviários.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 AMBIÊNCIA

Ambiência é a definição de conforto baseada no contexto ambiental, quando se analisa as características de meio ambiente em função da zona de conforto térmico da espécie, associado a características fisiológicas que atuam na regulação da temperatura interna do animal. Também, a ambiência leva em conta o bem-estar dos animais (minimização dos fatores estressantes como densidade animal, conforto e possibilidade de realizar seu comportamento nato, ausência de poluição sonora e ambiental, como ausência de gases tóxicos) (BRIDI, 2002).

A ambiência na avicultura está estritamente relacionada ao conforto térmico das aves, uma vez que são animais homeotérmicos, ou seja, têm sua temperatura corporal influenciada pelo ambiente exposto. Dessa forma, o ambiente dentro dos galpões do aviário deve ser controlado para que as aves possam ser criadas em ambiente confortável, evitando efeitos negativos na produção animal (CÂNDIDO et al., 2016).

De acordo com Costa et al. (2012), para o efetivo controle do ambiente, existem sistemas naturais (densidade, características das instalações como: aberturas laterais, tipo de telhado, manejo de cortinas, recobrimento de áreas circunvizinhas e sombreamento) e os sistemas artificiais (uso de nebulizadores, ventiladores, refrigeração da água de beber, isolamento de canos, caixas d'água, entre outros).

Oliveira et al. (1995) considera que a interação animal e ambiente deve ser levada em consideração para garantir ganhos satisfatórios quanto ao desenvolvimento, à produção e a reprodução de animais, com destaque para os valores de temperatura e umidade relativa do ar.

#### 3.2 HOMEOTERMIA

Para manter a homeotermia, é necessário que o animal esteja em homeostase térmica, ou seja, seja capaz de manter ou retornar ao estado de equilíbrio sempre que este for alterado, tanto por condições externas, como internas ao seu funcionamento (RODRIGUES, 2013).

Os fatores térmicos ambientais, representados pela temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação são relevantes na produção animal, devido ao fato de que são os que mais podem afetar a homeotermia das aves (AMARAL et al., 2011).

Em condições de alta temperatura, ocorre maior produção de calor do organismo, alterando seu comportamento, o que inicia o processo de homeostase fisiológica em busca de termorregulação, o que favorece a diminuição da temperatura corporal (MACARI et al., 2002).

O controle da temperatura corporal das aves pode acarretar problemas, que englobam a redução do crescimento e da produção de ovos (ALBINO et al., 2014).

As aves são classificadas como animais homeotermos, pois possuem a capacidade de manter a temperatura interna constante, independente das flutuações térmicas do ambiente, processo este conhecido como termorregulação, em que o balanço de energia térmica do animal é representado pelo balanceamento da produção de calor metabólico, do ganho do calor do ambiente pela radiação, convecção, condução, além das perdas de calor para o ambiente, através da transpiração e respiração (RENAUDEAU et al., 2011).

De acordo com Costa et al. (2012) as aves possuem células especializadas na superfície corporal com função termo receptoras periféricas, responsáveis por captar as sensações de frio e calor, levando estas sensações ao sistema nervoso central, onde o hipotálamo controla e regula os mecanismos da liberação e produção de calor, o hipotálamo anterior fica responsável pela sensação de calor em ambientes quentes e o posterior pelas respostas fisiológicas nos ambientes frios.

Esses centros termorreguladores do hipotálamo são classificados em autônomos, adaptativos ou comportamentais (SILVA, 2000). O estresse térmico provoca nas animais alterações do fluxo sanguíneo da pele, da taxa metabólica e também da taxa respiratória. (ALBINO et al., 2014). Segundo Abreu e Abreu (2012) as altas temperaturas refletem em baixa eficiência produtiva, já que 80% da energia ingerida é utilizada para tentar manter a homeostase.

### 3.3 CONFORTO TÉRMICO

Segundo Bridi (2002) o conforto térmico é o estado no qual o animal vivencia uma condição de temperatura ideal, ou seja, em que há necessidade de perder calor para o ambiente, mas que não afete sua homeotermia.

O conforto térmico das aves está totalmente relacionado com o ambiente em que estão sendo criadas. Por isso, os galpões aviários devem ser controlados para que as aves possam ser criadas dentro de uma zona de conforto térmico, reduzindo efeitos térmicos negativos sobre a produção animal (CAMPOS et al., 2013). Segundo Renaudeau et al. (2011), os estresses ambientais, como o estresse térmico, são particularmente prejudiciais para a produção animal.

A zona de conforto térmico ou zona de termoneutralidade é uma condição em que as aves conseguem manter a temperatura corporal constante, com taxa metabólica mínima e o menor gasto energético possível, a proporção de energia metabolizável para termogênese é reduzida, enquanto a energia líquida destinada ao ganho corporal é aumentada (COSTA et al., 2012). A zona de termoneutralidade depende de fatores como: peso corporal, idade, estado fisiológico, tamanho do lote, densidade nutricional, genética, temperatura, velocidade do vento e umidade relativa do ar (SANTOS et al., 2014).

Na condição de conforto térmico, o ambiente de alojamento dos animais de produção favorece o funcionamento dos sistemas fisiológicos, pois não há exigência de acionamento dos mecanismos para manter o organismo em equilíbrio térmico (BAÊTA e SOUZA, 2010; POLSKY e VON KEYSERLINGK, 2017).

Segundo Baêta e Souza (2010), aves de corte que são submetidas a temperaturas acima de 32°C e taxas de umidade relativa acima de 75%, estão em condições de estresse intenso.

A zona de conforto térmico se encontra entre os extremos denominados de temperatura crítica inferior e temperatura crítica superior (COSTA et al., 2012). Quando a temperatura ambiente se encontra abaixo da temperatura de conforto, o animal precisa produzir calor corporal (termogênese) e quando a temperatura ambiente se encontra acima da zona de conforto térmico, o animal precisa perder calor para o ambiente (termólise). Nas duas condições, o organismo utiliza a energia de manutenção para gerar ou dissipar calor, diminuindo a energia que seria utilizada para produção e/ou reprodução (NAZARERNO et al., 2009).

Aves em condições de estresse térmico, passam menos tempo se alimentando, se movendo ou caminhando e mais tempo bebendo, ofegante, com as asas elevadas e descansando (MACK et al., 2013). Em contrapartida, esta hiperventilação causa uma perda excessiva de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ao nível dos alvéolos pulmonares, aumentando o pH sanguíneo e desencadeando a alcalose respiratória, que interfere

na formação do carbonato de cálcio, essencial para a formação da casca do ovo (JÁCOME et al., 2007). Ocorre também, uma redução na conversão da vitamina D3 à sua forma metabolicamente ativa, essencial para a absorção e utilização do cálcio pelo corpo (PLAVNIK, 2003).

Conseqüentemente, há redução na produção de ovos, peso dos ovos e espessura da casca de ovo, levando à redução da taxa de crescimento (BOTTJE e HARRISON, 1985) e alta mortalidade (YAHAV et al., 1996), o que gera uma redução da produtividade.

Mudanças no ambiente de criação que diminuam as condições de estresse podem melhorar o conforto do animal, seu bem-estar e, conseqüentemente, a produção (JONES; DONNELLY; DAWKINS, 2005).

### 3.4 VARIÁVEIS BIOMETEOROLÓGICAS

#### 3.4.1 Temperatura do ar

Segundo Bontempi e Fujji (2013), a temperatura do ar (TA) nada mais é do que a temperatura do ar ambiente, podendo ser medida com um termômetro sem nenhuma adaptação. É chamada de temperatura do ar, porque o bulbo do termômetro não permanece em contato com nenhuma substância, a não ser o ar ambiente.

Em climas tropicais e subtropicais, como o Brasil, os elevados valores de temperatura do ar e umidade relativa encontram-se entre os principais fatores que interferem no sucesso da avicultura, isso porque comprometem a função vital mais importante das aves, a manutenção da homeotermia. Se essas condições estão próximas das ideais, é grande a probabilidade de se obter alta produtividade (FURTADO et al., 2003).

Visto que a temperatura interna das aves varia entre 40 e 41°C, a temperatura ambiente indicada para frangos de corte, poedeiras e matrizes está entre 15 e 28°C (FERREIRA, 2016), sendo que nos primeiros dias de vida a temperatura pode variar de 33 a 34°C, dependendo da umidade relativa.

A temperatura ambiente ideal para aves de postura pode variar entre 21 à 28°C (CASTILHO et al., 2015), apesar de alguns autores relatarem que em períodos de produção de ovos, a zona termoneutra varia entre 20 à 24°C (YANAGI et al., 2011).

De acordo com Ferreira (2016), nos aviários, a temperatura interna para aves poedeiras adultas pode variar, em condições ideais, entre 15 à 28°C.

O controle do ambiente no interior das instalações avícolas é necessário para se alcançar o bem-estar animal associado à qualidade do produto (MENEGALI et al., 2010). Mesmo nos ambientes cobertos, problemas térmicos são recorrentes devido à má utilização dos recursos naturais, influenciando diretamente na produção e nas trocas de calor entre as aves e o meio (MATHUR e HORST, 1994).

Nos galpões convencionais, o controle da temperatura ambiente pode ser realizado com aberturas laterais, manejo de cortinas, sombreamento das áreas circunvizinhas, utilização de telhas que retém menos calor e com uso de nebulizadores, ventiladores, refrigeração da água de beber, isolamento térmico de canos e caixas d'água (BAÊTA e SOUZA, 2010).

#### 3.4.2 Umidade relativa do ar

Segundo Costa (2003), a umidade do ar é o vapor d'água presente na atmosfera sendo assim a umidade relativa do ar (UR) do aviário está relacionada à temperatura ambiente, ao fluxo de vapor de água que entra no galpão pelo sistema de ventilação, pelo sistema de resfriamento evaporativo e à quantidade de vapor de água proveniente dos bebedouros das aves e dos dejetos (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Para prever a sensação térmica de um animal ao longo do tempo, deve associar os valores de temperatura do ar e de UR, pois diferentes valores de temperatura e UR produzem sensações térmicas contrastantes, resultando ou não em estresse térmico (BARACHO et al., 2013).

Os valores de temperatura do ar e UR são restritivos ao desenvolvimento, produção e reprodução dos animais (OLIVEIRA et al., 1995). Segundo Cassuce et al. (2013), estas duas variáveis estão entre os elementos climáticos que mais influenciam no conforto térmico dos animais.

Na fase inicial da criação de frangos de corte, a UR não deve ultrapassar 70% (MELLUZI e SIRRI, 2009); e na fase final de produção, o adequado para frangos de corte é UR entre 50 e 70% (TINÓCO, 2004). A UR dentro dos aviários de poedeiras comerciais deve estar entre 40 e 80%, sendo que a produtividade das galinhas pode aumentar em ambientes com UR variando de 40 a 70% (FERREIRA, 2016).

A capacidade das aves em suportar o calor é inversamente proporcional ao teor de umidade relativa do ar. Quanto maior a umidade relativa do ar, mais dificuldade a ave tem de remover calor interno pelas vias aéreas, o que leva ao aumento da frequência respiratória. Todo esse processo que a ave realiza no sentido de manutenção da homeotermia promove modificações fisiológicas que podem comprometer seu desempenho (OLIVEIRA et al., 2006).

### 3.4.3 Velocidade do vento

O Brasil possui significativa diversidade climática e, por isso, diferentes tipos de aviários são construídos, conduzindo à diversas maneiras de promover a ventilação, cada uma delas com manejo específico para maior eficiência.

Para o bom êxito de produtividade zootécnica e sanidade dos animais, a velocidade do vento (VV) nos galpões avícolas tem grande importância. Em regiões onde as condições climáticas são similares às necessárias para a produção, o sistema de ventilação natural é muito comum, porém, em regiões de extrema temperatura, esse tipo de sistema não é recomendado (COBB, 2018).

A ventilação favorece no resfriamento por meio da evaporação, renovando o ar em torno das aves e o substituindo por ar frio e seco, reduzindo o ar quente saturado próximo às coberturas das instalações (CAVALCHINI et al., 1985). Além disso, auxilia na eliminação do excesso de umidade do ambiente e da cama, oriundos da água liberada pela respiração das aves e dos dejetos (TINÔCO, 2001). Atua no controle da temperatura ambiental, seja em estações quentes ou frias, na renovação do oxigênio no ambiente e na eliminação da amônia na forma de gás, resultante da fermentação orgânica da cama.

Os níveis recomendados de renovação do ar variam de acordo com a idade das aves e clima da região, de acordo com Rossi (1998), a forma de se chegar à melhor condição, sem dúvida, é tratar cada caso, macro-clima, micro-clima e ático de forma bastante diferenciada, velocidade do vento ideal para uma ave adulta é de 0,7 m/s, macro-clima 1,5 a 2,3 m/s, ático levar em consideração convecção natural somada a vazão e velocidade artificial do vento.

#### 3.4.4 Temperatura do globo negro

A temperatura de globo negro é obtida por meio de um sensor de temperatura localizado no centro de uma esfera oca, de cobre, com 0,15 m de diâmetro e 0,5 mm de espessura, com a face externa pintada de tinta preta fosca e tendo correlação à temperatura corporal (BUFFINGTON, 1981). O globo constitui um modelo físico do animal a ser estudado, trocando energia radiante com o meio ambiente e equilibrando a energia absorvida pelas perdas através de convecção (MEDEIROS e VIEIRA, 1997).

Essa variável é usada como parâmetro para a avaliação das condições internas das instalações (SEVEGNANI, 1997). Segundo Bedford e Warner (1934), o termômetro de globo negro indica efeitos combinados de radiação, convecção e sua influência sobre o organismo vivo.

Segundo Medeiros e Vieira (1997) as fontes de radiação térmica que envolvem os animais em qualquer ponto do espaço constituem um dos fatores mais importantes do ambiente. É inquestionável que as trocas térmicas por radiação entre os animais e o ambiente assumem uma importância fundamental em climas tropicais. Em muitos casos, constituem elas a diferença entre um ambiente favorável e outro insuportável.

#### 3.4.5 Temperatura do ponto de orvalho

Pode-se entender que a temperatura do ponto de orvalho (Tpo) como sendo a temperatura até a qual o ar deve ser resfriado para que o vapor de água presente se condense na forma de orvalho. Em uma massa de ar, para qualquer temperatura existe uma quantidade máxima de vapor de água que o ar consegue reter, que se chama pressão de saturação e quando é adicionado mais vapor, resulta na condensação. De uma maneira mais prática, é a temperatura abaixo da qual a umidade do ar começa a se condensar, formando gotículas de água (HOLANDA et al., 2021). A mensuração desta temperatura é importante para calcular a quantidade de umidade disponível no ar e estimar a umidade próxima à superfície (FAMIGLIETTI et al., 2018). Em geral, quanto mais perto a Tpo estiver da TA, maior será a probabilidade de ocorrer precipitação (DA SILVA e MAIA, 2013).

## 4 METODOLOGIA

A proposta do experimento foi desenvolver um dispositivo móvel capaz de mensurar as variáveis biometeorológicas: temperatura do ar (TA), umidade relativa (UR), velocidade do vento (VV), temperatura de globo negro e temperatura de ponto de orvalho (Tpo) nos galpões de aves de produção. Este dispositivo foi projetado no Laboratório de Desenvolvimento Computacional e Microeletrônica da Universidade Brasil, Descalvado – SP, baseado no “Sensor de Ambiência PMPPA” o qual foi solicitado patente pelo Programa de Mestrado em Produção Animal (Pereira et al., 2013).

A validação do dispositivo foi realizada em ambiente fechado com características similares as de um galpão de aves. As aferições foram realizadas nas datas de 13,14,15 de maio, do ano de 2022, em um período de oito horas por dia, das 08h:00 às 16h00, com aferições realizadas a cada dez minutos dentro de cada hora, verificando um total de 1.323 dados, de acordo com metodologia adaptada de Oliveira Júnior et al. (2018).

Os dados de TA, UR, Tpo obtidos por meio do dispositivo desenvolvido foram comparados aos de um aparelho comercial denominado AKROM KR911 (modelo KR911, AKROM, São Leopoldo, Rio grande do Sul, Brasil) que possui resolução de 0.1°C, exatidão  $\pm 1^\circ\text{C}$  para medições da TA, com escala de operação entre -10 a 60°C. Para UR, a resolução é de 0,1%, exatidão  $\pm 5\%$  com uma escala de operação de 0–100%, O seu funcionamento se dá por alimentação 4.5V (3 pilhas AAA), dimensões (L x A x P): 56 x 168 x 31 mm, Peso 100 g. Enquanto os dados de VV foram comparados ao anemômetro CR2032 (modelo CR2032, SOONDA, Shenzhen, Guangdong, China) de uso profissional com escala de medição da velocidade do vento 0-30 m/s, 0-5860 ft/min, 0-55 knots, 0-90 km/h, 0-65 mph, precisão da medição do vento 95%, alimentação 1 bateria CR2032 3V (inclusa), peso aproximado 52g (com bateria), dimensões aproximadas 10,4 x 4,0 x 1,8 cm, no Laboratório de Desenvolvimento Computacional e Microeletrônica da Universidade Brasil, Descalvado – SP.

#### 4.1 VARIÁVEIS BIOMETEOROLÓGICAS AVALIADAS PELO DISPOSITIVO

Foram mensurados os seguintes dados meteorológicos:

- Temperatura do ar (TA, °C);
- Umidade relativa do ar (UR, %);
- Velocidade do vento (Var, ms<sup>-1</sup>).
- Temperatura de globo negro (°C);
- Temperatura de ponto de orvalho (°C);

Para a mensuração da temperatura do ar, temperatura de globo negro, UR e velocidade do vento foram utilizados os sensores citados anteriormente.

A temperatura de ponto de orvalho foi obtida por meio da equação 1, em função da TA e UR (LAWRENCE, 2005; ALDUCHOV e ESKRIDGE, 1996).

$$T_{po} = \frac{B1 \left[ \ln \left( \frac{UR}{100} \right) + \frac{A1 \times Ta}{B1+Ta} \right]}{A1 - \ln \left( \frac{UR}{100} \right) - \frac{A1 \times Ta}{B1+Ta}} \text{ (Equação 1)}$$

Onde T<sub>po</sub> 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.

#### 4.2 DISPOSITIVO MÓVEL PARA MENSURAR VARIÁVEIS BIOMETEOROLÓGICAS

O dispositivo móvel de variáveis biometeorológicas desenvolvido na Universidade Brasil (DUB) consiste em um módulo central, que realiza por meio de diversos sensores climáticos a aferição de variáveis biometeorológicas.

Para o funcionamento do equipamento, ligou-se um cabo de energia elétrica 110/220V, acionou o botão liga/desliga, e em tempo real as variáveis mensuradas foram informadas no display.

Para essas variáveis biometeorológicas serem mensuradas foram conectados sensores específicos para isto. Foram utilizados os seguintes sensores:

- Dois sensores DHT22;
- Anemômetro digital AN1M.

O sensor DHT22 (modelo AM2302, ADSROBOT, Joinville, Santa Catarina, Brasil) foi utilizado para recolher medições de temperatura do ar, temperatura do globo negro e umidade relativa do ar. Este sensor possui um termistor NTC para medições de temperatura e um elemento capacitivo para medições de umidade relativa. Além disso, também possui resolução de 0,1°C e exatidão de  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  (máximo de  $\pm 1,0^\circ\text{C}$ ) para medições da temperatura do ar, com escala de operação entre  $-40^\circ\text{C}$  e  $80^\circ\text{C}$ . Para umidade relativa, a resolução é de 0,1% e exatidão de  $\pm 2-5\%$ , com uma escala de operação de 0–100%. O seu funcionamento se dá sob tensão DC de 3,3–5,5 V, com consumo médio de 300. A. O sensor DHT22 possui 4 pinos de conexão, sendo: 1. VDD (3,3–5,5 V); 2. DAS (dados seriais – porta bidirecional); 3. NC (nulo) e 4. GND.

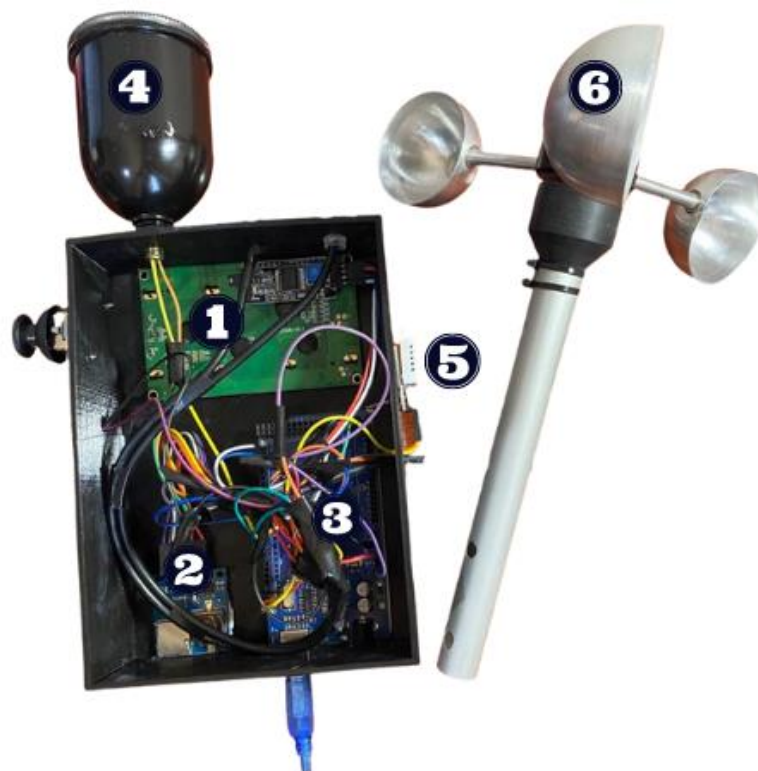
Para o desenvolvimento do termômetro de globo negro, foi utilizada uma caneca de alumínio de gravidade Arprex (modelo 12/ MILENIUM HVLP, volume de 300 ml, Arprex®, Mogi das Cruzes, São Paulo, Brasil) revestida com tinta spray preta fosca segundo adaptação de (HOLANDA et al., 2021). No interior desta caneca foi inserido outro sensor DHT22 para a mensuração da temperatura do globo negro.

Para a mensuração da velocidade do vento, foi utilizado o anemômetro digital (modelo AN1M, WRF.COMERCIAL, Colombo, Paraná, Brasil), com tensão de operação de 2 a 12V, suportando altas velocidades ( $<135$  km/h) e com alta sensibilidade, iniciando em 0,9 km/h.

Todos esses sensores foram conectados a placa Arduino MEGA 2560 (modelo Mega2560, WK, Shenzhen, Guangdong, China) possui 54 portas digitais, 16 analógicas e memória flash de 256 KB. Como fonte de alimentação o dispositivo opera sob tensão DC de 5 volts (ARDUINO, 2015). e, a partir disso, foi inserida a programação para que fosse possível a mensuração desses dados.

Como base da programação, foi usado o Arduino, uma plataforma que auxilia nos projetos de eletrônica e programação, capaz de processar e armazenar informações. A partir da placa Arduino MEGA 2560 foi possível programar rotinas de leitura para mandar comandos para o dispositivo. Estas programações foram baseadas na linguagem de programação Arduino codificada no Arduino *Software IDE (Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado), versão 1.0.5. Nesta plataforma, foram inseridas as programações, que foram transportadas para placa Arduino MEGA 2560 a fim de realizar as leituras dos sensores e o cálculo da fórmula programada.

Na Figura 1, está representado todo o protótipo do dispositivo móvel, com todos os sensores para mensurar as variáveis ambientais.



**Figura 1** - Dispositivo móvel

Legenda: 1 - display; 2 RTC-SD Card; 3 - microcontrolador Arduino Mega 2560; 4-Sensor de globo negro; 5 sensor DHT22 de TA e UR; 6 sensor de velocidade do vento (anemômetro digital).

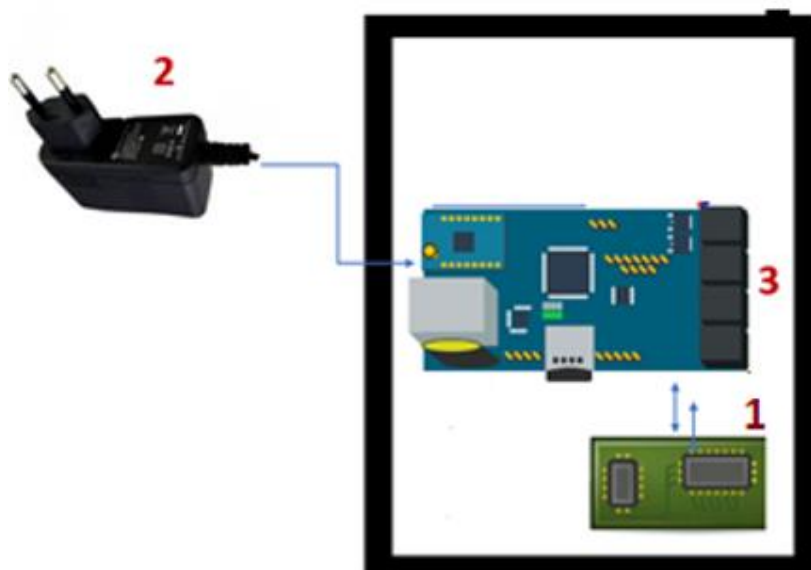
Fonte: PEREIRA et al. (2018)

Após a alimentação do sistema, a unidade central de processamento iniciou a parte gráfica do display, e já se inicia as leituras das variáveis biometeorológicas programadas. Os sensores internos, como citado anteriormente foram conectados à placa microcontroladora.

O dispositivo tem um display de quatro linhas, com 20 caracteres por cada linha (1); placa Arduino MEGA 2560, Shield mini datalogger, sensores para mensuração das variáveis ambientais (3). Para o funcionamento do equipamento, ligou-se o cabo de energia na rede elétrica 110/220V (2).

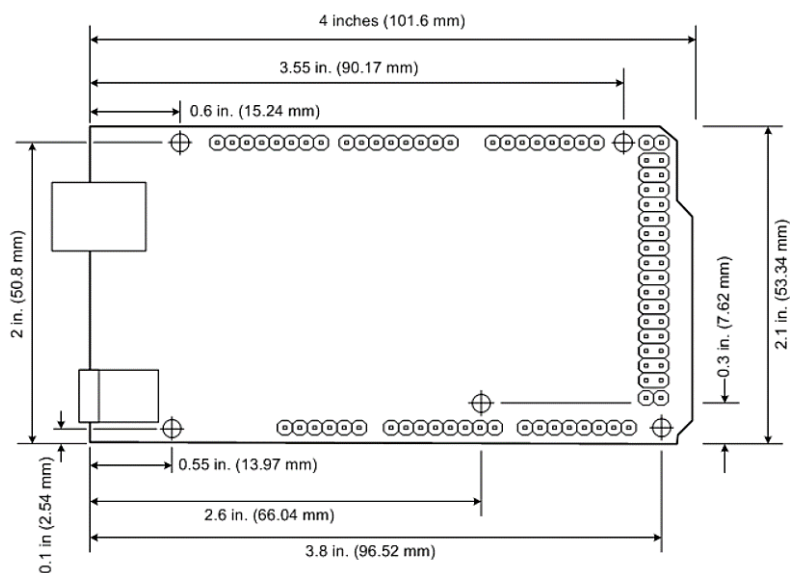
O componente principal do dispositivo portátil, responsável por todo o processamento, armazenamento e transmissão dos dados, foi o microcontrolador

Arduino Mega 2560, baseado no ATmega2560 (ARDUINO PRODUCTS, 2015) conforme (Figura 2).



**Figura 2** - Funcionamento interno do módulo central  
 (1) display (2) cabo de energia (3) placa arduino  
 Fonte: PEREIRA et al. (2018)

A Figura 3 especifica as dimensões do microcontrolador.



**Figura 3** - Dimensões Arduino Mega 2560  
 Fonte: Oliveira Júnior et al (2016)

O dispositivo portátil foi desenvolvido de acordo com os padrões de instalações elétricas em baixa tensão, definidos pela norma brasileira NBR 5410 (ABNT, 2004). A implementação das rotinas do dispositivo portátil é baseada na linguagem de programação C, codificada no Arduino Software IDE versão 1.0.5, que carrega essa compilação ao microcontrolador (ARDUINO, 2015).

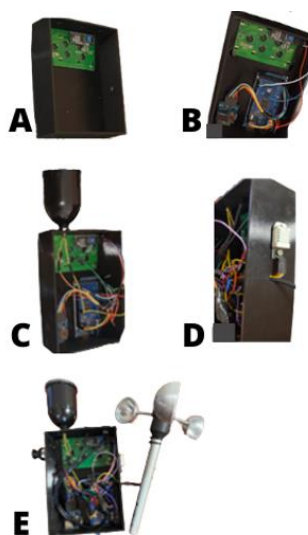
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 MONTAGEM DO DISPOSITIVO

O dispositivo móvel começou a ser desenvolvido através de um protótipo feito com uma caixa desenhada na Plataforma Tinkercard, um programa de montagem tridimensional online. Nesta caixa foram feitos oito orifícios para o encaixe dos sensores e display usados neste protótipo. 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, São Paulo).

Dentro da caixa foi colocado o microcontrolador Arduino Mega 2560, o display, um SD Card para gravar as informações de programação e o RTC (Real Time Clock – relógio digital). Nos orifícios desenhados foram colocados o sensor de temperatura e umidade, o sensor de temperatura do globo negro e o sensor de velocidade do vento. Estes sensores foram conectados através de fios no microcontrolador Arduino Mega 2560 para conseguir mensurar e mostrar os dados coletados no display.

Na Figura 4, foi representado o passo a passo da montagem do protótipo do dispositivo móvel. Na letra A foi colocado o display do protótipo; na letra B acrescentou-se o Arduino Mega 2560, o SD Card e o RTC; na letra C foi adicionado o globo negro segundo (HOLANDA et al., 2021); na letra D foi colocado o sensor DHT22 de TA e UR; na letra E o sensor de velocidade do vento foi adicionado ao protótipo.



**Figura 4** - Passos da montagem do protótipo  
(A) display posicionado (B) Arduino Mega 2560 adicionado (C) globo negro adicionado (D) sensor DHT22 posicionado (E) sensor de velocidade do vento adicionado  
Fonte: Pereira et al. (2018)

## 5.2 PROGRAMAÇÃO DO DISPOSITIVO

O sensor utilizado para mensuração da temperatura do ar e umidade relativa do ar foi conectado na entrada 6 do Arduino e o sensor utilizado para mensurar a temperatura de globo negro, foi colocado na entrada 7 do Arduino. Para o microcontrolador Arduino conseguir mensurar essas duas variáveis, foi utilizada a função “loop ()” que repete continuamente enquanto a placa é permitida, permitindo que o programa mude e responda a essas mudanças.

Outra variável mensurada no dispositivo foi a velocidade do vento a partir do sensor de anemômetro digital. Também foi utilizada a função “loop ()” para que o Arduino conseguisse mensurar.

A obtenção da temperatura de ponto de orvalho foi por meio da equação número 1, que foi inserida na programação do microcontrolador Arduino através da variável “double”, que é um número racional armazenado em um sistema de ponte flutuante com 64 bits, sendo 53 bits para a mantissa, 11 para o expoente e 1 para o sinal.

Após a montagem do dispositivo, a programação que orienta o funcionamento do Arduino foi desenvolvida em linguagem C++ e carregada na placa Arduino.

## 5.3 VALIDAÇÃO DO DISPOSITIVO

O dispositivo móvel foi validado com aparelhos comerciais, os dados de TA, UR, Tpo foram comparados aos de um aparelho comercial denominado AKROM KR911, no Laboratório de Desenvolvimento Computacional e Microeletrônica da Universidade Brasil, Descalvado – SP.

Os dados foram coletados entre os dias 13 e 15 de maio de 2022, em um período de oito horas, das 08h00 às 16h00, com aferições realizadas a cada dez minutos dentro de cada hora, totalizando um total de 1.323 dados, adaptado de Oliveira Júnior et al. (2018). Na Tabela 1 são apresentadas as médias das aferições do DUB e do aparelho comercial (AC), foi possível observar que no ambiente onde foi realizada a validação do dispositivo móvel a média da TA foi de  $22,60^{\circ}\text{C}\pm 0,254$  (DUB) e  $22,88^{\circ}\text{C}\pm 0,257$  (AC). Para as medidas de UR os valores observados foram de  $66,71\%\pm 1,112$  (DUB) e  $65,62\%\pm 0,930$  (AC). Para a VV os valores encontrados foram

de 1,39 m/s $\pm$ 0,055 (DUB) e 1,32 m/s $\pm$ 0,054 (AC). Ao se avaliar a Tpo observou-se os valores de 15,84°C $\pm$ 0,093 (DUB) e 15,90°C $\pm$ 0,082 (AC). Portanto, levando em consideração a média do erro padrão para as variáveis biometeorológicas mensuradas, os resultados podem ser considerados compatíveis e confiáveis para o DUB.

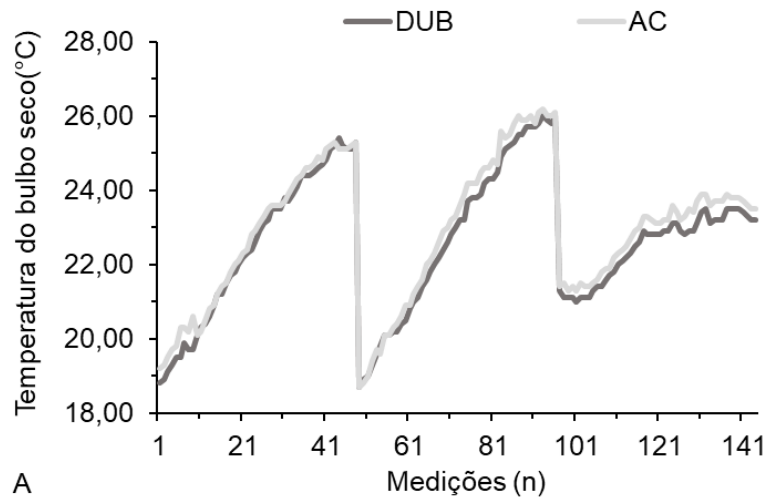
Em estudo conduzido por Oliveira Júnior et al. (2018) o autor observou maiores discrepâncias entre as medições realizadas pelos aparelhos testados, com diferenças de 0,69°C para a TA e 10,83% para a UR, com valores fora dos intervalos do erro padrão da média. Em estudo desenvolvido por Oliveira et al. (2021), além da verificação das medições realizadas por ambos os dispositivos, os autores realizaram a calibração do equipamento por meio da análise Bland-Altman, que é uma forma precisa de quantificar concordância entre duas variáveis (DOGAN, 2018).

Tabela 1 - Médias das variáveis biometeorológicas mensuradas pelos dispositivos Dispositivo Universidade Brasil (DUB) e Aparelho Comercial (AC), de acordo com os dias e períodos analisados .

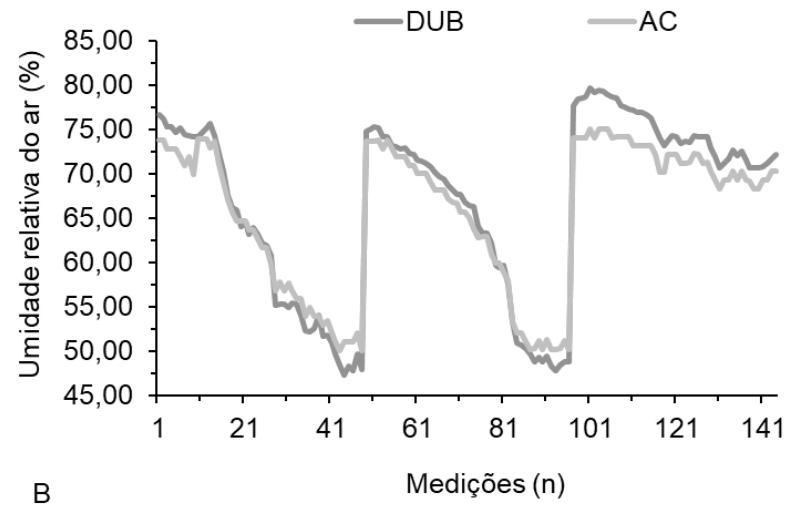
Dispositivos	Dias	n	Variáveis biometeorológicas			
			Temperatura do ar (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do ar (m/s)	Ponto de orvalho (°C)
AC	13/05	48	22,66 $\pm$ 0,289	62,22 $\pm$ 1,229	1,39 $\pm$ 0,050	14,86 $\pm$ 0,065
DUB	13/05	48	22,47 $\pm$ 0,303	62,17 $\pm$ 1,481	1,74 $\pm$ 0,051	14,61 $\pm$ 0,112
AC	14/05	48	23,11 $\pm$ 0,351	62,81 $\pm$ 1,259	1,35 $\pm$ 0,054	15,41 $\pm$ 0,112
DUB	14/05	48	22,84 $\pm$ 0,337	63,16 $\pm$ 1,429	1,61 $\pm$ 0,071	15,20 $\pm$ 0,129
AC	15/05	48	22,84 $\pm$ 0,131	71,80 $\pm$ 0,303	1,21 $\pm$ 0,058	17,41 $\pm$ 0,070
DUB	15/05	48	22,48 $\pm$ 0,123	74,78 $\pm$ 0,426	0,80 $\pm$ 0,044	17,71 $\pm$ 0,037

Média  $\pm$  erro padrão.

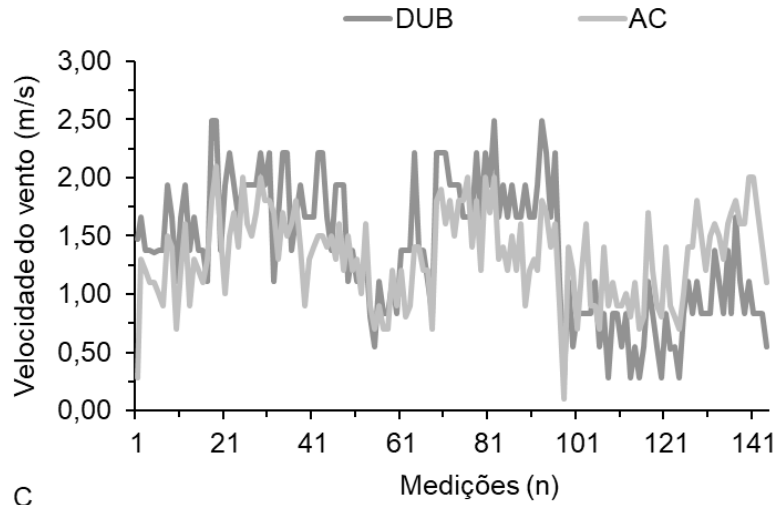
Na Figura 5 estão as médias dos resultados da temperatura do bulbo seco (A); umidade relativa do ar (B); velocidade do vento (C) e temperatura de ponto de orvalho (D), para o Dispositivo Universidade Brasil (DUB) e o aparelho comercial (AC), durante o período de validação do dispositivo. Semelhante ao que foi descrito anteriormente, foi possível verificar a acurácia do DUB em relação aos valores mensurados no AC, o que confere a validação do equipamento desenvolvido.



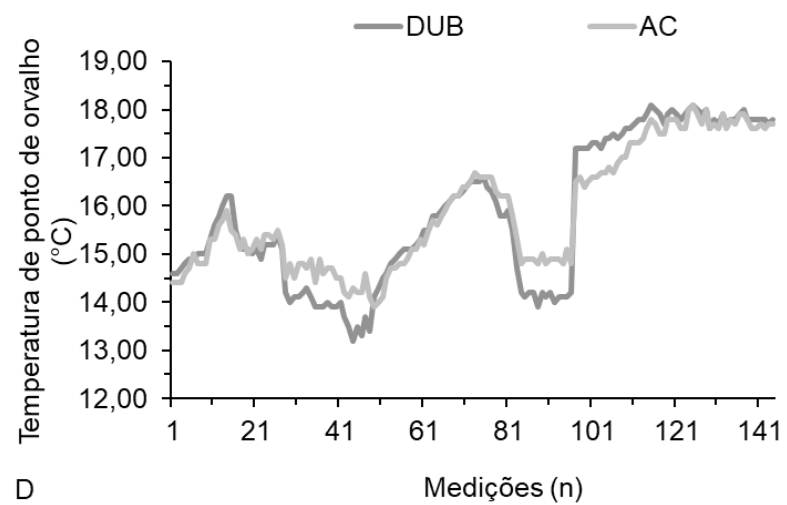
A



B



C



D

Figura 5 - Temperatura do bulbo seco (A); umidade relativa do ar (B); velocidade do vento (C) e temperatura de ponto de orvalho (D)

#### 5.4 CUSTOS DO DISPOSITIVO

O custo para a criação do dispositivo portátil foi de aproximadamente R\$551,40 convertido em dólar US\$ 106,44 comprados em 23 de julho de 2021, na plataforma Mercado Livre, considerando apenas os componentes eletrônicos, caneca Arpex e material de impressão 3D sendo: um microcontrolador Arduino Mega 2560 (US\$ 23,10), um display (US\$9,25), um SD Card e RTC (US\$ 6,74), dois sensores de temperatura e umidade do ar DHT22 (US\$ 16,18), caneca de alumínio de gravidade Arpex (US\$ 10,69), um anemômetro (US\$ 32,56) e material da impressão 3D(US\$ 7,72).

Oliveira Júnior et al. (2021) desenvolveram um equipamento capaz de mensurar variáveis biometeorológicas e calcular índices de conforto térmico para animais de produção pelo custo de US\$ 250,00 com destaque para maiores custos relacionados ao microcontrolador Arduino, ao sensor de temperatura e ao transmissor de *bluetooth*. Além deste, Oliveira Júnior et al. (2018) desenvolveu um dispositivo com o custo de US\$ 58,00 com função semelhante ao citado anteriormente, no entanto, considerando o aplicativo para visualização dos resultados. Este custo baixo se deve principalmente ao valor das peças, por exemplo o microcontrolador Arduino Mega 2560 foi comprado por US\$ 10,00 e a sensor DHT22 por US\$ 5,28 uma diferença de US\$ 13,10 e US\$ 10,90, respectivamente, quando comparado ao DUB. O aumento do dólar nesse período acarretou a diferença observada entre o DUB e os dispositivos desenvolvidos anteriormente pelos pesquisadores.

Carvalho et al. (2014) desenvolveram métodos para a análise do conforto térmico utilizando sensores eletrônicos para medição de variáveis biometeorológicas e um dispositivo de armazenamento de dados, com o custo de uma bola de cobre de 6 polegadas Instrutherm ESF-206 (INSTRUTHERM, 2018) de aproximadamente US\$ 135,00, um registrador de dados USB de umidade e temperatura Extech RHT10 (EXTECH, 2018) de aproximadamente US\$ 75,00 e um Tinytag Plus 2TGP-4500 (TINYTAG, 2018) pode ser comprado por em média US\$ 233,00. Neste caso, o custo do dispositivo para a mensuração e análise de conforto térmico varia entre US\$ 217,00 a US\$ 375,00. Desta forma, o DUB obteve uma redução de 50,94% a 71,61% do custo comumente aplicado em equipamentos para análise de conforto térmico. No entanto, vale mencionar que o custo de fabricação (mão de obra) foi desconsiderado na criação do aparelho portátil. Ao comparar o investimento aplicado na construção do dispositivo

móvel, sua mobilidade e a tecnologia utilizada considera-se um ganho significativo com relação ao custo total do equipamento e a forma de avaliação in loco concedida pelo dispositivo. No entanto, vale ressaltar a importância de desenvolver a programação para que o DUB seja capaz de mensurar e avaliar o conforto térmico das aves, semelhante ao que foi desenvolvido por Carvalho et al. (2014) e Oliveira Júnior et al. (2018).

## 5.5 IMPLICAÇÕES FUTURAS

O presente trabalho pode ser dividido em quatro fases, onde anterior a esta houve um estudo de revisão sistemática das variáveis biometeorológicas e dos índices de conforto térmico em aves de produção (frangos de corte, poedeiras comerciais e matrizes), onde foi realizada uma busca sistemática em bancos de dados com relação aos artigos publicados e às análises realizadas dentro do tema proposto.

Futuramente o DUB irá poder comparar os resultados dos dados biometeorológicos mensurados com os níveis ideais de cada linhagem e idade: frangos de corte (Cobb, Cobb Avian 48, Ross), matrizes (Cobb, Ross, Lohmann Brown, Lohmann LSL, Hy-Line W80, Hy-Line W36, Hy-Line Brown, Hisex Brown, Hisex White, Isa, Novogen Brown, Novogen White, Dekalb Brown, Dekalb White, Bovans) e poedeiras (Hy-Line W36, Hy-Line W80, Hy-Line Brown, Lohmann Brown Lite, H&N Brown, Lohmann LSL Lite, Hisex White, Hisex Brown, Dekalb White, Dekalb Brown, Bovans White, Novogen White, Novogen Brown, Isa Brown), estimar as condições psicométricas que definem o nível de estresse térmico das aves de produção e propor manejos capazes de resolver problemas relacionados às condições de conforto e de ambiência das instalações comerciais, informando isso no display do DUB.

Além disso, o equipamento será capaz de calcular os índices de conforto térmico de interesse para aves de produção, comparar com os intervalos ideais publicados na literatura e propor manejos específicos de acordo com a ambiência das instalações. Para tanto, o equipamento contará com armazenamento e transmissão de dados, com módulos receptores espalhados pelas instalações e com um aplicativo, o qual o produtor poderá visualizar as informações em tempo real, em conjunto com as sugestões quanto as tomadas de decisão.

## **6 CONCLUSÃO**

Concluiu-se que foi possível desenvolver e validar um dispositivo móvel capaz de mensurar as variáveis de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, temperatura de globo negro e temperatura de ponto de orvalho. Com custo de material a US\$ 106,44, obtendo uma redução de aproximadamente 50% em relação aos equipamentos comercializados no mercado.

## 7 REFERÊNCIAS

ABREU, P. G; ABREU, V.M.N. **Conforto térmico para aves** 2012. Disponível em: <https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/conforto-termico-aves-t37559.htm>. Acesso em 15 de maio de 2022.

ALBINO, L. F. T.et al. M. **Galinhas Poedeiras Criação e Alimentação**. Ed. Aprenda Fácil, 376 p. 2014.

ALVES, S.P., SILVA, I.J.O., PIEDADE, S.M.S. Laying hens welfare evaluation: effects of rearing system and bioclimatic environment on performance and egg quality. **Braz. J. Anim. Sci.** 36 (5), 1388–1394, 2007.

AMARAL, A. G.; et al. . Efeito do ambiente de produção sobre frangos de corte sexados criados em galpão comercial. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** , v. 63, p. 649-658, 2011.

ANDRADE, R. R. **Determinação da faixa de conforto térmico para galinhas poedeiras na fase inicial de criação**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

ARDUINO PRODUCTS. **Arduino Mega** 2560. 2015. Disponível em: <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>. Acesso em: 20 novembro 2021.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed., p. 269, Viçosa: UFV, 2010.

BAÊTA, F.C. et al. Desempenho da ventilação forçada no interior de galpões de corte, em função do posicionamento dos ventiladores e orientação do fluxo de ar, no verão. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30., 2001. **Anais...** Foz do Iguaçu: CONBEA, 2001.

BARACHO, M. S. et al Ambiente interno em galpões de frango de corte com cama nova e reutilizada. **Revista Agrarian, Dourados**, v.6, n.22, p.473-478, 2013.

BEDFORD, T.; WARNER, C. G. The globe temperature in studies of heating and ventilation. **Industrial Health Research Board**, p. 7. 1934.

BONTEMPI, A.; FUJJI, A.T. **Análise experimental do conceito de umidade relativa do ar**. Disponível em: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospd/pdebusca/producoes\\_pde/2013/2013\\_uel\\_fis\\_artigo\\_alessandro\\_bontempi.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospd/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uel_fis_artigo_alessandro_bontempi.pdf), 2013. Acesso em 12 de maio de 2022.

BOTTJE, W. G.; HARRISON, P.C. Effects of carbonated water on growth performance of cockerels subjected to constant and cyclic heat stress temperature. **Poultry Science**, v. 64, n. 1, p.107-113, 1985.

BRIDI, A. M. **Instalações e ambiência em produção animal**. Disponível em: [http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia\\_arquivos/InstalacoeseAmbienciagemProducaoAnimal.pdf](http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/InstalacoeseAmbienciagemProducaoAnimal.pdf). Acesso em: 03 de maio de 2022.

BUFFINGTON, D. E.; et al. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactionsofthe ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

CAMARGO, T. F.; et al. Thermal comfort monitoring in aviaries by a real-time data acquisition system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.23, n.9, p.694-701, 2019.

CAMPBELL, G. S.; NORMAN, J. M. An Introduction to Environmental Biophysics, 2<sup>nd</sup> edn. **Springer**, New York, 1998.

CAMPOS, A. T.; et al. Eficiência de sistema de aquecimento auxiliar para aviários, com base nos índices de conforto térmico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 3, p. 703-711, 2013.

CÂNDIDO, M. G. L.; et al. Determination of thermal comfort zone for early-stage broilers. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 5, p. 760-767, set./oct. 2016.

CARVALHO, C.C.S., et al. Animal and human thermal comfort in poultry houses in Brazilian semiarid. **Braz. J. Agric. Environ. Eng.** 18 (7), 769–773. 2014

CASSUCE, D.C.; et al.. Atualização da temperatura do conforto térmico para frangos de corte até 21 dias de idade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.28-36, 2013.

CASTILHO, V.A.R.; et al. **Bem-Estar de galinhas poedeiras em diferentes densidades de alojamento**. 2015. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/448d/3efcef27304f168eb85b38612b49986f9e39.pdf>. Acesso em 17 de maio de 2022.

CAVALCHINI, L. G. **El Pavo: cría, incubación, patologia**. 1 ed. Madrid: MundiPrensa, 1985.

COBB. **Manual de manejo de frangos Cobb 500: guia de manejo**. São Paulo: CobbVantress Brasil, 2018.

COSTA, E. M. S et al. Medidas para avaliar o conforto térmico em aves. **PUBVET**, Londrina, v. 6, n. 31, ed. 218, Art. 1452, 2012.

COSTA, E.V., **Medidas da Umidade Relativa do Ar em um Ambiente Fechado**. 2003, Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/7TtLCYgJpPrtvQtvqGXjfd/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 10 de maio de 2022.

DAMASCENO, F. A.; et al. Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois galpões comerciais climatizados. **Ciência agrotecnológica**, Lavras, v. 34, n. 4, p.1031-1038, ago. 2010.

DA SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. The Environment, In: **Principles of Animal Biometeorology**. Vol2. Springer, Dordrecht, 2013, p. 1-41.

DOGAN, F., et al. Numerical study of mechanically ventilated broiler house equipped with evaporative pads, *Comput. Electron. Agric.* 101–109, 2018

EXTECH. **Extech RHT10**: Humidity and Temperature USB Datalogger. 2018 Disponível em: < <http://www.extech.com/display/?id=14707> >

FAMIGLIETTI, C. A.; et al. Global Validation of MODIS Near-Surface Air and Dew Point Temperatures. **Geophysical Research Letters**, v 45, p. 7772–7780, 2018.

FERNANDES, H.C., et al. Effect of heating and cooling of floors in the performance of lactating mothers and piglets. *Revista Ceres* 58 (6), 701–706. 2011.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, p. 296, 2016.

FIORELLI, J., et al. Influência de diferentes materiais de cobertura no conforto térmico de instalações para frangos de corte no oeste paulista. **Engenharia Agrícola**, v; 30, n.5, 986–992, 2010.

FURTADO, D. A., et al. Análise do Conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 559-564, 2003.

GOMES, R.C.C et al. Prediction of black globe humidity index and of the impact of climate changes on acclimatized broiler houses. **Rural Sci.** V. 41, n 9, 1645–165, 2011.

HOLANDA, M.C.F, et al. **Validação de um datalogger para medidas do itgu em instalações de bovinos**, 2021 Disponível Em: file:///C:/Users/Neto/Downloads/TRABALHO%20CRISANE%20PUBLICADO%20NA%20CONTEC%2007-06-22.pdf. Acesso em 06 de junho de 2022.

HUMANE FARM ANIMAL CARE. Bem-estar animal. 2014. Disponível em: <https://certifiedhumanebrasil.org/>. Acesso em: 23 novembro 2021.

INSTRUTHERM. **Esfera Mod Esf-206**. 2018. Disponível em:<<https://www.instrutherm.net.br/esfera-mod-esf-206-usada-no-mod-tgd-200-de-cobre-cpm-6-polegadas-de-diametro.html>> Acesso em: 24 novembro 2021

JÁCOME, I.M.T.D., et al. Evaluation of thermal comfort indexes for laying-hen houses in the northeast of Brazil. **Braz. J. Agric. Environ. Eng.** v. 11 n. 5, p. 527–531. 2007.

JONES, T. A.; DONNELLY, C. A.; DAWKINS, M. S. Environmental and management factor affecting the welfare of chickens on commercial farms in the United Kingdom and Denmark stocked at five densities. **Poultry Science**, v.84, p.1155-1165, 2005.

LAWRENCE, M. G. The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air. **American Meteorological Society**, p.225-233, fev. 2005.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2 ed., p. 375, 2002

MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. Jaboticabal: Funep 1 ed., p. 806, 2017.

MACK, L. A., et al. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry Science**, v. 92, p 285-294, 2013.

MATHUR, P.K., HORST, P. Genotype by environment interactions in laying hens based on relationship between breeding values of sires in temperate and tropical environments. **Poultry Science**, v.8, p 1777-1784, 1994.

MEDEIROS, L.F.D. VIEIRA, D.H, **Bioclimatologia Animal**, 1997. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/bioclimatologiaanimal/files/2011/03/ApostiladeBioclimatologia-Animal.pdf>. Acesso em 25 de maio de 2022.

MENEGALI, I., et al. Desempenho produtivo de frangos de corte em diferentes sistemas de instalações semiclimatizadas no sul do Brasil. **Engenharia na Agricultura**, v.18, p.461- 471, 2010.

OLIVEIRA JUNIOR, A. J. **Dispositivo móvel para análise de conforto térmico e ambiência**. 2016. 92 f. Dissertação (Mestrado em de Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu, 2016.

OLIVEIRA JUNIOR, A.J.; et al. 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.

OLIVEIRA JUNIOR, A. J., et al. System for assessing broilers thermal comfort. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2021

OLIVEIRA, R.F.M., et al. **Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade**. 2006, Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/w63yqdrjCxZhhcZsGBxBBbc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 10 de maio de 2022.

OLIVEIRA, P. A. V., et al. Efeito do tipo de telha sobre o acondicionamento ambiental e o desempenho de frangos de corte. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: FACTA, p.297-298. 1995.

PEREIRA, L.A.M., et al. **Certificado de registro de Programa de Computador. Orientação do conforto térmico em instalações de animais de produção**. Brasil. Processo nº BR512018051702-1. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. 27/08/2018. Disponível em:

<<http://www.pmppa.com.br/producao/baixar.php?codigo=a6dde9b4eff69bcf5c59984b656a117b.pdf>> Acesso em: 06 de junho de 2022.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, v.100, p. 8645-8657, 2017.

RENAUDEAU, D.; et al. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, v.6, p.707-728, 2011.

RODRIGUES, L.P. Da Fisiologia à Sociologia? Elementos para uma revisão da história teórica da sociologia sistêmica. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**. Porto Alegre, v. 28, p. 82, 2013.

ROSSI, P. R. Sistemas de climatização de instalações avícolas. In: Simpósio Internacional sobre Ambiente e Sistemas de Produção Avícola, 1998, Concórdia, SC. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1998. p.42-56. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 53).

SANTOS, G. B., et al. Estudo bioclimático das regiões litorânea, agreste e semiárida do estado de Sergipe para avicultura de corte e postura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n.1, p. 123-128, 2014.

SARUBBI, J., et al. Nocturnal thermal comfort in facilities for growing swines. *Campbell Scientific Agric. Eng.* v. 32, n. 6, p. 1034–1040. , 2018.

SEVEGNANI, K. B. **Avaliação de tinta cerâmica em telhados de modelos de escala reduzida, simulando galpões para frangos de corte**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP, 1997.

SILVA, R. G. **Introdução a bioclimatologia animal**. São Paulo, Nobel, 2000.

TINYTAG. **Rugged, waterproof temperature and relative humidity logger with built-in sensors**. 2018. Disponível em: <<https://www.geminidataloggers.com/dataloggers/tinytag-plus-2/tgp-4500>> . Acesso em 15 de maio de 2022.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.3, n.1, p.1-26, 2001.

\_\_\_\_\_. **A granja de frangos de corte**. In: Mendes A A, Nãas IA & Macari M (Eds.) Produção de frangos de corte. Campinas. FACTA, p. 55-84. 2004

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; PLAVNIK, I.; HURWITZ, S. Effects of diurnally cycling versus constant temperatures on chicken growth and food in take. **British Poultry Science**, v.37, n.1, p. 43-54, 1996.

YANAGI, T.J; et al. **Efeito do ambiente de produção sobre frangos de corte sexados criados em galpão comercial**, 2011. Disponível Em:

<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/7cwR7C9TDSfhPC68ybbQHny/?format=pdf&lang=pt>.  
Acesso em 17 de maio de 2022.