



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**LUANA BARBOSA FREIRE DE FIGUEIREDO**

**SISTEMA DE CONTROLE TÉRMICO DE BAIXO CUSTO EM BAIAS  
DE TERMINAÇÃO DE SUÍNOS**



**JUAZEIRO - BA**

**2023**

**LUANA BARBOSA FREIRE DE FIGUEIREDO**

**SISTEMA DE CONTROLE TÉRMICO DE BAIXO CUSTO EM BAIAS  
DE TERMINAÇÃO DE SUÍNOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Campus Juazeiro – BA como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvia Helena Nogueira Turco

Coorientador: Prof. Dr. Pablo Teixeira Leal de Oliveira

**JUAZEIRO - BA**

**2023**

Figueiredo, Luana Barbosa Freire de

F475s

Sistema de controle térmico de baixo custo em baias de terminação de suínos / Luana Barbosa Freire de Figueiredo. Juazeiro-BA, 2023.

100 f.: il.; 29 cm

Dissertação de Mestrado (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro-BA, 2023.

Orientadora: Prof.(a) Dra. Sílvia Helena Nogueira Turco.

1. Suinocultura. 2. Ambiência - Pecuária digital. 3. Climatização. 4. Zootecnia de Precisão. I. Título. II. Turco, Sílvia Helena Nogueira (Orient.). III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 636.4

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF

Bibliotecário: Fábio Santiago

CRB5/1785

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUANA BARBOSA FREIRE DE FIGUEIREDO

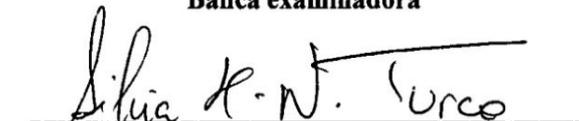
SISTEMA DE CONTROLE TÉRMICO DE BAIXO CUSTO EM BAIAS DE

TERMINAÇÃO DE SUÍNOS.

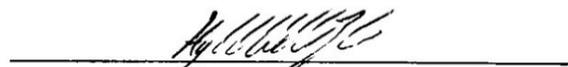
.. Dissertação apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Juazeiro, como requisito para obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola.

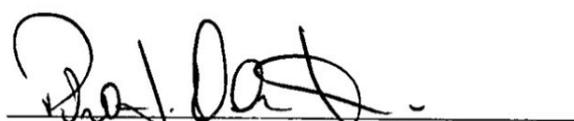
Aprovado em: 31 de outubro de 2023

Banca examinadora

  
Prof. Dra. Sílvia Helena Nogueira Turco  
(PPGEA/UNIVASF) (Orientadora)

  
Prof. Dr. DSc Dian Lourençoni

  
Prof. Dr. DSc. Hugo Colombarolli Bonfá

  
Prof. Dr. DSc Pablo Teixeira Leal de Oliveira

*Dedico esta dissertação a minha Mãe Joana Iara e a  
minha Avó Lúcia Barbosa de Figueiredo.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a DEUS, por tudo que fazes por mim e por não ter me deixado desistir sempre me aparando e me mantendo firme na Fé, sem nunca me abandonar. Agradeço também a minha família, minha mãe e minha avó, por serem minha base e minha fortaleza nos dias mais difíceis.

A minha orientadora e professora Dr<sup>a</sup>. Silvia Turco, por toda ajuda ensinamento e incentivo que mesmo nas adversidades da vida nunca me desamparou, obrigada por tudo. Ao meu coorientador, professor Dr. Pablo Teixeira por todo apoio, dedicação, ensinamentos e conselhos.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) por toda estrutura fornecida e todos os professores do PPGEA e funcionários que fazem parte dessa instituição meus sinceros agradecimentos. E ao Instituto Federal (IF-Sertão) Zona rural, pela disponibilidade do laboratório IFEduca e toda estrutura fornecida.

Ao aluno Giovanni Antherreli e ao professor Dr. Daniel Costa por ajudar no desenvolvimento do trabalho e disponibilizar o laboratório de Energia na Agricultura (LENA-UNIVASF). Ao servidor da UNIVASF, Hideo de Jesus Nagahama pela ajuda e ensinamentos compartilhados.

Aos alunos Débora, Ayalla, Raquel e Otoniel Cajuí Bonfim da UNIVASF por toda ajuda, apoio e incentivo e, também aos alunos IF-Sertão zona rural, Antônio Henrique, Hércules, Ramon, Ana Júlia e Lucas por toda dedicação e ajuda durante o trabalho.

Aos funcionários da granja Suinocultura do Vale, Fabiana e Maycon pela grande ajuda na realização do experimento, e também ao proprietário da granja Isael Amaral, pela disponibilidade da infraestrutura e dos animais, sou grata por tudo.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), que também concedeu a bolsa de estudos do mestrado, a qual contribuiu para a realização desta pesquisa.

"Tentar Sempre, Conseguir Talvez, Desistir  
Jamais". – Autor Desconhecido.

## RESUMO

A carne suína é a proteína mais consumida no mundo e o Brasil destaca-se como um importante produtor e exportador desse produto. As regiões Sul e Sudeste do Brasil lideram essa produção, ficando a região Nordeste, em especial a região Semiárida, com sistemas de criação independentes e com baixos níveis de tecnificação. Estes fatores somados a um clima caracterizado por temperaturas elevadas e altos níveis de radiação térmica resultam em baixos índices produtivos da suinocultura na região. Visando contribuir com a melhoria da cadeia produtiva da suinocultura da região Nordeste, esse projeto teve como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de baixo custo para controle do ambiente térmico em baias de terminação de suínos. O protótipo foi desenvolvido e a sua validação e análise de desempenho realizadas na granja Suinocultura do Vale, localizada em Casa Nova, Bahia. Com base no trabalho executado, pode-se concluir que o controlador térmico teve sua funcionalidade comprovada e foi correspondente com a comparação realizada entre ele e o equipamento certificado (*Data logger*). O tratamento de aspersão apresentou melhores resultados para os índices ambientais, como também para os parâmetros fisiológicos e de desempenho. Porém, nenhum dos tratamentos estudados ficaram fora das condições que prover níveis elevados de estresse térmico pelo calor para esses animais e as baias climatizadas podem melhorar os níveis de conforto térmico deles, concedendo-lhes o bem-estar animal.

**Palavras-chave:** Suinocultura; Ambiente; Protótipo, pecuária digital.

## ABSTRACT

Swine is the most consumed protein in the world and Brazil stands out as an important producer and exporter of this product. The South and Southeast regions of Brazil lead this production, with the Northeast region, especially the Semi-Arid region, with independent breeding systems and low levels of technology. These factors, combined with a climate characterized by high temperatures and high levels of thermal radiation, result in low production rates for pig farming in the region. Aiming to contribute to the improvement of the pig farming production chain in the Northeast region, this project aimed to develop a low-cost prototype for controlling the thermal environment in pig finishing pens. The prototype was developed and its validation and performance analysis carried out at the Suinocultura do Vale farm, located in Casa Nova, Bahia. Based on the work carried out, it can be concluded that the thermal controller had its functionality proven and corresponded to the comparison carried out between it and the certified equipment (*Data logger*). The spray treatment showed better results for environmental indices, as well as for physiological and performance parameters. However, none of the treatments studied were outside the conditions that provide high levels of thermal stress for these animals and air-conditioned stalls can improve their thermal comfort levels, providing them with animal well-being.

**Keywords:** Pig farming; Environment; Prototype, digital farm.

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Produção mundial das carnes (suínos, aves e bovinos), em milhões de ..  | 18 |
| Figura 2 - Consumo per capita de carne suína (kg/hab) no período de 2012 a 2022.<br>.....  | 19 |
| Figura 3 - Participação no mercado brasileiro de carnes e posição do ranking em 2019.<br>.....   | 20 |
| Figura 4 - Algumas das vias de ganho e perda de calor associados à homeotermia dos suínos. ....  | 27 |
| Figura 5 - Zona de termoneutralidade e esquema do perfil termorregulador da temperatura corpórea em função da temperatura ambiente.....  | 29 |
| Figura 6 - Algumas respostas fisiológicas e comportamentais dos suínos ao estresse por calor. ....   | 31 |
| Figura 7 - Esquema do controlador térmico. ....  | 42 |
| Figura 8 - Software Arduino IDE utilizado na programação do protótipo.....   | 43 |
| Figura 9 – Diagrama esquemático do controlador.....  | 43 |
| Figura 10 – Data loggers sendo instalados nas baias de terminação de suínos para a realização dos testes das médias de temperatura do galpão.....  | 44 |
| Figura 11 - Esquema com todos os componentes do controlador (A), bomba de ½ cavalo, interligada ao sistema de aspersão (B) e ventilador de parede de 60cm que funcionava na baia de aspersão com ventilação..... | 46 |
| Figura 12 - Sistema de microaspersão com os aspersores nas baias de aspersão e aspersão com ventilação e motobomba interligada a caixa d'água que distribuía a água para os conectores.....                      | 47 |
| Figura 13 - Bais experimentais mostrando os dois aspersores circulados em vermelho e o ventilador de parede fixo a dois metros de altura na coluna inclinado para baia de aspersão com ventilação.....           | 47 |
| Figura 14 - Planta baixa da instalação dos suínos.....   | 49 |
| Figura 15 - Corte Transversal (Corte AA) e Corte Longitudinal (Corte BB) da instalação de suínos.....  | 50 |
| Figura 16 – Detalhe das baias experimentais e localização dos equipamentos utilizados. ....  | 51 |
| Figura 17 - Croqui das Instalações de suínos na área de produção da fazenda.....   | 52 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 18 - Foto aérea do ciclo completo da granja Suinocultura do Vale. ....  | 52 |
| Figura 19 - Seleção dos suínos para o experimento. ....  | 53 |
| Figura 20 - Colocação dos brincos nos suínos.....  | 54 |
| Figura 21 - HOBO Data loggers. ....  | 55 |
| Figura 22 - Localização externa do data logger para medição da temperatura e umidade do ar e globo negro.....  | 56 |
| Figura 23 - Pontos de coleta das temperaturas superficiais dos suínos. ....  | 58 |
| Figura 24 - Coleta da temperatura retal dos suínos. ....   | 59 |
| Figura 25 - Pesagem dos suínos.....  | 60 |
| Figura 26 - Gráfico de dispersão da Temperatura do Ar (Tar) do sensor do controlador com o sensor do data logger HOBO. ....  | 61 |
| Figura 27 - Gráfico de dispersão da Umidade Relativa (UR) do sensor do controlador com o sensor do data logger HOBO. ....  | 63 |
| Figura 28 - Índice da Entalpia (H) ao longo das 24 horas, nos três tratamentos: Controle (C), Aspersão (A) e Aspersão com Ventilação (A+V) e ambiente externo..                                    | 67 |
| Figura 29 - Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), ao longo das 24 horas, nos três tratamentos: Controle (C), Aspersão (A), Aspersão com Ventilação (A+V) e ambiente Externo. .... | 69 |
| Figura 30 - Índice de Temperatura e Umidade (ITU), ao longo das 24 horas, nos três tratamentos: Controle (C), Aspersão (A), Aspersão com Ventilação (A+V) e ambiente Externo.....                  | 70 |
| Figura 31 - Umidade Relativa do ar (UR), ao longo das 24 horas, nos tratamentos e ambiente Externo. ....   | 72 |

## LISTAS DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Densidades estipuladas pela Instrução Normativa nº 113 do MAPA. ....   | 25 |
| Tabela 2 – Zona de Termo neutralidade, Temperatura Crítica Inferior (TCI) e Temperatura Crítica Superior (TCS) para suínos em diferentes fases, todas as temperaturas em Graus Célsius.....   | 32 |
| Tabela 3 – Importância da ambiência na fase de reprodução.....  | 36 |
| Tabela 4 – Indicadores estatísticos para comparação do sensor interligado ao Controlador térmico e do sensor data logger HOBO, para Temperatura do Ar (TA), pelo Teste-T. ....  | 62 |
| Tabela 5 – Indicadores estatísticos para comparação do sensor interligado ao Controlador térmico e do sensor data logger HOBO, para Umidade Relativa (UR), pelo Teste-T.....  | 64 |
| Tabela 6 – Valores médios da Temperatura do ar (Tar), Umidade Relativa do ar (UR), H (Entalpia), ITGU (Índice de Temperatura do Globo e Umidade), ITU (Índice de Temperatura e Umidade) com os dados do data loggers HOBO, ao decorrer do dia durante o período experimental nos três tratamentos: Controle (C), Aspersão (A) e Aspersão com Ventilação (A+V). .... | 65 |
| Tabela 7 – Valores médios da Temperatura Superficial (TS), Temperatura Retal (TR), Frequência Respiratória (FR), em dois horários as 08:00 e as 15:00 horas. ....   | 73 |
| Tabela 8 – Valores médios da Temperatura Superficial (TS), Temperatura Retal (TR), Frequência Respiratória (FR), Ganho de Peso Médio Diário (GPMD) e Conversão Alimentar (CA), nos três tratamentos: Controle (C), Aspersão (A) e Aspersão com Ventilação (A+V). ....   | 74 |
| Tabela 9 – Custo aproximado do protótipo desenvolvido.....  | 78 |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO .....  | 14 |
| 2 OBJETIVOS .....   | 16 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL .....  | 16 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....   | 16 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....  | 17 |
| 3.1 PRODUÇÃO DE SUÍNOS.....   | 17 |
| 3.2 BEM-ESTAR NA SUINOCULTURA .....   | 23 |
| 3.3 INFLUÊNCIA DO AMBIENTE TÉRMICO NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS .....                                | 26 |
| 3.4 INFLUÊNCIA DAS INSTALAÇÕES NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS.....                                     | 34 |
| 3.5 CLIMATIZAÇÃO.....   | 37 |
| 3.6 ZOOTECNIA DE PRECISÃO .....   | 39 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS .....   | 41 |
| 4.1. ETAPA 01: DESENVOLVIMENTO DO CONTROLADOR DO PROTÓTIPO .....                              | 41 |
| 4.2. ETAPA 02: VALIDAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE TÉRMICO EM BAIAS DE TERMINAÇÃO DE SUÍNOS..... | 48 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 61 |
| 6. CONCLUSÕES .....   | 80 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 81 |

## 1 INTRODUÇÃO

A carne suína atualmente é a carne mais consumida no mundo. Sendo que, o Brasil é o quarto maior produtor e exportador de carne suína a nível mundial (ABPA, 2023). Mesmo sendo um dos maiores produtores de suínos do mundo, existem regiões brasileiras que apresentam baixo consumo desta carne. Como é o caso da região Nordeste, que além do baixo consumo tem-se também uma baixa produção.

No ano de 2021 o nordeste brasileiro chegou a uma produção de 44.483 toneladas de carne suína produzidas nesta região, representando 0,91% de toda a produção brasileira, mas, mesmo assim, esta região é considerada de grande potencial para desenvolvimento da suinocultura, com grande potencial para o crescimento e expansão desta atividade (IBGE, 2022; ABCS, 2018).

Vários são as dificuldades em que os produtores nordestinos de suínos enfrentam, sendo o clima uma das principais, influenciando o ambiente térmico das instalações, devido aos baixos índices pluviométricos, baixa umidade e altas temperaturas durante praticamente o ano todo (EMBRAPA, 2020).

Estas variáveis meteorológicas podem causar desconforto térmico, alterações comportamentais e comprometer os índices produtivos e reprodutivos dos suínos, ou seja, pode ocasionar perda na produção de suínos. Por esse motivo, é de suma importância conhecer e entender estas variáveis que agem diretamente no desempenho do animal, causando estresse térmico, para que se possam realizar melhorias no ambiente das instalações (CECCHIN *et al.*, 2016).

Os suínos quando sofrem estresse térmico pelo calor, realizam mecanismos metabólicos para manter sua homeotermia (SILVA *et al.*, 2013). Sendo assim, as instalações destes animais devem ser adequadas para proporcionar um ambiente térmico dentro de uma faixa de conforto térmico (OLIVEIRA, 2017). Tornando-se essencial a garantia do bem-estar animal para esses animais, contemplando assim, as cinco liberdades, sendo livre de fome e sede; livre de desconforto físico e térmico; livre de medo e estresse; livre de dor e doença e livre para expressar os comportamentos naturais da espécie (MARQUEZ, 2020).

Dessa forma, existem diversas opções que visam minimizar os efeitos do

estresse térmico sobre os animais no ambiente das instalações que podem ser chamadas de modificações primárias e secundárias (SILVA *et al.*, 2012).

As modificações primárias, são mais acessíveis e estão relacionadas com as instalações, como exemplo a arborização ao redor das instalações que ajudam no sombreamento das baias, os quebra ventos, a ventilação natural, as cortinas, a localização e orientação das instalações, entre outros, essas modificações são de simples execução e adequa-se ao acondicionamento térmico natural das instalações (SILVA *et al.*, 2012; PINHO, 2017).

Já as modificações ambientais secundárias, são alternativas artificiais de controle do ambiente térmico que vem modificando o manejo do microambiente nas instalações utilizando técnicas, como exemplo a ventilação artificial ou mecânica, o uso da nebulização, ou até mesmo a irrigação por aspersão sobre os animais, tem-se também o resfriamento do ar, a utilização de exaustores, o uso de escamoteadores nas maternidades e demais outras modificações que são alternativas para os produtores (SILVA *et al.*, 2012; PINHO, 2017).

Com isso, a criação de suínos no Nordeste, na maioria das vezes, está voltada para subsistência, ou seja, para agricultura familiar. Além disso, caracteriza-se por ser um setor suinícola de baixa técnicas e mecanizações, com um clima que possui altas temperaturas ambientais e baixa umidade relativa do ar e com a produção de suínos que geralmente não tem acesso a essas alternativas de modificações ambientais (MARINHO, 2009; SILVA, 2019).

Todavia os pilares da produção animal, como o ambiente, as instalações, o manejo, a sanidade, a genética e a nutrição quando administrados corretamente são fatores determinantes para o aumento da produtividade, sendo eles essenciais, de modo que, devem andar atrelados (OLIVEIRA, *et al.*, 2014).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um protótipo de baixo custo para controle do ambiente térmico em baias de terminação de suínos.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o ambiente térmico das baias com aspersão, aspersão mais ventilação e sem nenhum sistema de resfriamento;
- Avaliar as respostas fisiológicas de suínos em terminação submetidos aos diferentes tratamentos;
- Avaliar o consumo de alimento e os parâmetros produtivos dos suínos em terminação submetidos aos diferentes tratamentos.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 PRODUÇÃO DE SUÍNOS

A carne suína é a carne mais consumida no mundo (OECD, 2023). No ano de 2022 a carne suína teve uma produção mundial de 113.775 mil toneladas (ABPA, 2023).

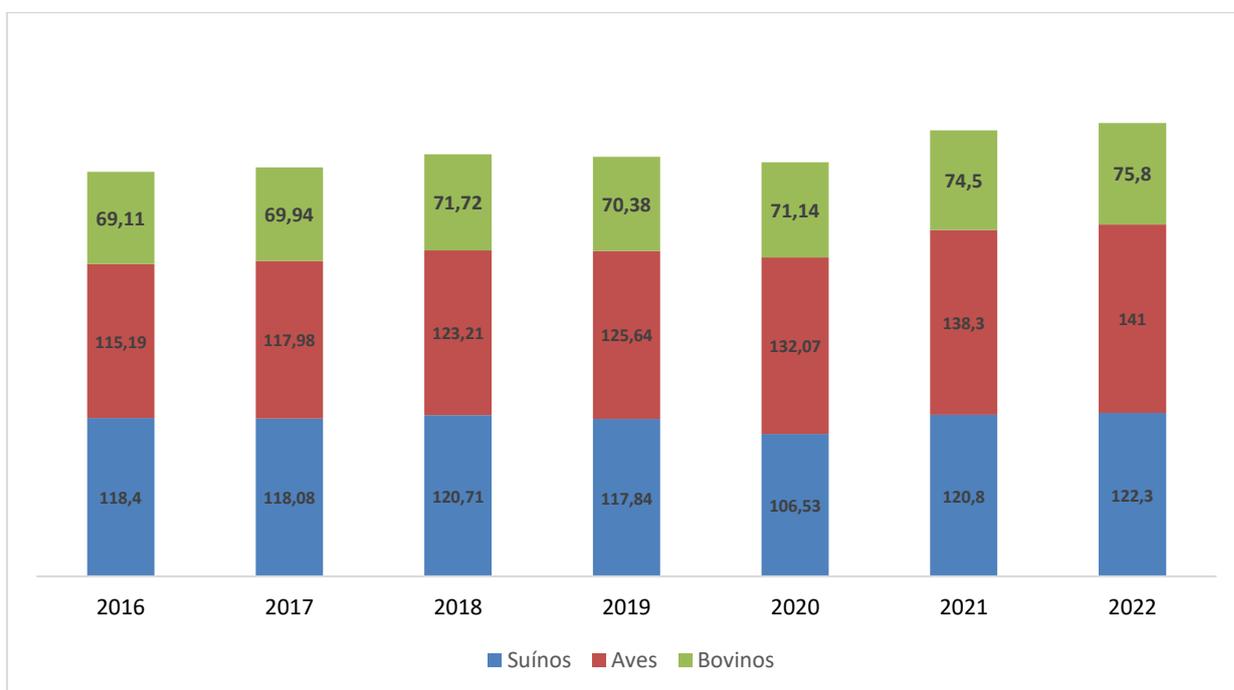
Com relação ao consumo de carne suína, a China consumiu cerca de 55,50 milhões de toneladas, a União Europeia, cerca de 21,75 milhões de toneladas e os EUA, cerca de 12,42 milhões de toneladas (USDA, 2023). No ano de 2022, esses países também se destacaram no ranking dos países que foram maiores produtores de carne suína do mundo, a China permaneceu em primeiro lugar, com uma produção de 55.000 mil toneladas, a União Europeia, em segundo, com 22.670 mil toneladas e, em terceiro, os EUA, com 12.252 mil toneladas da produção de carne suína mundial (ABPA, 2023).

No ano de 2020, devido há alguns surtos de peste suína, no continente asiático, houve uma queda na produção, assim, a produção de carne avícola passou a ocupar o primeiro lugar no ranking das carnes mais produzidas no mundo (YUN, 2020; FAO 2020). Mas no ano de 2023, a carne suína voltou a ser a carne mais consumida (OECD, 2023).

A carne suína exerce um compromisso considerável nas opções alimentares dos consumidores mundialmente, sendo ela rica em nutrientes, vitaminas, minerais, e as novas perspectivas mais atuais e as pesquisas demonstram que muito em breve aumentará a demanda e procura por este tipo de carne (OECD/FAO, 2022; WUSHENG YU, 2022). Com a intensificação das práticas de manejo, a modernização e a elevação do padrão genético dos suínos, pode-se ter um aumento de até 50% no consumo desse tipo de carne, até o ano de 2050 (MAYORGA et al., 2019).

A Figura 1 mostra a quantidade de carne produzida no mundo, nos anos de 2016 a 2022, por categoria.

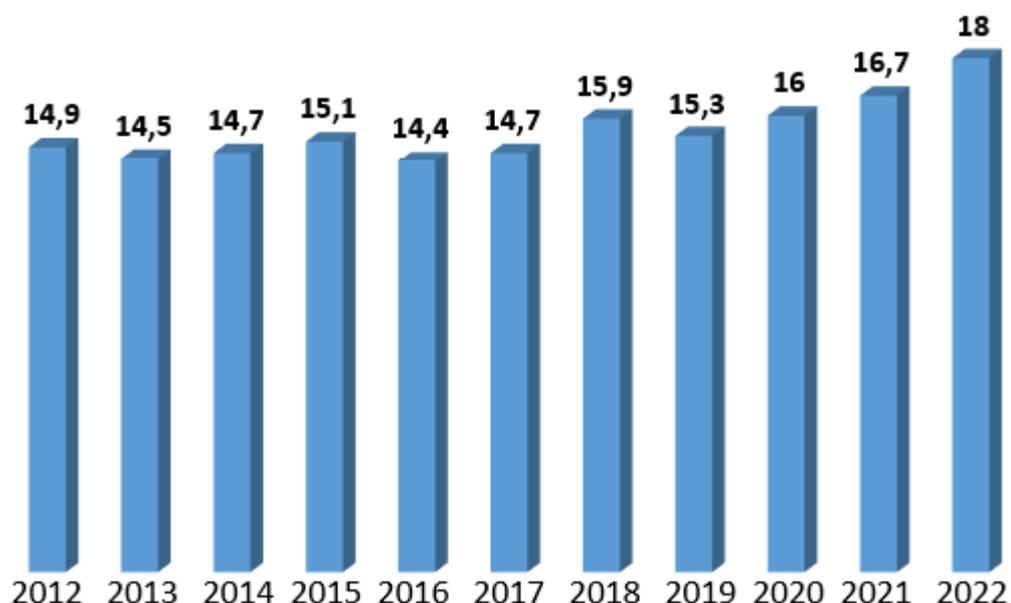
**Figura 1** - Produção mundial das carnes (suínos, aves e bovinos), em milhões de Toneladas, no período de 2016 a 2022.



Fonte: Dados da FAO (2023); ABPA (2023).

No ano de 2022, no Brasil o consumo per capita de carne de suínos no país foi de 18,0 kg/habitante/ano (Figura 2), (ABPA, 2023). O Relatório Anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2023), teve um plantel reprodutivo de 2.067.749 cabeças de matrizes, de modo que, foi produzido 4.983 milhões de toneladas de carne suína no Brasil no ano de 2022.

**Figura 2** - Consumo per capita de carne suína (kg/hab) no período de 2012 a 2022.

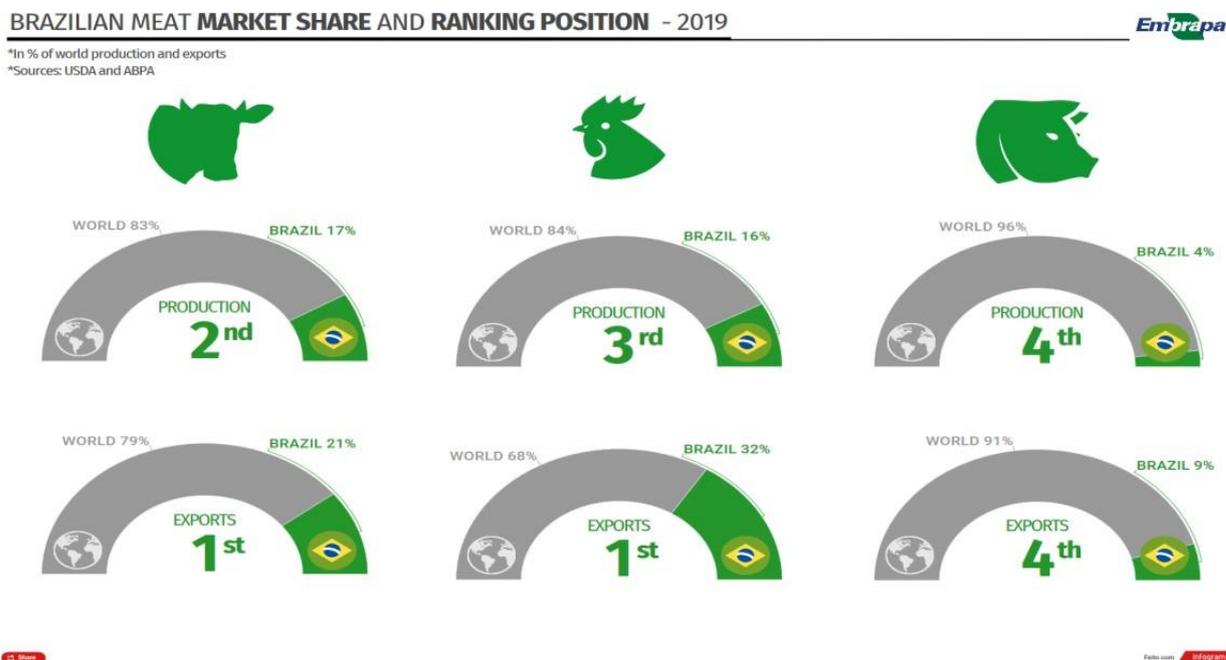


Fonte: Dados da ABPA (2023).

Alguns dados mostram que o crescimento do consumo per capita de carne suína no Brasil ainda é muito lento, no ano de 1980 o consumo por habitante estava em torno de 9,7 kg/habitante/ano (ROPPA, 2014), trinta anos depois, em 2010, esse valor foi de 14,1 kg/habitante/ano, mas já no ano de 2022 chegou em 18,0 kg/habitante/ano (ABPA, 2023), mostrando assim que vem acontecendo um aumento no consumo deste tipo de proteína animal.

No total de 38,1% de toda a carne suína *in natura* produzida no Brasil foi exportada, a China foi o país que mais importou carne suína brasileira (ABCS, 2021). Dessa forma, sendo o Brasil o quarto maior produtor e exportador de carne suína a nível mundial, (Figura 3), de modo que, exportaram-se no ano de 2020 mais de 850 mil toneladas, 100 mil toneladas a mais que no ano de 2019 (ABPA, 2021).

**Figura 3 - Participação no mercado brasileiro de carnes e posição do ranking em 2019.**



A criação e a produção de suínos nos últimos 50 anos no Brasil, foi estimulada e acelerou seu crescimento, impulsionando a economia e gerando empregos diretos e indiretos (CARBONI *et al.*, 2012). O estado, maior produtor e exportador de carne suína é o estado de Santa Catarina, sendo as regiões, Sul e o Sudeste que lideram essa produção (EMBRAPA, 2020).

O estado de São Paulo conta com mais de 158.204 mil matrizes alojadas, possuindo um rebanho efetivo de 1.515.874 milhões de cabeças de suínos para abate (IBGE, 2022) e com uma produção de 131.810 mil toneladas de carne suína no ano de 2022 (ABCS, 2022).

Com isso, o estado de Minas Gerais possui um rebanho, de 5.631.395 cabeças, segundo o IBGE (2022). Com relação às exportações de carne suína no território mineiro, em 2022, o estado ficou na quarta posição nacional entre os maiores exportadores, atrás somente dos estados do Sul, que são Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Paraná (ABCS, 2022).

Já o estado da Bahia apresenta aproximadamente 989.008 cabeças de suínos no total, sendo 169.597 matrizes, porém a contribuição desse estado no abate

nacional de suíno é muito baixa (ABPA, 2023; IBGE, 2022).

Com relação aos abates fiscalizados no Brasil no ano de 2020, a Região Sul representou 70,91% dos abates fiscalizados, já a Região Sudeste representou 12,94%, o Centro-Oeste 16,06% e a Região Norte e Nordeste foram aproximadamente os 0,1% restantes (ABPA, 2021).

Em relação aos sistemas de criação de suínos nas regiões brasileiras existem três tipos de sistemas que se diferem, sendo eles: sistema de produção integrado, sistema de produção centralizado nas cooperativas e o sistema do produtor independente (ABPA, 2020).

Na Região Sul do Brasil os sistemas de produção integrados e os de cooperativas são os mais encontrados, na Região Sudeste o que prevalece mais são os sistemas de produção independente, já no estado de Minas Gerais existem muitos sistemas de produção integrada e também muitos sistemas independentes. Com relação às regiões Norte e Nordeste a produção é caracterizada por pequenas granjas, na maioria das vezes com sistemas de criação independentes (SEBRAE; ABSC 2016).

As regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil são mais tecnificadas e investem bastante na suinocultura, sendo também as maiores produtoras de milho e soja, já a região Nordeste, a criação de suínos é mais rústica, de subsistência, destinada principalmente para o autoconsumo e, com baixo nível tecnológico e mecanizações sendo pouca produtora de grãos quando comparados aos outros estados brasileiros (SILVA FILHA *et al.* 2011; SANTOS *et al.*, 2016; FEHR, 2017).

A região Centro-Oeste obteve a maior produção de milho no ano de 2019, onde produziu 54.438 toneladas de milho, já a região Nordeste produziu 7.334 toneladas de milho no mesmo ano (ABIMILHO, 2020).

Com isso, na Região Nordeste a criação de suínos tem baixa produção, quando comparados aos outros estados que são maiores produtores, sendo que um dos entraves para isso, são as baixas produções de grãos na região, e devido a esse fato, há um grande aumento no preço desses insumos, pois, passam a vir de regiões mais distantes, o que dificulta o transporte, elevando ainda mais os preços das rações de suínos (DE ASEVEDO *et al.*, 2018; MARINHO, 2009). A criação de suínos nessa região, na maioria das vezes, está voltada para subsistência, ou seja, para agricultura

familiar (MARINHO, 2009), de modo que, a maioria dos suinocultores nordestinos, considera essa atividade como segunda ou terceira opção de fonte de renda (SILVA *et al.*, 2008).

O Nordeste brasileiro apresenta um baixo nível de consumo de carne suína, com 78% de sua população sem acesso a este tipo de carne, mas este consumo tem aumentado com os anos, sendo uma região que apresenta grande potencial para desenvolvimento da suinocultura (ABCS, 2018).

Um dos fatos para o desenvolvimento da suinocultura na região Nordeste está na característica que essa região apresenta um rebanho suíno com elevado potencial genético, por conta dos cruzamentos de raças diferentes (SILVA FILHA, 2013).

No Nordeste temos que destacar a área do Semiárido, região caracterizada pelas altas temperaturas, grande incidência de radiação solar e baixa velocidade do vento, o que diminui a perda de calor, podendo afetar o desenvolvimento dos suínos (RODRIGUES *et al.*, 2010; LIMA, 2018).

Vários são as dificuldades em que os produtores nordestinos de suínos enfrentam, sendo uma delas o clima, com dificuldade para manter a temperatura ambiente adequada, com baixos índices pluviométricos e baixa umidade, durante praticamente o ano todo (CECCHIN *et al.*, 2016; EMBRAPA, 2020).

A produção de suínos tem grande potencial de desenvolvimento na região brasileira do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), região de desenvolvimento e de produção de grãos, com alta produção de soja, milho e algodão em grandes propriedades (SANTOS FILHO, *et al.*, 2016; EMBRAPA, 2019), sendo essa região mais próxima do Semiárido nordestino, quando comparada as outras regiões do Sul do Brasil, assim contribuindo também para um aumento no desenvolvimento da suinocultura no Semiárido brasileiro.

No Nordeste brasileiro o setor de criação de suínos também é carente de dados e informações, indicando a falta de pesquisas e, além disso, pouca preocupação dos órgãos públicos com estes animais (SILVA FILHA, 2007).

### 3.2 BEM-ESTAR NA SUINOCULTURA

O termo bem-estar animal surgiu na Europa (HARRISON, 1964). A situação de completa saúde física e mental, quando o animal fica em harmonia com o ambiente, seria um dos conceitos de bem-estar (HUGHES, 1976). Mas já, segundo Broom (1986), o bem-estar animal seria a capacidade de o animal adaptar-se ao ambiente.

O Bem-Estar Animal (BEA) busca entender como os animais ficam adaptados e se relaciona ao ambiente em que estão vivendo (OLIVEIRA, 2016). Vimos nos últimos anos que este é um dos assuntos mais mencionados e discutidos mundialmente pelos setores de produção animal. Dessa forma, são de grande relevância o conceito e a inclusão das práticas de bem-estar para os animais de produção (BARBOSA, 2011). Com relação às práticas e medidas ao bem-estar animal a Europa apresenta uma legislação mais eficaz e detalhada sobre o assunto (ABCS, 2018), quando comparada com o Brasil.

No Brasil, o Decreto nº 24.645 de julho de 1934, veio para enfatizar medidas de proteção aos animais de trabalho e também de produção, já no ano de 1988 através do artigo nº 255, a Constituição Federal dota a competência de proteger a fauna e a flora (BRASIL, 1934).

No ano de 2008 no Brasil, surgiu a Portaria nº 185 do mês de março, que seria a Comissão Técnica Permanente de Bem-Estar Animal do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que foi atualizada pela outra Portaria nº 524 de 2011, para organizar as diversas ações e adotar boas práticas pela cadeia produtiva apoiada na legislação vigente e no conhecimento técnico-científico do bem-estar animal (MAPA, 2011).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) lançou uma instrução normativa (IN) 113, publicada em 16 de dezembro de 2020, que tem como o objetivo estabelecer as boas práticas de manejo e bem-estar animal nas granjas de suínos de criação comercial.

O Conselho de bem-estar dos animais de produção (*Farm Animal Welfare Council* - FAWC) considerou que o animal estaria em bem-estar, quando contemplasse as cinco liberdades, que são:

- Ser livre de fome e sede;
- Ser livre de desconforto físico e térmico;
- Ser livre de medo e estresse;
- Ser livre de dor e doença;
- Ser livre para expressar os comportamentos naturais da espécie (MARQUEZ, 2020).

Buscando atender essas cinco liberdades, foi organizada a legislação que prediz e observa o bem-estar e a proteção dos animais (LUDTKE *et al.*, 2014).

Existe um sistema de certificação, chamado *Welfare Quality*®, um projeto que mensura o bem-estar de aves, suínos e bovinos, enfocando um pouco na espécie suína, essa certificação apresenta três protocolos diferentes, o primeiro e o segundo protocolo são aplicados em granjas, para matrizes, leitões e suínos na fase de crescimento e o terceiro protocolo é aplicado em abatedouros, para suínos machos na fase de terminação (MOTA, 2013; WELFARE QUALITY, 2009; CESE, 2011).

Na Instrução Normativa (IN) n° 113, existe alguns pontos de destaque como o período de desmame dos leitões, que deve se adequar até 1° de Janeiro de 2045, para um período mínimo de vinte e quatro dias, outro ponto da IN, visa diminuir as práticas dolorosas e mutilações com os animais, as questões do corte de dente, corte de cauda, castração sem anestesia, que devem ser evitado, podendo ser tolerado nas medidas de ajuste do manejo e qualidade do ambiente, tem-se também a área útil adequada para cada animal em cada fase de criação, no Art. 9° da IN (Tabela 1), (MAPA, 2020).

**Tabela 1** – Densidades estipuladas pela Instrução Normativa nº 113 do MAPA.

| <b>CATEGORIA ANIMAL</b>                                   | <b>ÁREA ÚTIL<br/>MÍNIMA/ANIMAL</b> |
|---|------------------------------------|
| Marrãs em pré-cobertura no alojamento coletivo            | 1,30 m <sup>2</sup>                |
| Marrãs gestantes no alojamento coletivo                   | 1,50 m <sup>2</sup>                |
| Matrizes gestantes ou vazias no alojamento coletivo       | 2,00 m <sup>2</sup>                |
| Cachaços adultos alojados em baias                        | 6,00 m <sup>2</sup>                |
| Leitões de creche até 30 kg de Peso Vivo                  | 0,27 m <sup>2</sup>                |
| Leitões em creche acima de 30 kg de Peso Vivo ou Recria   | 100 kg/m <sup>2</sup> (máximo)     |
| Suínos de terminação abatidos com até 110 kg de Peso Vivo | 0,90 m <sup>2</sup>                |

Fonte: (MAPA, 2020).

O Art. 6º, da Instrução Normativa (IN) nº 113, estabelece que os comedouros e bebedouros devam ser construídos, localizados e mantidos de forma que permitam fácil acesso para todos os animais alojados na área, reduzindo ao máximo a disputa no momento da alimentação e que minimizem sujidades (MAPA, 2020).

O Art. 37º, da Instrução Normativa (IN) nº 113, proíbe o uso da moessa a partir de 1º de janeiro de 2030. O Art. 38º, da Instrução Normativa (IN) proíbe o corte de dentes dos leitões, permitindo apenas os desgastes quando tiver alguma lesão grave no aparelho mamário da matriz (MAPA, 2020).

A Instrução Normativa (IN) nº 113 do MAPA, que entrou em vigor em 2020, altera algumas estruturas e o manejo nos setores das granjas suinícolas, adequando às formas e condutas consideradas ideais mundialmente frente ao bem-estar animal dos suínos (MAGALHÃES, 2021).

Quando se fala de bem-estar animal, existe o Instituto Certified Humane Brasil,

que representa na América do Sul a Humane Animal Care (HFAC), que é uma organização sem fins lucrativos para se alcançar uma melhor qualidade de vida para os animais de produção, desde o seu nascimento até o abate, de modo que, as propriedades e fazendas com este certificado apresenta um selo de qualidade e bem-estar que pode ser encontrado em alguns países como o Brasil (KENNETH *et al.*, 2018; CERTIFIED HUMANE BRASIL, 2021).

Existem alguns cuidados com os suínos que o Certified Humane Brasil, estabelece:

- Alimentação: saudável e suficiente;
- Água: potável, limpa, fresca e abundante;
- Instalações: seguras, para que os suínos não se machuquem;
- Ambiência: nem frio excessivo nem calor demasiado;
- Qualidade do ar: limpo e ventilado;
- Espaço: suficiente para livre movimentação;
- Área de repouso: seca e confortável;
- Maternidade: conforto para a matriz e os leitões;
- Manejo: com calma e tranquilidade. (CERTIFIED HUMANE BRASIL, 2021).

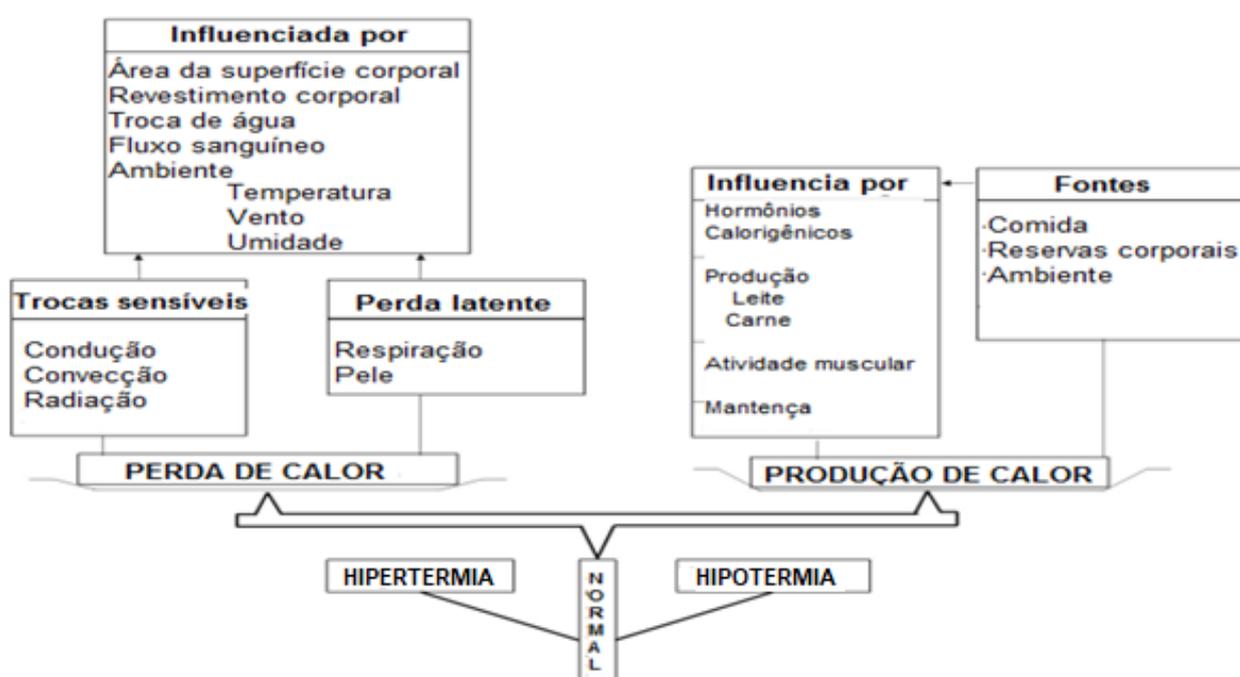
O estado de bem-estar animal é uma qualidade intrínseca aos animais, sendo que, devem-se fornecer condições para que o animal possa adaptar-se ao ambiente em que vive (BROOM *et al.*, 2004).

### 3.3 INFLUÊNCIA DO AMBIENTE TÉRMICO NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS

O ambiente é um dos parâmetros que se deve estar adequado para que o animal consiga atingir o seu estado de bem-estar, sendo o ambiente uma das cinco liberdades do bem-estar animal (MARQUEZ, 2020). Para uma alta produção animal, sabe-se que deve proporcionar ao animal um ambiente térmico dentro da zona de termoneutralidade, tornando-se essencial a garantia do bem-estar na suinocultura (DIAS *et al.*, 2018).

A termorregulação é a ação através dos mecanismos de produção e ausência de calor com o propósito de manter a temperatura interna corporal permanente. Os suínos quando sujeitos a uma elevada temperatura ambiente, geralmente diminuem a sua carga térmica por meio da elevação da dissipação de calor, através de vias sensíveis e latentes e com menor produção de calor (RENAUDEAU *et al.*, 2012; MOREIRA, 2020. Figura 4).

**Figura 4** - Algumas das vias de ganho e perda de calor associados à homeotermia dos suínos.



Fonte: RENAUDEAU *et al.*, 2012; MOREIRA, 2020.

Os suínos apresentam formas de dissipar calor para preservar sua temperatura corporal, sendo as vias não evaporativas (sensível) e as vias evaporativas (latente) (BERTON, 2013).

Na dissipação de calor pelas vias não evaporativas acontece a troca de calor sensível através da condução, convecção e radiação. Quando os suínos sofrem estresse pelo calor, com o seu metabolismo elevado, com glândulas sudoríparas queratinizadas, o que evita a perda de calor por sudorese e com tecido adiposo subcutâneo eles apresentam dificuldade ainda maior para adaptar-se com o ambiente

em que a temperatura está elevada (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Durante a condução acontece a transferência de calor da pele para um meio, como exemplo: o piso das instalações (SANTOS, 2021), dessa forma, acontece à troca de calor pela diferença de temperatura entre os meios, onde um meio estar com a temperatura elevada e o outro com uma temperatura menor. Sendo assim, nestas trocas de calor, durante o estresse térmico pelo calor os suínos geralmente ficam mais tempo deitados com o objetivo de perder calor para o piso através da condução (MASSARI *et al.*, 2015; SILVA, 2022).

Tem-se, também, outra troca de calor sensível, a radiação que é um movimento de ondas eletromagnética, de modo que as superfícies dos corpos liberam calor (BÍCEGO *et al.*, 2020).

Já a convecção é a troca de calor por meio do movimento do ar através dos pelos (SILVA, *et al.*, 2013; SILVA, 2022). Que pode ocorrer através da ventilação, ela ajuda a dissipar calor resfriando o ar e contribui na troca do ar mais quente ao redor do animal (NÄÄS *et al.*, 2014). A ventilação é necessária para proporcionar um ar preferencialmente limpo e com isso, propicia também um conforto térmico nas instalações de confinamento animal (SILVA, 2018). As médias anuais brasileiras das temperaturas ambientes situam-se superior a 25°C, dessa forma a ventilação artificial faz-se necessário nas instalações pecuárias (OLIVEIRA, 2015).

A troca de calor latente, que é a evaporação, pode ocorrer quando acontece o suor, eliminando água por meio da pele, que é por meio das glândulas sudoríparas e também por meio do ar expirado (RODRIGUES, *et al.*, 2010). A perda de calor por evaporação pode ser facilitada com a elevação da corrente de ar, isso quando a umidade estiver alta, mas quando a umidade está baixa este resultado é exíguo (PEREIRA, 2005).

Segundo Pandorfi *et al.*, (2008), matrizes em uma temperatura ambiente  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  e umidade elevada  $\geq 70\%$  são capazes de ter problema em dissipar calor para o ambiente, já que a alta umidade pode impossibilitar a dissipação de calor através da evaporação cooperando para o baixo consumo de ração.

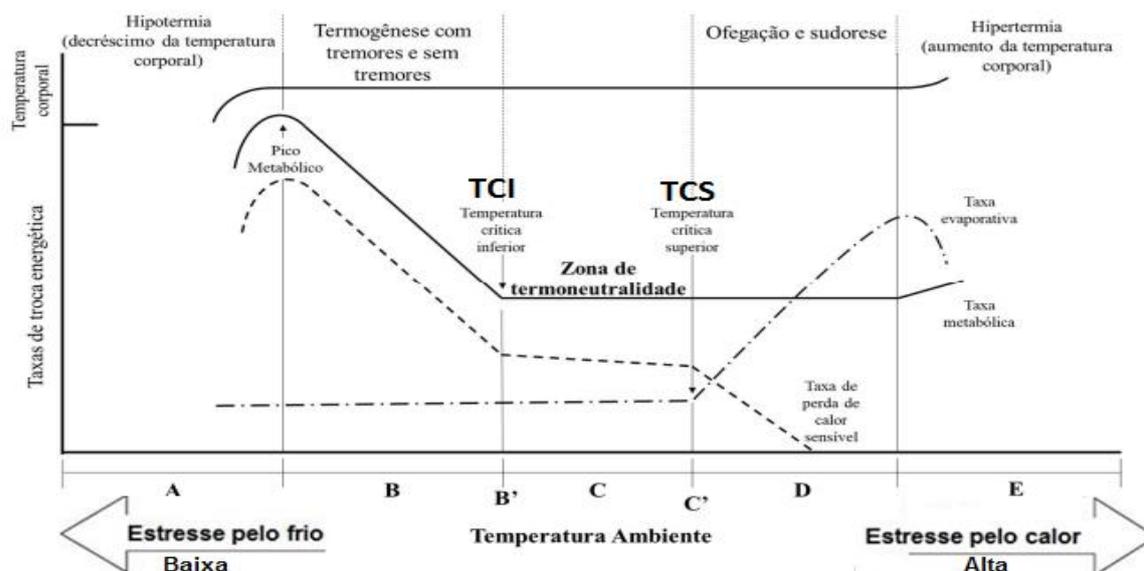
Dessa forma, quando o animal está em sua zona de termoneutralidade (Figura 5), o sistema termorregulador não está operante para iniciar a termólise ou a termogênese, assim minimizando os gastos de energia e maximizando a

produtividade, ou seja, a eficiência produtiva (AZEVEDO *et al.*, 2009).

A Temperatura Crítica Inferior (TCI) e a Temperatura Crítica Superior (TCS) fazem parte dos limites da zona de termoneutralidade, quando a temperatura está abaixo da Temperatura Crítica Inferior (TCI), o animal está em estresse térmico pelo frio, o que acarreta vasoconstrição, reduz a frequência respiratória, consome mais alimento e acontece também a piloereção, podendo ocasionar hipotermia (Figura 5), (AZEVEDO *et al.*, 2009).

Já quando a temperatura está acima da Temperatura Crítica Superior (TCS), o animal encontra-se em estresse térmico pelo calor (Figura 5), acontecendo à vasodilatação, grande aumento da frequência respiratória (ofegação), aumenta a ingestão de água e reduz a ingestão de alimento e na maioria das vezes acontece também a sudorese, podendo ocasionar a hipertermia (aumento da temperatura corporal) entre outros mecanismos que organismo utiliza para manter sua homeotermia (AZEVEDO *et al.*, 2009).

**Figura 5** - Zona de termoneutralidade e esquema do perfil termorregulador da temperatura corpórea em função da temperatura ambiente.



Fonte: MOUNT, 1974; Adaptado SILVA *et al.*, (2013).

A zona de termoneutralidade das matrizes suínas durante a gestação, lactação

e inseminação fica em torno de 18 a 20°C e o estresse por meio do calor ficam em torno de 24 a 30°C, quando nesta fase reprodutiva, as fêmeas sofrem por estresse térmico pelo calor, podem reduzir o consumo de alimento, piorando a reprodução da mesma e como consequência pode-se ter retornos aosaios, reduzir a quantidade de leitões, as fêmeas reduzirem a produção de leite e conhece contribuir para os leitões refugarem o que impacta diretamente no bolso do produtor, trazendo prejuízo financeiro e problemas crônicos na criação dos animais (WILLIAMS *et al.*, 2013; SILVA, 2022).

O sistema endócrino e o sistema nervoso dos animais trabalham também em conjunto regulando a termorregulação no organismo, ambos os sistemas enviam mensagens através de fibras sensitivas ao centro regulador, que é o hipotálamo, de modo que, este irá processar as informações recebidas e mandar as respostas por meio de fibras eferentes e neurônios até os órgãos efetores, que vai produzir os resultados essenciais à regulação da homeostase do corpo (SOUZA *et al.*, 2012).

Os suínos são animais homeotérmicos, ou seja, sua temperatura interna do corpo fica permanente (HANNAS *et al.*, 1999). Segundo Rodrigues (2011), os suínos apresentam poucas glândulas sudoríparas funcionais, com isso a sua principal forma de dissipar o calor latente é por meio do trato respiratório. Esses animais apresentam grande dificuldade em adaptar-se aos ambientes com temperaturas elevadas (estresse térmico pelo calor), aumentando o seu metabolismo e não dispõe de um sistema termorregulador eficaz, o que impossibilita a sudorese (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Hans Selye, em 1936 definiu pela primeira vez o termo estresse, como estado do organismo que responde a uma série de reações de adaptação, depois da ação de agentes do ambiente de qualquer natureza, aos fatores que provocam estresse o cientista chamou de estressor, como sendo o caso do calor, frio, umidade, fome, sede, poluição sonora, alta densidade populacional, medo, entre outros (SELYE, 1936).

Quando um organismo sofre algum estresse, pode ocasionar problemas da sua função imune, podendo diminuir o ganho de peso e assim compromete no geral o desenvolvimento e a produtividade do animal (RANDALL, 2010).

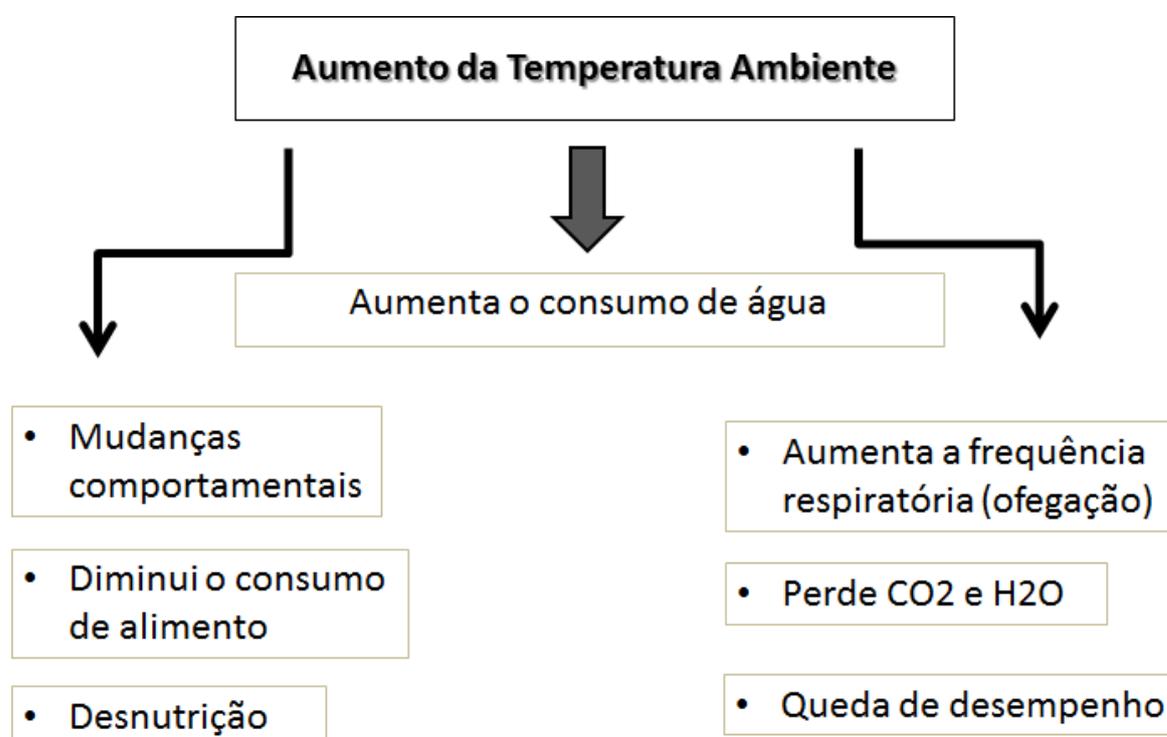
Sabemos que as elevadas temperaturas ambientais, ocasionam consequentemente estresse térmico pelo calor, com isso afetando a fisiologia dos

suínos, como é o caso desses animais mantidos em temperaturas elevadas, em torno de 32°C (temperatura ambiente) se alimentarem menos, ficarem mais tempo deitados, mais letárgicos, quando comparados aos suínos em temperatura de conforto térmico a 21°C (temperatura ambiente) (KIEFER *et al.*, 2010).

Os suínos apresentam diversas respostas fisiológicas adaptativas quando são submetidos ao calor, como vasodilatação periférica, elevação da frequência respiratória, da temperatura da pele, dos batimentos cardíacos e da sudorese, diminuindo assim, o seu metabolismo energético e basal, e também o consumo de alimento (RODRIGUES, 2011).

Demonstram-se na Figura 6, algumas das respostas fisiológicas e comportamentais dos suínos quando se aumenta a temperatura ambiente.

**Figura 6** - Algumas respostas fisiológicas e comportamentais dos suínos ao estresse por calor.



Fonte: SOUZA *et al.*, 2020.

Segundo, Leal e Nããs (1992), a temperatura favorável para o bem-estar e conforto térmico de suínos está em um valor médio de 27°C e para Kiefer *et al.* (2010) dispõe um valor de 32°C para estresse térmico pelo calor em suínos, isso varia conforme a raça, a fase de produção, o tamanho.

As temperaturas de conforto térmico ideal para os suínos nas suas distintas fases de produção são apresentadas abaixo, tabela 2.

**Tabela 2** – Zona de Termo neutralidade, Temperatura Crítica Inferior (TCI) e Temperatura Crítica Superior (TCS) para suínos em diferentes fases, todas as temperaturas em Graus Célsius.

| Fases                   | Zona de Termoneutralidade ° | TCI °   | TCS ° |
|-------------------------|-----------------------------|---------|-------|
| Porca em lactação       | 15 a 26 °C                  | 15 °C   | 32 °C |
| Leitegada pré-desmame   | 32°C (escamoteador)         | 25 °C   | -     |
| Creche, 15 - 35 kg      | 18 a 26 °C                  | 5 °C    | 35 °C |
| Crescimento, 35 – 70 kg | 15 a 25 °C                  | - 5 °C  | 35 °C |
| Terminação, 70 – 100 kg | 10 a 25 °C                  | - 20 °C | 35 °C |
| Reprodutores >100 kg    | 10 a 25 °C                  | - 20 °C | 32 °C |

Fonte: Adaptado de *Federation of Animal Science Societies* (2010).

Já a umidade relativa do ar em um ambiente para suínos, o ideal é que ela não ultrapasse 70% (SOUSA, 2004; SAMPAIO *et al.*, 2004; SANTOS, 2022). A indústria suína global gasta anualmente milhões de dólares devido ao estresse térmico, devido ao fato, que ele pode provocar reduzido desempenho reprodutivo das matrizes, ocasionando baixo crescimento dos leitões e alterações na composição da carcaça (POLLMANN, 2010; ST-PIERRE *et al.*, 2003).

O estresse térmico pelo calor acarreta na diminuição da qualidade da carne de suínos, com menor teor de vitaminas A e E, e da substância creatina, redução também

de pH às 24 e 48 horas post mortem, aumentando também a força de cisalhamento e perdas por gotejamento (SIMIONETTI *et al.*, 2018).

Manno *et al.* (2006), trabalhando com trinta e seis suínos machos castrados, mestiços (Landrace x Large White), em câmaras climáticas, encontrou que os animais submetidos à alta temperatura ambiente (35 °C) apresentaram uma redução de 22% no ganho de peso em relação aos animais mantidos em conforto, alimentados à vontade (22°C). Collin *et al.* (2001) e Kerr *et al.* (2003) também observaram redução no ganho de peso diário e na eficiência alimentar com o aumento da temperatura ambiente.

Oliveira *et al.* (2019) trabalhando com vinte e quatro suínos machos castrados de linhagem comercial, em câmaras climáticas apresentaram maiores frequência respiratórias no grupo submetido ao estresse térmico (34°C).

Segundo Manno *et al.* (2006), pode ocorrer maiores valores de frequência respiratória e de temperaturas retal e de superfície nos suínos em elevadas temperaturas ambiente (35°C).

Texeira, *et al.* (2021), avaliando o desempenho e as respostas termorregulatórias de suínos puros da raça Piau, observaram que os animais expostos a 30 °C tiveram menor consumo de ração, ganho de peso corporal e peso final corporal, quando comparados com os suínos a uma temperatura de 22°C.

Já segundo Renaudeau *et al.* (2007), suínos em crescimento das raças Crioula, na região do Caribe, em altas temperaturas (31°C), apresentaram um menor aumento da temperatura corporal quando comparados à suínos da raça Large White, na mesma temperatura.

Sabe-se que as instalações da produção animal devem estar de maneira adequada para se possa proporcionar aos animais um melhor ambiente térmico para que ele consiga expressar seu máximo desempenho produtivo de acordo com o seu potencial genético, sendo livre de estresse térmico (SULZBACH, 2016).

### 3.4 INFLUÊNCIA DAS INSTALAÇÕES NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS

A média das variações das condições atmosféricas como temperatura, precipitação, vento, podem determinar o clima de uma região (OMM, 2019). Sendo que, o clima afeta diretamente a produção animal (MOREIRA, 2020).

Para a produção de suínos consiga atingir sucesso, deve-se ter um ambiente térmico interno nas instalações de forma adequada, ou seja, com uma temperatura ambiente, umidade, velocidade do vento e radiação em seus limites ideais para os suínos, garantido uma zona de termoneutralidade para esses animais (VIEIRA *et al.*, 2010).

Um dos fatores que mais contribui para as condições do ambiente das instalações é o telhado, sendo que o material pelo qual esse telhado é construído, influencia diretamente na temperatura e conforto térmico dos animais (RODRIGUES, 1998). Sabe-se que os materiais de cobertura adequados, deve-se ter alta refletividade solar, baixa emissividade térmica e baixa absorvidade de calor (TONOLI *et al.*, 2011).

Os materiais de coberturas das instalações de suínos influenciam diretamente, o balanço térmico no interior das instalações (CASTRO, 2012). A utilização de materiais com alta refletância na parte externa das coberturas pode baixar a absorção da energia solar (CASTRO, 2012).

Todavia, o material de cobertura de instalações deve ter uma grande capacidade térmica, com uma baixa condutividade, para ser considerado um bom isolante térmico para as instalações agrícolas (CARDOSO *et al.*, 2011; BENDRAN, 2016). É válida a escolha adequada do material de cobertura, visto que fornecerá qualidade de sombreamento para os animais e um conforto térmico favorável e adequado entre eles (BEDRAN, 2016).

Desse modo, a temperatura elevada e a alta intensidade de radiação solar, principalmente no Nordeste, necessitam de materiais que sejam bons isolantes térmicos para as coberturas das instalações dos suínos, para que possa ter um ambiente interno com pouca influência de variações climáticas, contribuindo assim para o conforto térmico desses animais (ABREU, *et al.*, 2001).

A cobertura das instalações é uma proteção contra a radiação solar direta, dessa forma, é importante proporcionar um microambiente conveniente para os animais dentro das instalações, levando em consideração a utilização de forros, beirais lanternins e inclinações adequadas (BRITO *et al.*, 2020).

Além disso, tem outros fatores que juntamente com o telhado das instalações estão associados para garantir e proporcionar um microambiente interno adequado, que são: orientação das instalações, altura do telhado (pé-direito), paredes, vegetação ao redor das instalações e também os tipos de materiais de construção dos telhados (SILVA, *et al.*, 2013).

Animais confinados, dificilmente recebem radiação solar direta, no entanto, o telhado recebe essa radiação, com isso, tem-se o acúmulo de calor sobre este telhado, uma maior carga radiativa infravermelha, que é conhecida como radiação de onda longa (HOFF, 2013). Dessa forma, deve-se atentar para os materiais de cobertura dos telhados que são isolantes térmicos, no intuito de reduzir a temperatura interna das instalações (MAYORGA *et al.*, 2019).

Com relação aos materiais que devem ser utilizados para as coberturas das instalações, estes devem ter coeficientes de refletância elevados, de baixa condutividade térmica e uma alternativa seria pintar a superfície externa do telhado de branco, pois assim reflete mais radiação solar e absorve menos calor (SILVA, *et al.*, 2013).

Tem-se também outra alternativa que se pode fazer para diminuir os efeitos das temperaturas elevadas dos telhados das instalações rurais, que seria a utilização de aspersão d'água sobre a cobertura do telhado, principalmente nos horários que a temperatura do ar está mais elevada dentro das instalações, no intuito de resfriar a telha e com isso reduzir a temperatura do telhado, com as transferências de calor através dos processos de convecção e evaporação (NÃÃS, 2000; MACHADO *et al.*, 2012).

A utilização de aspersores no telhado é uma estratégia simples, prática e eficaz que pode oferecer conforto aos suínos e pode ser utilizada, por exemplo, em instalações que possuam algum tipo de material de construção do telhado que contribua para a elevação da temperatura ambiente dentro da instalação (DELA RICCI, 2018).

Dessa forma, a utilização de ambientes climatizados pode melhorar o desenvolvimento ea produção na suinocultura, de modo que, granjas climatizadas aumentam seu número de partos, aumentam o número total de nascidos e também, o ganho de peso diário dos leitões da maternidade, quando comparada às granjas que não possuem climatização, ou seja, que não tenha um controle do seu ambiente interno (Tabela 3).

**Tabela 3** – Importância da ambiência na fase de reprodução.

| <b>DESCRITIVO DE UPLs CLIMATIZADAS</b> |                    |                        |
|--|--------------------|------------------------|
| <b>Item de produção</b>                | <b>Climatizada</b> | <b>Não climatizada</b> |
| Total de partos, N°                    | 60750              | 18899                  |
| Nascidos totais, N°                    | 15.49              | 14.62                  |
| Taxa de parto, %                       | 90.1               | 90.1                   |
| Desm./fem./ano                         | 30.87              | 28.83                  |
| GPD leitão maternidade.,<br>kg/dia     | 0.226              | 0.200                  |
| Kg/desm/fem/ano                        | 212.47             | 181.13                 |

\*UPLs: Unidade de Produção de Leitões

Fonte: Serviços Técnicos Reprodução AGPIC (2014).

Contudo, existem estratégias de redução do estresse pelo calor que podem ser adotadas nas instalações de produção de suínos, que realiza modificações ambientais, utilizando aparelhos como ventiladores, aspersores, nebulizadores, exaustores e também placas de resfriamento evaporativos, sendo uma dessas

estratégias que se utiliza a técnica do resfriamento do próprio animal, de modo que, molha-se o animal, utilizando um sistema de aspersão de água sobre ele, que na maioria das vezes é intermitente (MAYORGA *et al.*, 2019).

### 3.5 CLIMATIZAÇÃO

Quando se molha a pele do suíno diretamente, pode-se aumentar a perda de calor desses animais. O calor direto da pele do animal transfere-se para água que evapora, ou seja, há uma mudança de fase da água de estado líquido para o gasoso (evaporação), sendo que a temperatura da água tem que ser menor que a temperatura do animal, fazendo como que diminua a temperatura corporal dos suínos (MAYORGA *et al.*, 2019).

Aspersores de baixa pressão distribui grandes gotículas de água para molhar a pele dos suínos, cobrindo áreas grandes e favorecendo a perda de calor (MAYORGA *et al.*, 2019).

Para bovinos, os bicos aspersores são posicionados aproximadamente, 0,60 m acima das costas do animal, montados na direção dos corredores de alimentação com inclinação de 45 graus, os bicos aspersores e a tubulação de distribuição de água devem ficar apoiados entre os pilares da instalação, numa altura mínima de 2,0 m do piso do corredor de alimentação (DAMASCENO *et al.*, 2020).

Já para suínos, foi utilizado aspersão intermitente entre 2 minutos aspergindo água sobre os animais com uma taxa de 41,0 mL/min-1 e 30 minutos inativo, com bico aspersor com pressão de trabalho de 6,89 a 10,34 Bar e vazão de 0,5 a 0,6 L/min-1 (OLIVEIRA, 2015).

O resfriamento por aspersão de água ou por lâmina d'água diminuiu o estresse térmico pelo calor em suínos, proporcionando menor temperatura superficial desses animais, um maior ganho de peso diário e uma melhor conversão alimentar, quando comparados aos animais que estavam em um ambiente sem o resfriamento (SANTOS, 2022).

OLIVEIRA (2015), trabalhando com as preferências de suínos (fase de terminação) entre diferentes sistemas de resfriamento, observaram que os sistemas

de aspersão e aspersão associada com a ventilação foram os que os suínos preferiram e ficaram por mais tempo, quando comparado com outros sistemas de ventilação e nebulização, ou seja, os suínos preferiram a troca de calor através do sistema de aspersão, sendo que visitaram mais o sistema que tinha apenas aspersão sem o ventilador.

É muito comum também a utilização de sistemas de aspersão para suínos em frigoríficos na fila de espera para o abate, segundo ARAÚJO (2012), essa alternativa reduziu a temperatura corporal, acalmou os animais e reduziu a frequência cardíaca.

Como se sabe os suínos pode perder calor para um material sólido de baixa temperatura por contato, a exemplo disso, é a perda de calor que pode ocorrer entre esses animais e os pisos das instalações, ou seja, o resfriamento do piso, a água fria que pode ficar pelo chão que é o local onde os porcos se deitam, pode favorecer a perda de calor desses animais (MAYORGA *et al.*, 2019). Com isso, a aspersão de água sobre esses animais, também podem cair no piso e ajudar no resfriamento dele.

De fato, em ambientes quentes, pode geralmente fazer o uso da água como agente de resfriamento para suínos, como a utilização de aspersos de água e gotejamento, vários estudos afirmam que esses sistemas são favoráveis e ajudam esses animais a manter sua homeotermia (KIARIE, 2015). BARBARI *et al.* (2007), utilizou o gotejamento de água na região cervical do pescoço das matrizes que proporcionou a perda de calor através da evaporação, diminuindo a temperatura retal das fêmeas e conseqüentemente uma melhor condição térmica.

A ventilação também é uma alternativa importante que auxilia na renovação do ar e expulsão dos gases tóxicos das instalações de suínos e que facilita a perda de calor do animal para o ambiente (CORDEIRO *et al.*, 2014; LOURENÇONI, 2017).

Essa ventilação pode ser do tipo natural ou artificial, a ventilação do tipo artificial pode ser do tipo forçada, túnel, por meio de placas evaporativas e a também se tem a ventilação associada à aspersão ou nebulização (CORDEIRO *et al.*, 2014).

A ventilação artificial é feita através de equipamentos como ventiladores e exaustores, sendo ela empregada em ambientes com temperaturas elevadas, geralmente quando a utilização da ventilação natural não proporciona uma correta movimentação do ar e nem uma queda na temperatura ambiente (TINÔCO *et al.*, 2014).

Tolon e Nããs (2005), avaliando a eficiência de técnicas de ventilação na maternidade de suínos, viu que sistemas de climatização artificiais empregados (ventilação refrigerada e ventilação forçada) proporcionaram melhoria nas condições térmicas ambientais dentro das instalações. Madeira *et al.* (2006) trabalhando com animais submetidos à ventilação forçada, obtiveram um maior consumo de ração, em comparação a animais submetidos à ventilação natural.

Segundo Dela Ricc (2018), instalações de suínos com ventiladores e aspersores de água tornam o ambiente mais propício para atender as características fisiológicas e comportamentais, melhorando o bem-estar desses animais.

As alterações que podem ser feitas no ambiente das instalações dos suínos com a utilização da climatização, são capazes de melhorar a temperatura do ambiente, proporcionando um melhor conforto térmico dos animais e com isso, o comportamento e os parâmetros fisiológicos também são melhorados (DELA RICC, 2018).

De acordo com Dias *et al.* (2011), a utilização de nebulizadores ou aspersores proporcionam uma melhor troca de calor por evaporação na superfície da pele dos suínos, sendo ideal associar com a ventilação, que pode elevar a velocidade que ocorre a evaporação nos animais.

### 3.6 ZOOTECNIA DE PRECISÃO

A utilização de equipamentos como controladores automatizados visam trazer melhorias, através de resultados mais precisos e eficientes voltados para produção animal (GARCÍA MARTÍNES *et al.*, 2010). Dessa forma, surge o conceito da zootecnia de precisão, que é a utilização e criação de tecnologias que mensurem os indicadores produtivos, fisiológicos e comportamentais dos animais, conforme as suas necessidades, no intuito de melhorar a gestão e trazendo mais precisão nas decisões, tornando a atividade mais rentável (RIBAS *et al.*, 2017).

Com a difusão da zootecnia de precisão, o seu avanço foi aplicado também no ramo da suinocultura de precisão, com a utilização de tecnologias para melhorar o gerenciamento das granjas e a tomada de decisões por parte dos colaboradores que

trabalham na atividade suinícola (WESSLER, 2019). A suinocultura 4.0 também está voltada para garantia do bem-estar animal com o intuito de aumentar a produtividade da granja pensando também na nutrição, saúde e conforto térmico dos suínos (SILVA, 2021).

Tem-se também o uso de alimentadores automáticos que fornecem aos suínos uma ração em quantidade e composição adequada (GAILLARD *et al.*, 2020). Sendo que a alimentação de precisão na suinocultura também vem para contribuir na redução dos custos de produção, evitando desperdícios e ainda contribuindo para eficiência alimentar desses animais (MENDÉZ, 2021).

Já com a perspectiva de manter os suínos em sua zona de conforto os produtores buscam cada vez mais alternativas com a utilização de equipamentos, como ventiladores, umidificadores, aspersores e nebulizadores em suas granjas, dessa forma, propondo-se em reduzir a mão de obra e tornar os resultados mais eficientes estes equipamentos estão sendo utilizados com sensores e microcontroladores, afim de automatizar esses equipamentos, que além de fazer o controle preciso, facilita a visualização e a coleta de dados de maneira mais ágil e prática para o auxílio do manejo e o gerenciamento das granjas (WESSLER, 2019).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

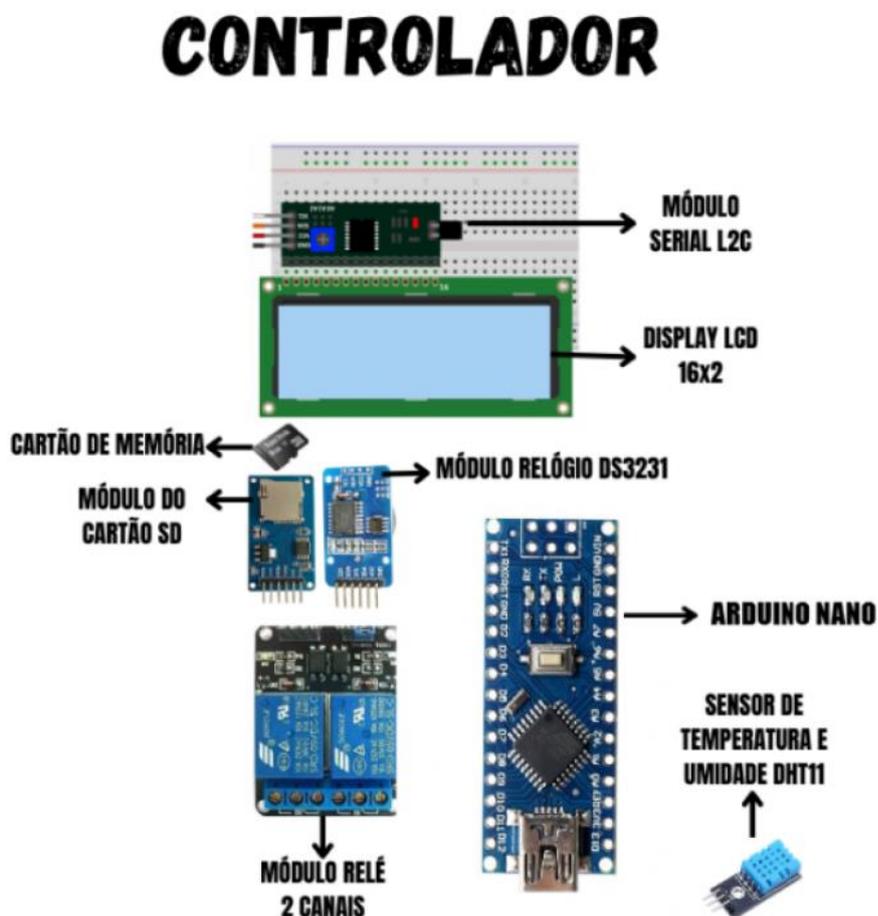
O experimento foi dividido em duas etapas: desenvolvimento do controlador do protótipo utilizando código binário (etapa 01) e validação do sistema de controle térmico em baias de terminação de suínos (etapa 02).

### 4.1. ETAPA 01: DESENVOLVIMENTO DO CONTROLADOR DO PROTÓTIPO

O protótipo foi desenvolvido no Laboratório IFEduca4.0 do IFSertãoPE, campus Petrolina Zona Rural, onde toda infraestrutura necessária foi disponibilizada para a execução do mesmo.

O controlador foi desenvolvido utilizando controlador Arduino nano. O sistema foi conectado a um módulo relógio (DS3231), a um dispositivo de memória não volátil com um cartão de memória SD de 8 GB, para armazenamento dos dados experimentais, a cada minuto, assim que for acionado, foi conectado a um display LCD de 16x2, acoplado ao Modulo Serial L2C, conectado também a um sensor de temperatura e umidade (DHT11) e a um relé de dois canais (Figura 7).

Figura 7 - Esquema do controlador térmico.



Fonte: Autora, 2023.

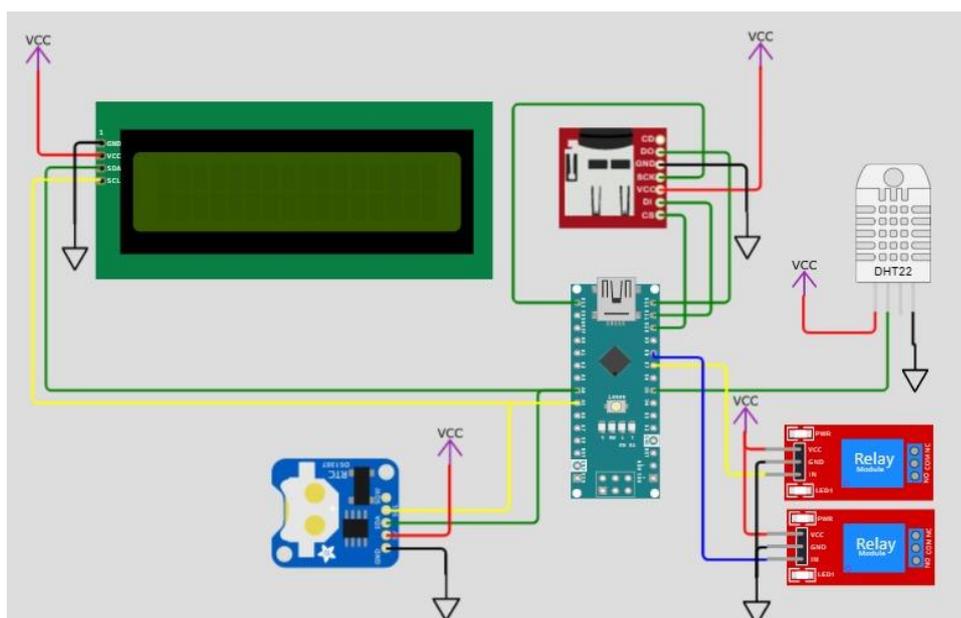
A programação do protótipo foi concedida para atender a funcionalidade desejada, sendo ela elaborada no Notebook com Software Arduino IDE (Figura 8), em que, o início no protótipo se deu ao pressionar a chave liga/desliga do sistema, o qual, emitiu uma mensagem indicando o funcionamento no Display LCD de 16x2 acoplado a um módulo serial L2C, além de permitir a iniciação e registro das informações dos sensores de temperatura do ar e umidade (DHT11) e o momento de acionamento do sistema de microaspersão e ventilação (Figura 9).

**Figura 8** - Software Arduino IDE utilizado na programação do protótipo.



Fonte: <https://andprof.com/tools/what-is-arduino-software-ide-and-how-use-it/>

**Figura 9** – Diagrama esquemático do controlador.



Fonte: Autora, 2023.

Para a determinação da temperatura de acionamento da programação do sistema, foram instalados dois data loggers HOBO (Onset HOBO® TEMP/ RH/2 ext channels/ precisão de  $\pm 3\%$  da leitura e acurácia de  $\pm 1^\circ\text{C}$  para temperatura e  $\pm 5\%$  para umidade relativa) na instalação de suínos por um período de 21 dias, com objetivo de se obter as médias da temperatura ambiente e umidade relativa para que então, se estabelecesse um valor limite da temperatura ambiente, em que o sistema seria acionado. Esses data loggers foram protegidos em garrafas pets, a 1,5 metros do chão, coletando os dados de 15 em 15 minutos (Figura 10).

**Figura 10** – Data loggers sendo instalados nas baias de terminação de suínos para a realização dos testes das médias de temperatura do galpão.



Fonte: Autora, 2023.

O controlador foi programado para acionar o sistema de microaspersão e ventilação sempre que atingisse a temperatura programada, ligando com temperatura maior ou igual a 27°C e desligando com temperatura inferior a 27°C.

O desenvolvimento do software e elaboração da programação no Arduino IDE foi realizado na linguagem de programação C/C++, usada para a leitura e armazenamento dos dados. Para a inicialização da programação foi preciso realizar a inclusão das bibliotecas no Arduino IDE para o reconhecimento dos sensores de temperatura do ar, módulo relógio DS 3231, módulo micro SD Card e o Display LCD. A codificação utilizada no protótipo e a compilação foi feita no Arduino IDE para identificação de possíveis erros.

Baseado no manejo do ambiente térmico da instalação, o microcontrolador foi programado para acionar automaticamente um conjunto motobomba (bomba d'água com potência de 1/2 cv) e o ventilador industrial que possuía três velocidades (mínima, média e máxima) com potência de 147 Watts e foi ligado na velocidade máxima (3,88 m/s), no momento que a leitura do sensor de temperatura do ar ( $T_{ar}$ ) atingisse o valor lido maior ou igual a 27°C. Assim, alternando-se com 2 minutos de microaspersão e 18 minutos de ventilação, e desligava quando o resultado da leitura diminuía para um valor registrado quando a temperatura do ar ( $T_{ar}$ ) atingisse um valor menor que 27°C (Figura 11).



**Figura 12** - Sistema de microaspersão com os aspersores nas baias de aspersão e aspersão com ventilação e motobomba interligada a caixa d'água que distribuía a água para os conectores.



Fonte: Autora, 2023.

O sistema de ventilação era composto por ventilador do tipo axial, do tipo ventilador de parede oscilante, 3 pás premium, preto, 60 cm, bivolt, marca Ventisol®, fixado na coluna de sustentação da cobertura das baias experimentais a uma altura de dois metros e uma angulação suficiente para incidir sobre a superfície da baia, permanecendo sem oscilar lateralmente, em sua velocidade máxima 3,88 m/s (Figura 13).

**Figura 13** - Bais experimentais mostrando os dois aspersores circulosados em vermelho e o ventilador de parede fixo a dois metros de altura na coluna inclinado para baia de aspersão com ventilação.



Fonte: Autora, 2023.

Assim, a validação dos dados alcançados no protótipo foi obtida a partir de análise comparativa entre os dados registrados pelo sistema (sensor DHT11) e os dados obtidos nos sensores registradores modelo HOBO Data loggers, por meio dos índices estatísticos da taxa de erro: BIAS – viés (equação 1), a raiz quadrada da média do erro (RMSE) (equação 2), e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) (equação 3), calculados pelas seguintes equações:

$$\text{Viés} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_{S_{pred,i}} - T_{S_{obs,i}}) \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_{S_{pred,i}} - T_{S_{obs,i}})^2} \quad (2)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (T_{S_{pred,i}} - T_{S_{obs,i}})^2}{\sum_{i=1}^n (T_{S_{pred,i}} - \bar{x})^2} \quad (3)$$

Sendo que,

$n$  = número total de elementos na amostra;

$T_{S_{pred,i}}$  = *i-ésima* temperatura ambiental predita (°C);

$T_{S_{obs,i}}$  = *i-ésima* temperatura ambiental observada (°C).

#### 4.2. ETAPA 02: VALIDAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE TÉRMICO EM BAIAS DE TERMINAÇÃO DE SUÍNOS

O experimento foi realizado na granja Suinocultura do Vale, localizada em Casa Nova, Bahia, entre os meses de fevereiro e março de 2023, entre o final do verão e início do outono. O município está à 09°9'S e 40°58'W a 397m de altitude. O clima pela classificação de Köppen é do tipo BSw<sup>h</sup> (Semiárido), temperatura média anual na ordem de 26,3°C e precipitação média anual de 542 mm (TEIXEIRA; LIMA FILHO,

2015). A média anual de insolação nessa região é de 7,6 horas diárias de brilho solar e radiação solar global de 18,2 MJ/m<sup>2</sup>/dia-1 (TEIXEIRA, 2011).

As atividades foram devidamente avaliadas pela Comissão de Ética no Uso de Animais e pelo Comitê de Ética e Deontologia em Estudos e Pesquisas da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), com aprovação do projeto sob protocolo nº 0004/2709214

A estrutura da granja comercial, era composta de um galpão de baias para terminação de suínos, com dimensões de 30,0m x 11,0m x 4,5m (comprimento, largura e altura), com cobertura de telha zincada. O galpão possui quatorze baias metálicas de tamanhos diferentes, com pisos parcialmente ripados, dos quais, foram utilizadas três dessas baias com tamanho padrão, de 4,0m x 3,8m para realização do experimento (1,52 m<sup>2</sup>/animal) (Figura 14).

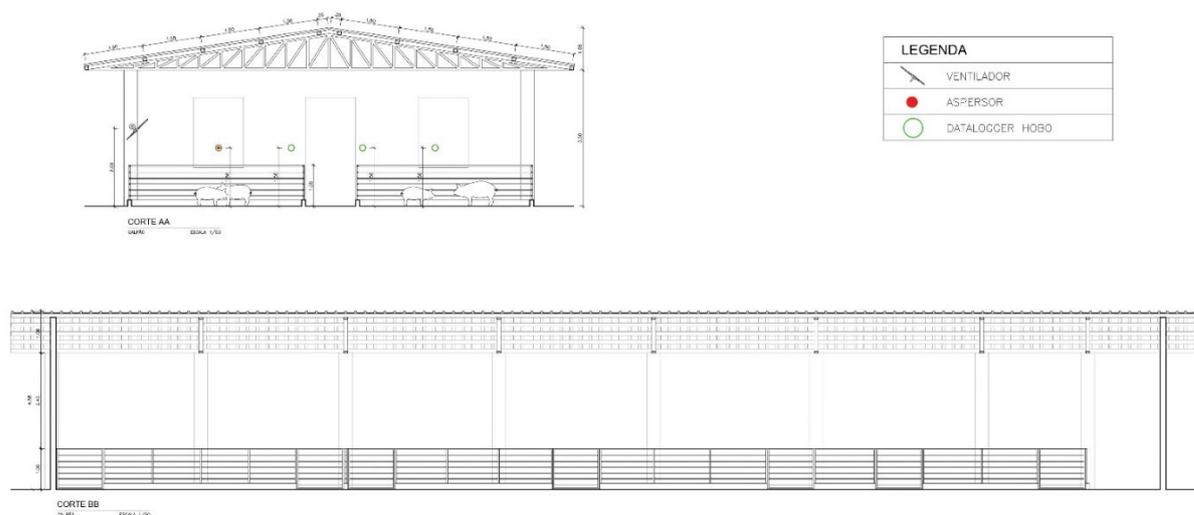
**Figura 14** - Planta baixa da instalação dos suínos.



Fonte: Autora, 2023.

O ventilador esteve fixo em uma coluna a 2,0 metros de altura do chão e os data loggers e microaspersores ficaram a 1,5 metros de altura em relação ao piso das baias com inclinação para localizar melhor a ventilação na baia (Figura 15).

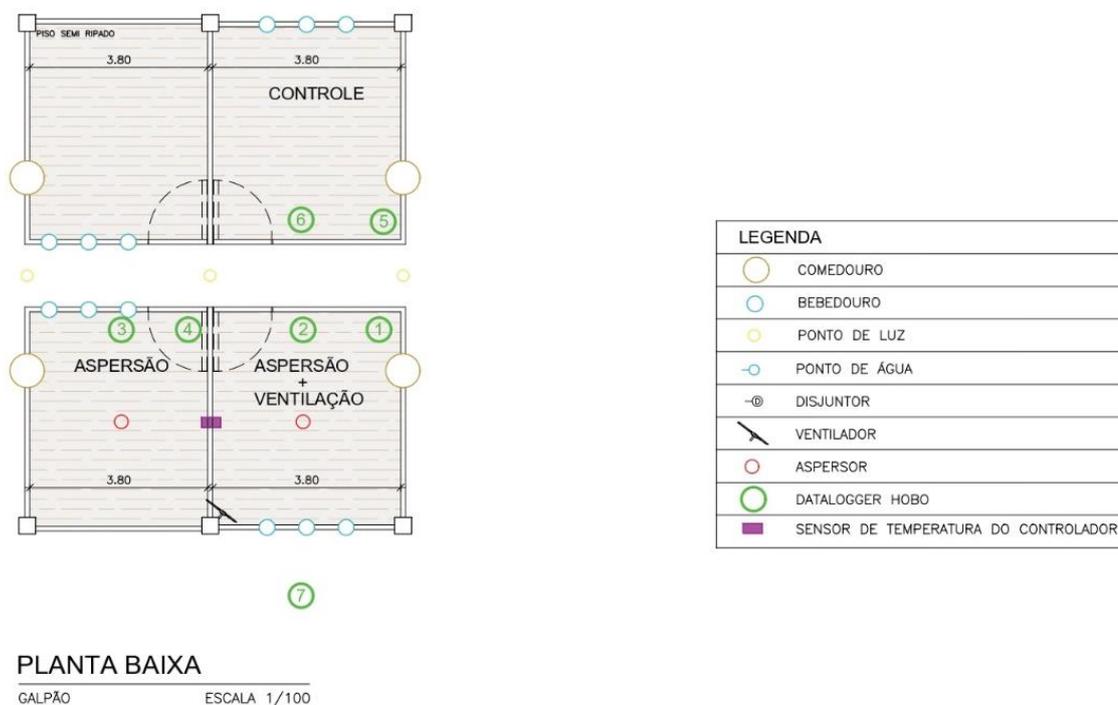
**Figura 15** - Corte Transversal (Corte AA) e Corte Longitudinal (Corte BB) da instalação de suínos.



Fonte: Autora, 2023.

Os data loggers de cada uma das baias do experimento foram enumerados para facilitar a tabulação e controle dos dados coletados por eles e entre as baias que eram climatizadas foi colocado um sensor de temperatura e umidade (DHT11) interligado ao controlador para verificar a temperatura ambiente, e a partir dele é que era acionado ou não o sistema (Figura 16). Ficando também armazenado no cartão SD do controlador, os dados de temperatura e umidade relativa do ar do sensor DHT11, esses dados foram registrados a cada minuto, totalizando 1440 registros diários.

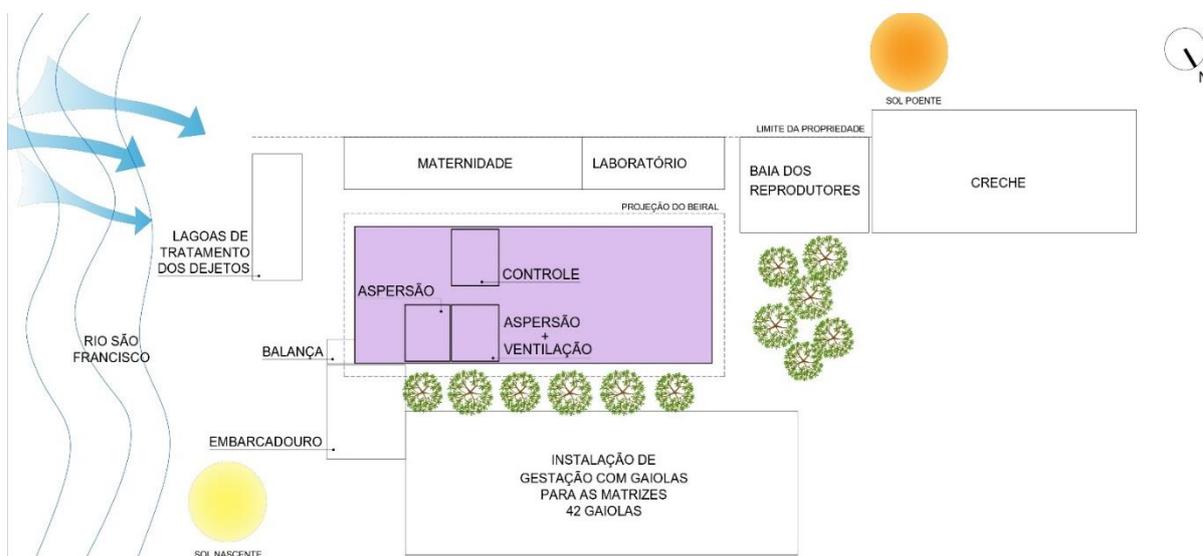
**Figura 16** – Detalhe das baias experimentais e localização dos equipamentos utilizados.



Fonte: Autora, 2023.

Ao redor da instalação do experimento existem outras instalações, algumas árvores, sendo essas acomodações próximas também ao Rio São Francisco (Figura 17 e 18).

**Figura 17** - Croqui das Instalações de suínos na área de produção da fazenda.



Fonte: Autora, 2021.

A Figura 17, com o croqui das instalações da granja foi criada no ano de 2021, sendo que após o seu desenvolvimento, a granja ampliou suas instalações, no qual foram construídos mais dois galpões, como é mostrado abaixo, na foto aérea da Figura 18.

**Figura 18** - Foto aérea do ciclo completo da granja Suinocultura do Vale.



Fonte: Autora, 2023.

A análise do sistema foi realizada selecionando trinta fêmeas de cruzamento Duroc x Large White, com idade média de 120 dias de vida, e peso médio de aproximadamente 70 kg, onde estas estavam na fase de terminação, sendo distribuídas, de acordo com a sua idade e peso (Figura 19).

**Figura 19** - Seleção dos suínos para o experimento.



Fonte: Autora, 2023.

As fêmeas foram distribuídas em três tratamentos com 10 repetições, divididos em 3 baias, sendo cada animal uma unidade experimental. Os tratamentos eram: 01 – baia controle (sem climatização); 02 – baia equipada com sistema de micro aspersão; 03 – baia equipada com sistema de micro aspersão e ventilação. Os quais foram distribuídos casualmente em três baias, com 10 animais cada uma delas.

Esses animais foram identificados através de brinco de marcação, do tipo Allflex USA, colocados na orelha, de modo que, cada animal, apresentou um número diferente (Figura 20).

**Figura 20** - Colocação dos brincos nos suínos.



Fonte: Autora, 2023.

O manejo sanitário e nutricional diário dos animais seguiu protocolo estabelecido na própria granja. A alimentação foi fornecida à vontade (*ad libitum*), conforme a fase que se encontrava os animais e o fornecimento da água também foi à vontade (*ad libitum*), através dos bebedouros tipo *nipple* em todas as baias experimentais, sendo que essa água era filtrada e passava por processo de tratamento à base de cloro, fornecida aos animais fresca e com qualidade comprovada, através de análise físico-química e bacteriológica da água realizada no dia 17 de março de 2023. A ração utilizada foi formulada para atender o requerimento energético e proteico para manutenção e crescimento, fornecidas de acordo com a fase de terminação para os animais.

O tempo do experimento foi de 30 dias (25 de fevereiro até 27 de março de 2023), que geralmente é o período que os animais ficam durante a fase de terminação. A ração fornecida era composta de 75% de farelo de milho, 23% de farelo de soja e 2,0% do núcleo de crescimento contendo vitaminas e minerais, fornecida para todos os tratamentos, sendo quantificado o consumo diário e suas respectivas sobras.

O sistema de aspersão das baias do grupo 2 e 3 foi composto por 02 microaspersores/baia do tipo estático de 360°, com vazão média de 77 L/h, raio de 2,5 m a uma pressão de carga de 0,5 mca, com acionamento intermitente.

Para avaliação do ambiente térmico foram coletadas diariamente, a temperatura de bulbo seco (tbs), temperatura de ponto de orvalho (tpo), umidade relativa (UR) e temperatura do globo negro (Tgn). As medições das variáveis relacionadas ao ambiente térmico foram coletadas ao longo do experimento (30 dias) em intervalos de 15 minutos. Para estas coletas utilizou-se sensores data loggers, totalizando 96 registros por dia.

Foram distribuídos dois sensores data loggers, por baia experimental, totalizando seis sensores enumerados, estes data loggers ficaram dentro de garrafas pets, estas garrafas foram furadas, para propiciar a passagem do ar e não ocorrer gotejamento sobre os equipamentos, penduradas com arame, a 1,5 metros do chão, um cabo era passado pelas garrafas e ficava por fora para coletar a temperatura do globo negro (Figura 21).

**Figura 21** - HOBO Data loggers.



Fonte: Autora, 2023.

Além destes foi instalado um sétimo data logger na área externa da instalação, também a 1,5 metros em relação ao chão (Figura 22).

**Figura 22** - Localização externa do data logger para medição da temperatura e umidade do ar e globo negro.



Fonte: Autora, 2023.

Com os dados climáticos obtidos, foram calculados os seguintes índices de conforto térmico: Índice de Temperatura e Umidade – ITU; Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade– ITGU e Entalpia (H). Estes índices são definidos pelas equações de (4) a (6):

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi calculado utilizando a equação proposta por THOM (1959):

$$ITU = T_a + 0,36T_{po} + 41,5 \quad \text{Eq. (4)}$$

Sendo:

ITU = Índice de Temperatura e Umidade;

$T_a$  = Temperatura do ar (°C);

$T_{po}$  = Temperatura do ponto de orvalho (°C).

O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) foi determinado pela expressão proposta por Buffington *et al.* (1981):

$$ITGU = T_g + 0,36T_{po} + 41,5 \quad \text{Eq. (5)}$$

Sendo:

ITGU = Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade;

$T_g$  = Temperatura de globo negro (°C);

$T_{po}$  = Temperatura do ponto de orvalho (°C).

A Entalpia foi calculada pela equação proposta por Rodrigues *et al.* (2010) onde:

$$h = 1,006 \cdot t + \frac{UR}{PB} 10^{\left(\frac{7,5t}{273,3+t}\right)} \cdot (71,28 + 0,052t) \quad \text{Eq. (6)}$$

Sendo:

$h$  = Entalpia (kJ.kg ar seco<sup>-1</sup>);

$t$  = Temperatura do ar (°C);

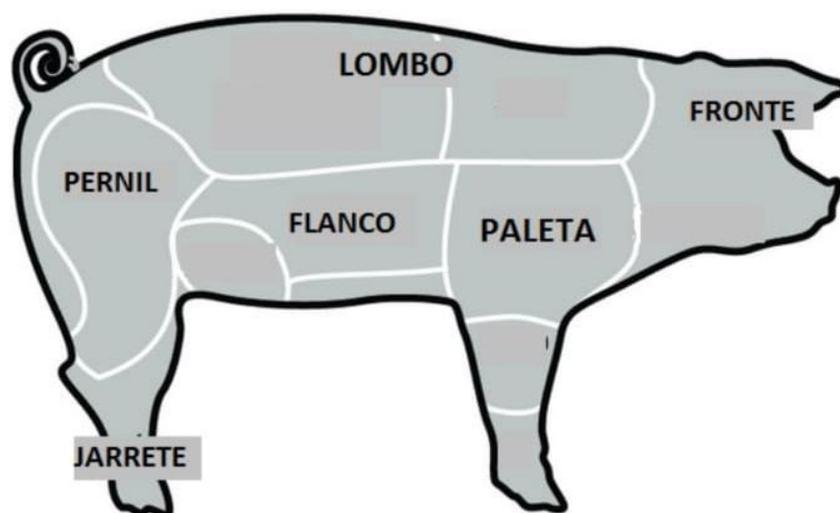
$UR$  = Umidade Relativa do ar (%);

$PB$  = Pressão barométrica local (mmHg).

Foi avaliado também os parâmetros fisiológicos sendo eles, realizados no 7°, 14°, 21° e 28° dias do experimento. Os registros de frequência respiratória (FR), temperatura superficial (TS) e temperatura retal (TR) foram realizados também em dois horários pré-estabelecidos às 08:00h e 15:00h.

Para a determinação da temperatura superficial (TS), utilizou-se um termômetro de infravermelho (Termômetro Digital Infravermelho ST/600, -60°C+500°C, INCOTERM) a uma distância de 20 cm de cada um dos pontos avaliados (AMARAL, *et al.*, 2014), em seis locais distintos (fronte, paleta, lombo, flanco, pernil e jarrete), os quais originaram uma média e esses valores médios é que foram analisados (Figura 23).

**Figura 23** - Pontos de coleta das temperaturas superficiais dos suínos.



Fonte: Adaptado pela autora, 2023.

Para a TR, foi utilizado termômetro clínico veterinário graduado até 44°C, introduzido a 5,0 cm no reto de cada animal por um tempo de dois minutos (TR; °C) (Figura 24).

**Figura 24** - Coleta da temperatura retal dos suínos.



Fonte: Autora, 2023.

Por sua vez, a FR, quantificada em número de respirações por minuto, foi obtida pela contagem da movimentação do flanco dos suínos durante 15 segundos, multiplicando-se o resultado por quatro, a fim de obter-se a frequência respiratória por minuto (FR;  $\text{mov}/\text{min}^{-1}$ ).

Concluído o período de adaptação, o peso corporal inicial (PCI) dos animais foi registrado antes da oferta das dietas e sem jejum de sólidos e água. As pesagens seguintes ocorreram a cada sete dias até o final do período experimental (30 dias), assim, os animais foram pesados (Figura 26), obtendo-se o peso corporal final (PCFi). O ganho em peso médio diário (GPMD) foi obtido pela equação:  $\text{GDMP (kg)} = (\text{PCFi} - \text{PCI}) / 28$ .

A quantidade de alimento ofertada e as sobras foram anotadas diariamente para o cálculo do consumo e conversão alimentar. Os animais foram pesados em balança metálica com capacidade para 500 kg, e, para não prejudicar o manejo da

granja, não sofreram jejum anterior às pesagens, do início até o final do experimento (Figura 25).

**Figura 25** - Pesagem dos suínos.



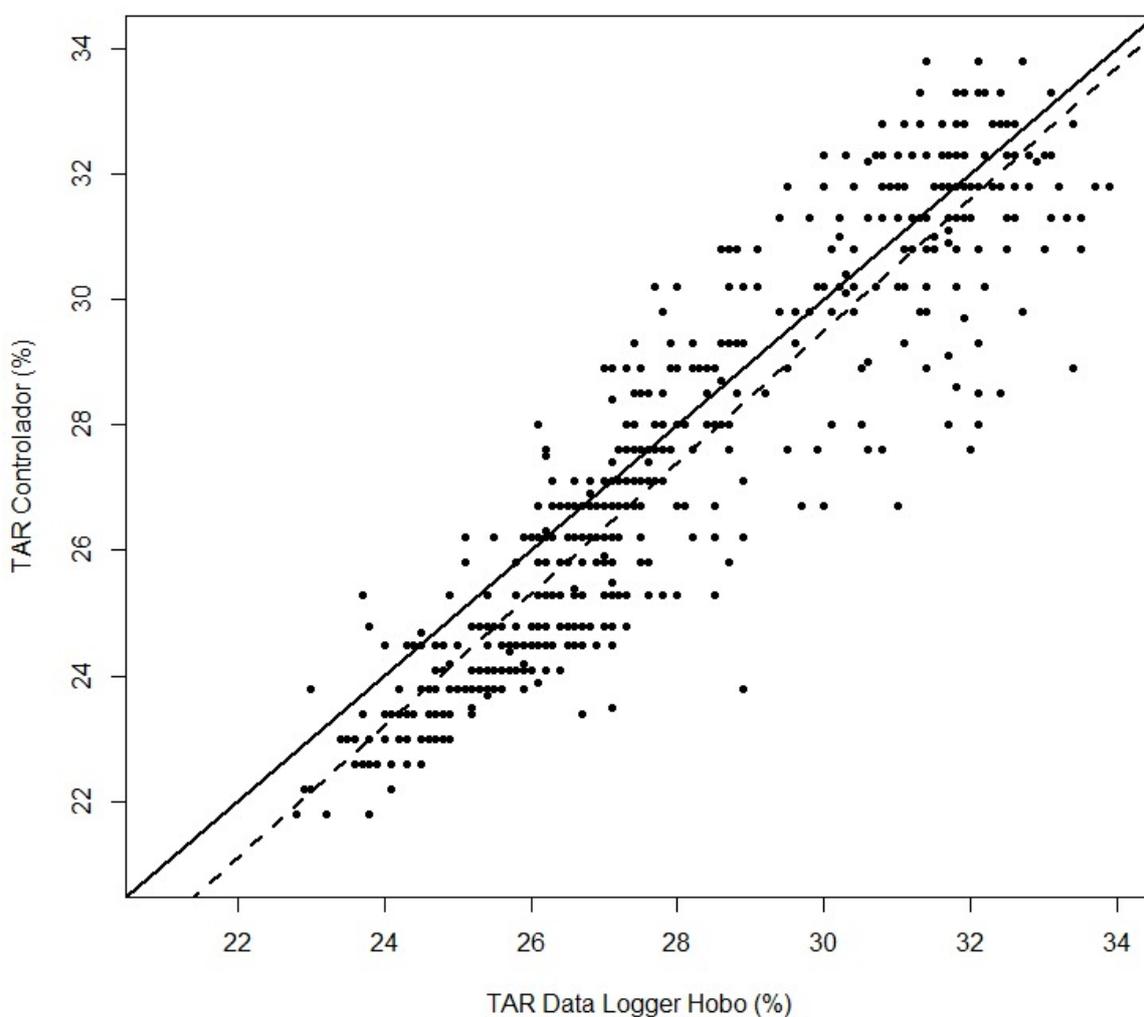
Fonte: Autora, 2023.

A análise dos dados de validação do controlador foi realizada através da estatística descritiva e Teste-t, comparando os dados obtidos no data logger HOBO e os armazenados no controlador. Os índices de conforto térmico, parâmetros fisiológicos e desempenhos zootécnicos foram analisados em um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos (baia controle, baia com microaspersão e baia com microaspersão mais ventilação), uma baia por tratamento e 10 animais por baias. A análise de variância, quando os dados foram significativos, foi comparada pelo teste de *Tukey*,  $P < 0,05$  e foi feito também uma análise de regressão para os dados ambientais.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se no gráfico da Figura 26, os dados comparativos da temperatura do ar (Tar), do sensor do controlador (ordenadas) com os dados do sensor do data logger HOBO (abcissas).

**Figura 26** - Gráfico de dispersão da Temperatura do Ar (Tar) do sensor do controlador com o sensor do data logger HOBO.



O gráfico de dispersão da Tar está atrelado aos parâmetros estatísticos (Tabela 4), que apresentou um viés negativo (-0,59), tendendo a subestimar o valor do HOBO, de modo que, a partir dos 27°C ocorreu uma maior dispersão dos dados. E nas

temperaturas variando de 32° a 34°C evidencia-se uma pequena queda no valor abaixo da linha de simulação ideal, o que possivelmente fez com que o viés ficasse abaixo de zero (-).

**Tabela 4** – Indicadores estatísticos para comparação do sensor interligado ao Controlador térmico e do sensor data logger HOBO, para Temperatura do Ar (TA), pelo Teste-T.

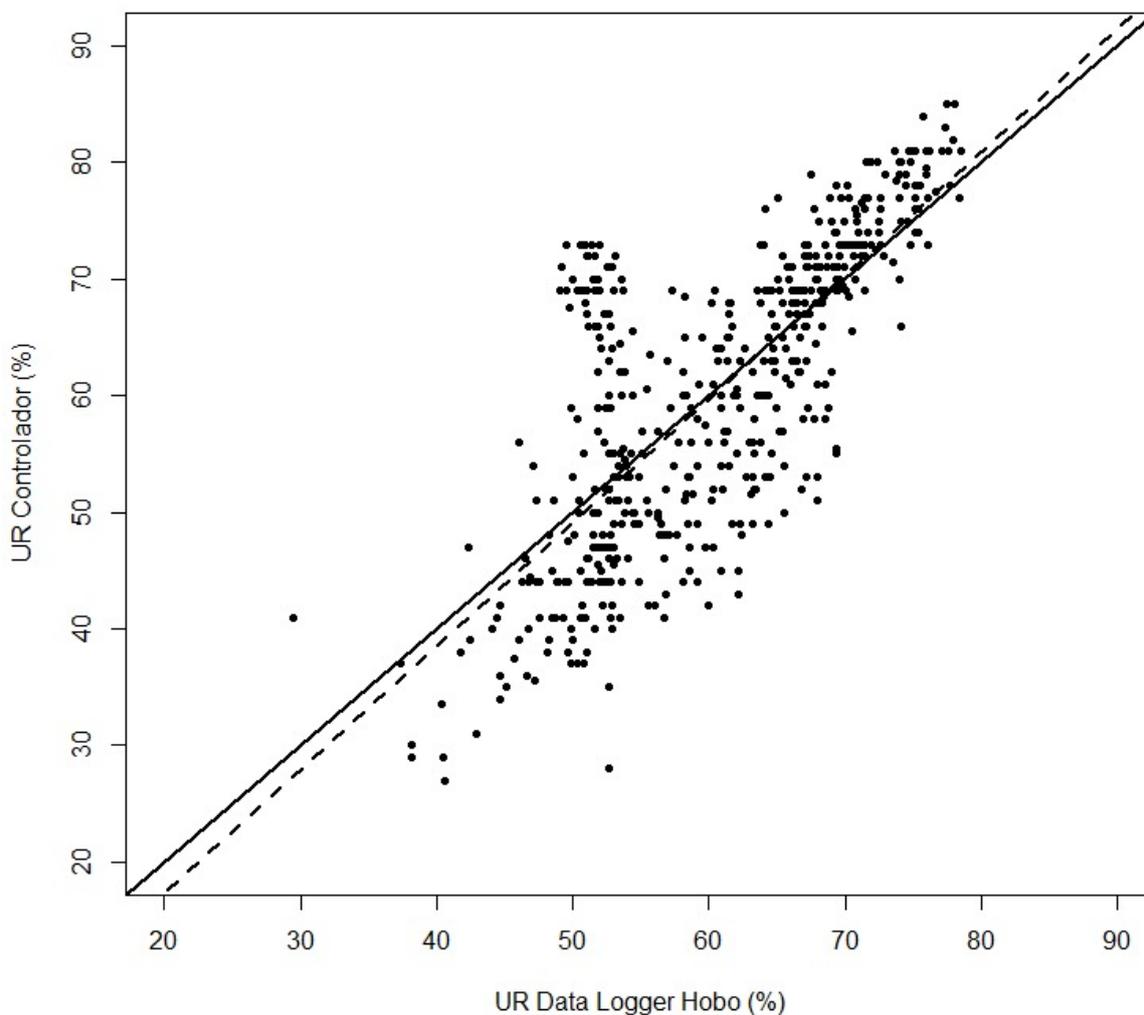
| Índices        | Temperatura do ar |
|----------------|-------------------|
| ME=BIAS        | -0,59             |
| RMSE           | 1,38              |
| R <sup>2</sup> | 0,83              |

Já a raiz quadrada média do erro (RMSE) representa um modelo de dados mais precisos, quando em comparação e associação ao mesmo sentido dos demais parâmetros estatísticos observados. Este fato corrobora com o comportamento registrado na Figura 26.

O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), com valor aproximado de 0,83 (Tabela 4), expõe que houve uma menor distância entre cada um dos pontos de temperatura, e desta forma, apresentando dados bem distribuídos e com valor de R<sup>2</sup> próximo a 1, apontando assim, que os resultados podem ser explicados por este modelo.

No gráfico da figura 27, encontram-se os dados de Umidade Relativa do Ar (UR), do sensor do controlador (ordenadas) com o do sensor do data logger HOBO (abcissas).

**Figura 27** - Gráfico de dispersão da Umidade Relativa (UR) do sensor do controlador com o sensor do data logger HOBO.



O gráfico de dispersão da UR está atrelado aos parâmetros estatísticos (Tabela 5), que apresentou um erro médio (ME) ou BIAS – viés negativo, -0,28 e próximo a zero, dispendo de uma dispersão maior dos dados (Figura 27), tendendo para subestimação do valor do HOBO, com mais pontos dispersos abaixo da linha, em comparação a menor quantidade de pontos acima da linha. O viés, aponta onde teve-se o erro, sendo este erro dado pela diferença do valor da umidade relativa no controlador e o valor da umidade relativa no HOBO.

**Tabela 5** – Indicadores estatísticos para comparação do sensor interligado ao Controlador térmico e do sensor data logger HOBO, para Umidade Relativa (UR), pelo Teste-T.

| Índices        | Umidade Relativa |
|----------------|------------------|
| ME=BIAS        | -0,28            |
| RMSE           | 8,30             |
| R <sup>2</sup> | 0,58             |

A raiz quadrada da média do erro (RMSE) conferiu um valor mais elevado (8,30), e como consequência, o coeficiente de determinação R<sup>2</sup>, apresentou-se mais baixo (0,58) e mais distante de 1.

Os valores dos índices (RMSE, R<sup>2</sup>) não apresentaram resultados tão satisfatórios para UR como ocorreu para Tar (Figura 26), uma vez que, a programação do controlador foi ajustada conforme a temperatura do ar, tornando a umidade relativa um indicador secundário, apontando assim, a funcionalidade do controlador térmico elaborado com dados mais satisfatórios para a Tar. Sendo isso, em virtude também do sensor DHT11 não ter uma grande precisão na coleta dos dados, com uma qualidade mais inferior, ocasionando alguns erros de coletas.

Foram comparadas as variáveis ambientais das três baias: Controle (C), Aspersão (A) e Aspersão com Ventilação (AV) e dessa forma, observaram-se os índices de conforto térmico desses tratamentos, com os dados dos data loggers HOBO (Tabela 6).

**Tabela 6** – Valores médios da Temperatura do ar (Tar), Umidade Relativa do ar (UR), H (Entalpia), ITGU (Índice de Temperatura do Globo e Umidade), ITU (Índice de Temperatura e Umidade) com os dados do data loggers HOBO, ao decorrer do dia durante o período experimental nos três tratamentos: Controle (C), Aspersão (A) e Aspersão com Ventilação (A+V).

| Variáveis | Tratamentos |          |                         | CV (%) <sup>1</sup> |
|-----------|-------------|----------|-------------------------|---------------------|
|           | Controle    | Aspersão | Aspersão com ventilação |                     |
| Tar (°C)  | 28,41b      | 27,41a   | 28,19b                  | 9,97                |
| UR (%)    | 65,77a      | 65,35a   | 66,09a                  | 20,17               |
| H         | 71,90b      | 68,35a   | 71,49b                  | 7,80                |
| ITGU      | 76,64b      | 75,79a   | 76,79b                  | 4,14                |
| ITU       | 77,18b      | 75,79a   | 76,94b                  | 3,71                |

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de *Tukey*.

<sup>1</sup>CV = Coeficiente de Variação (%)

Na Tabela 6, para os dados do ambiente térmico das baias de terminação de suínos, houve diferença significativa nas médias da temperatura do ar ( $P < 0,05$ ), a qual, comportou-se menor para o tratamento de aspersão (27,41°C), quando comparada aos demais tratamentos. A faixa ideal recomendada para Tar de suínos na fase de terminação encontra-se em torno de 12 a 18°C, sendo a sua temperatura crítica superior a partir de 27°C (OLIVEIRA, 2015; FERREIRA, 2011), mostrando assim, que o tratamento de aspersão foi o que ficou mais próximo a temperatura crítica superior estabelecidas por estes autores (27,41°C), já os demais tratamentos apresentaram médias superiores a 28°C.

Para a umidade relativa do ar não houve diferença significativa com relação as médias dos tratamentos estudados. A UR média para suínos na fase de crescimento e terminação é de 70%, a UR crítica inferior abaixo de 60% e UR crítica superior acima de 80%, segundo Baêta e Souza (2010), mostrando que nenhum dos tratamentos estudados neste trabalho ultrapassou esta faixa de conforto para os animais do experimento (Tabela 6).

Os valores médios dos índices de conforto térmico também estão apresentados na Tabela 6, o valor da entalpia (H) para o tratamento da aspersão apresentou média de 68,35 KJ/kg de ar seco, esta variável foi considerada dentro da faixa de conforto para suínos na fase de terminação segundo Moura (1999), a H de conforto está entre 60,4 a 68,6 KJ/kg de ar seco. Enquanto, os outros dois tratamentos (C e A+V) o valor apresentou-se acima de 71 KJ/kg de ar seco, ultrapassando a faixa de conforto para esses animais, conforme o autor citado.

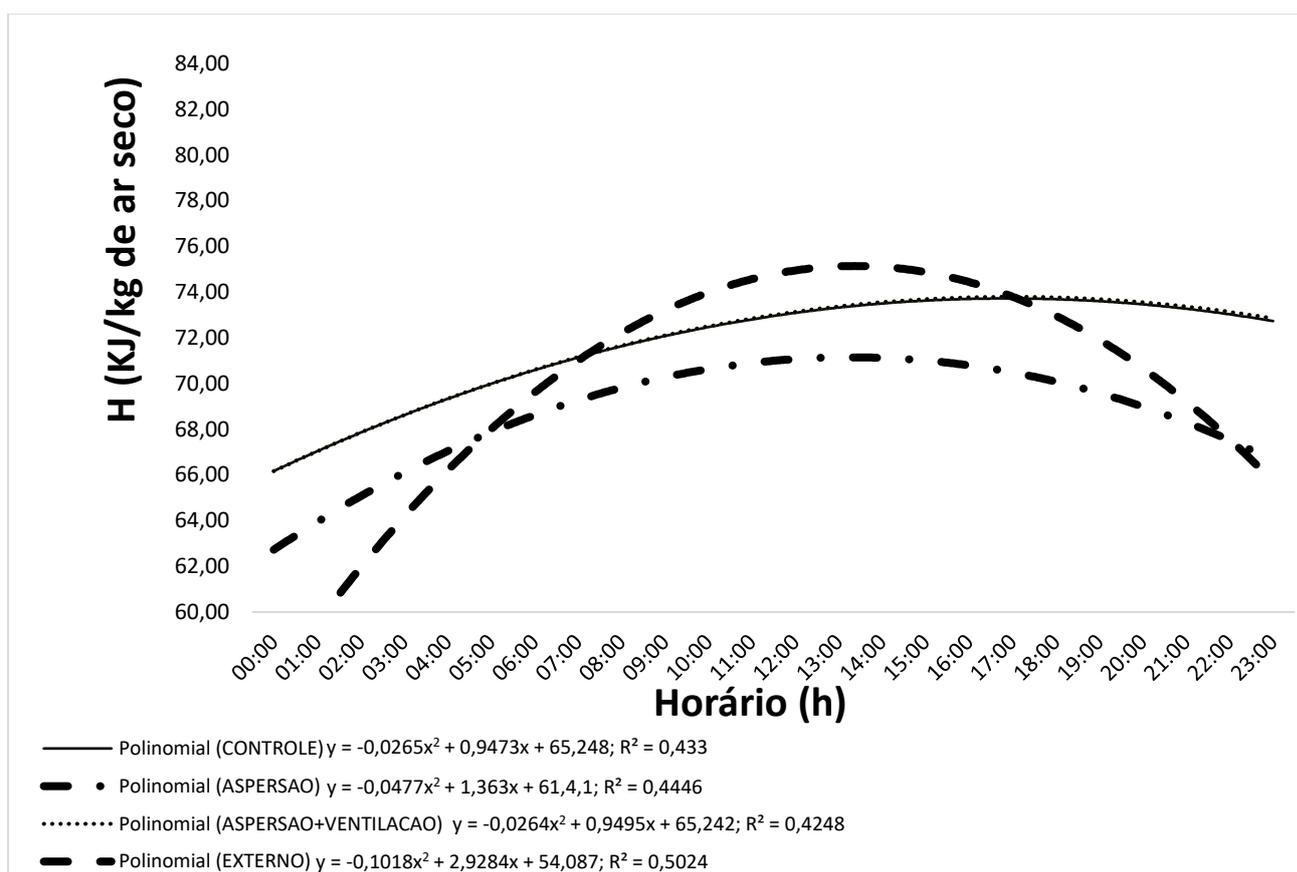
Com relação ao índice de temperatura de globo negro e umidade, houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 6), sendo que o tratamento da aspersão (75,79) apresentou menor valor médio, quando comparado aos demais tratamentos. Entretanto, para os tratamentos controle e aspersão com ventilação os valores médios foram semelhantes, de 76,64 e 76,79, respectivamente. Mostrando que os resultados das médias dos três tratamentos desse trabalho ficaram acima de 72, que é o valor médio considerado para a faixa conforto estabelecido por Sampaio *et al.* (2004) e Campos *et al.* (2008) em suínos nesta fase.

No presente estudo, o índice de temperatura e umidade (Tabela 6) também apresentou diferença significativa entre os tratamentos estudados ( $P < 0,05$ ) e o menor valor médio foi encontrado, também, no tratamento de aspersão, quando comparada aos demais (C e A+V). De acordo com Moi *et al.* (2014), o estresse térmico para suínos na fase de terminação pode acontecer quando o ITU está acima de 74. Para PIC (2015), o ITU abaixo de 74 é considerado conforto para suínos, entre 75 e 79 considera-se sinal de alerta para esses animais, entre 80 e 85 é perigoso e acima de 85 é uma situação de emergência, no qual seria o ITU crítico superior. Com estes resultados, mostra-se que os valores do ITU para esta pesquisa, ficaram em um sinal de alerta para os suínos estudados, conforme os autores citados

No gráfico da Figura 28 estão apresentados os valores médios horários da entalpia dos tratamentos e do ambiente externo. O comportamento das médias da H ao longo do dia para os grupos controle e aspersão com ventilação foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) no gráfico. Como podemos observar, ao longo de todas as horas do dia, o tratamento de aspersão foi o que apresentou menores médias horárias para a entalpia quando comparada aos demais grupos, dessa forma, resultados semelhantes foram encontrados em alguns trabalhos e os suínos preferiram a troca de calor através do sistema de aspersão, permanecendo mais tempo nesse tipo de climatização (HUYNH

et al., 2005; OLIVEIRA, 2015; SANTOS, 2022).

**Figura 28** - Índice da Entalpia (H) ao longo das 24 horas, nos três tratamentos: Controle (C), Aspersão (A) e Aspersão com Ventilação (A+V) e ambiente externo.



Observou-se, nesse experimento, que a elevação do valor médio horário da entalpia para o tratamento de aspersão foi entre os horários de 06:00 às 21:00 horas, estando acima da faixa recomendada (68,6), expressando que os animais desse grupo poderiam estar expostos a um ambiente estressante nestes horários.

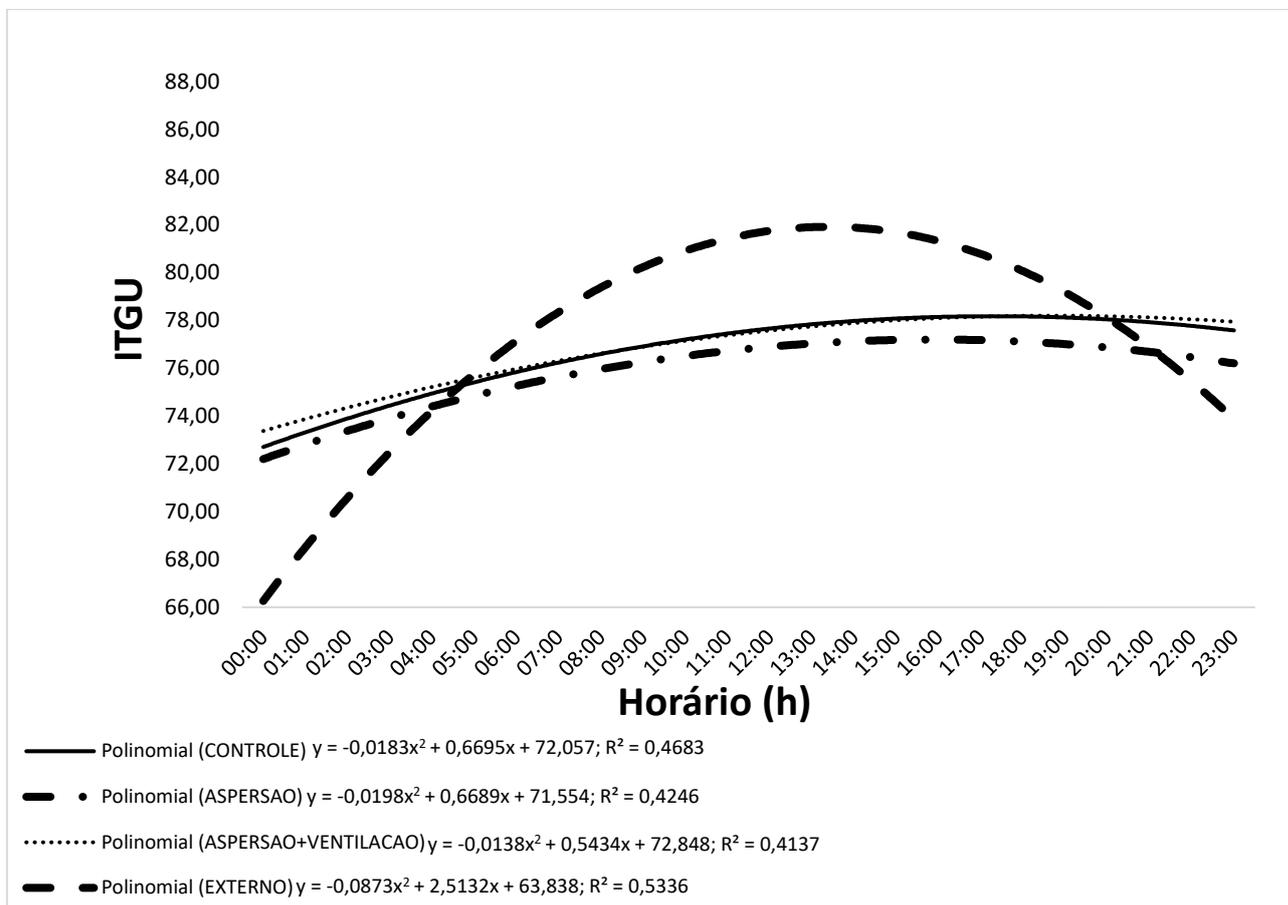
À medida que a temperatura do ar aumenta dentro das instalações, há um aumento da entalpia, visto que esses dois parâmetros são diretamente proporcionais, e desta forma, o desconforto sentido pelos animais se eleva, uma vez que a dissipação do calor por meio de processos evaporativos torna-se mais limitada, conforme é observado no trabalho de Gomes (2018), com suínos no Semiárido pernambucano.

O ambiente externo foi o que apresentou valores médios mais elevados de H, do que os outros tratamentos estudados, devido ao efeito da radiação solar direta (DAMASCENO *et al.*, 2019; ARAÚJO *et al.*, 2022). Além disso, observou-se (Figura 28) que parte dessa energia foi eliminada pela estrutura da instalação, mesmo sendo um telhado de zinco. Estudos realizados por Sarubbi *et al.* (2012), utilizando coberturas de telha de fibrocimento em instalações de suínos em crescimento, no período da primavera, encontraram um valor de entalpia maior (73,45 KJ/kg de ar seco), quando comparado ao valor encontrado na presente pesquisa para o grupo controle (71,90 KJ/kg de ar seco).

Vale ressaltar que o telhado que compõe a edificação analisada neste trabalho é composto por material zincado, ou seja, material que absorve energia térmica e conduz em toda sua superfície. O valor de entalpia (71,90 KJ/kg) encontrado neste trabalho para o grupo controle, pode ser explicado através das trocas térmicas entre o telhado e o ambiente, que assim, permitiu uma menor transmissão de calor para o interior da edificação.

Na Figura 29, estão apresentados os valores médios horários de ITGU na interação dos tratamentos juntamente com ambiente externo, evidenciando que para o tratamento de aspersão dentro de todos os horários coletados, apresentou-se um valor menor para este índice de conforto, quando comparado aos demais tratamentos ( $P < 0,05$ ). No entanto, todas as médias horárias desses tratamentos ficaram acima da faixa considerada de conforto (72) por Sampaio *et al.* (2004) e Campos *et al.* (2008) para suínos nesta fase.

**Figura 29** - Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), ao longo das 24 horas, nos três tratamentos: Controle (C), Aspersão (A), Aspersão com Ventilação (A+V) e ambiente Externo.



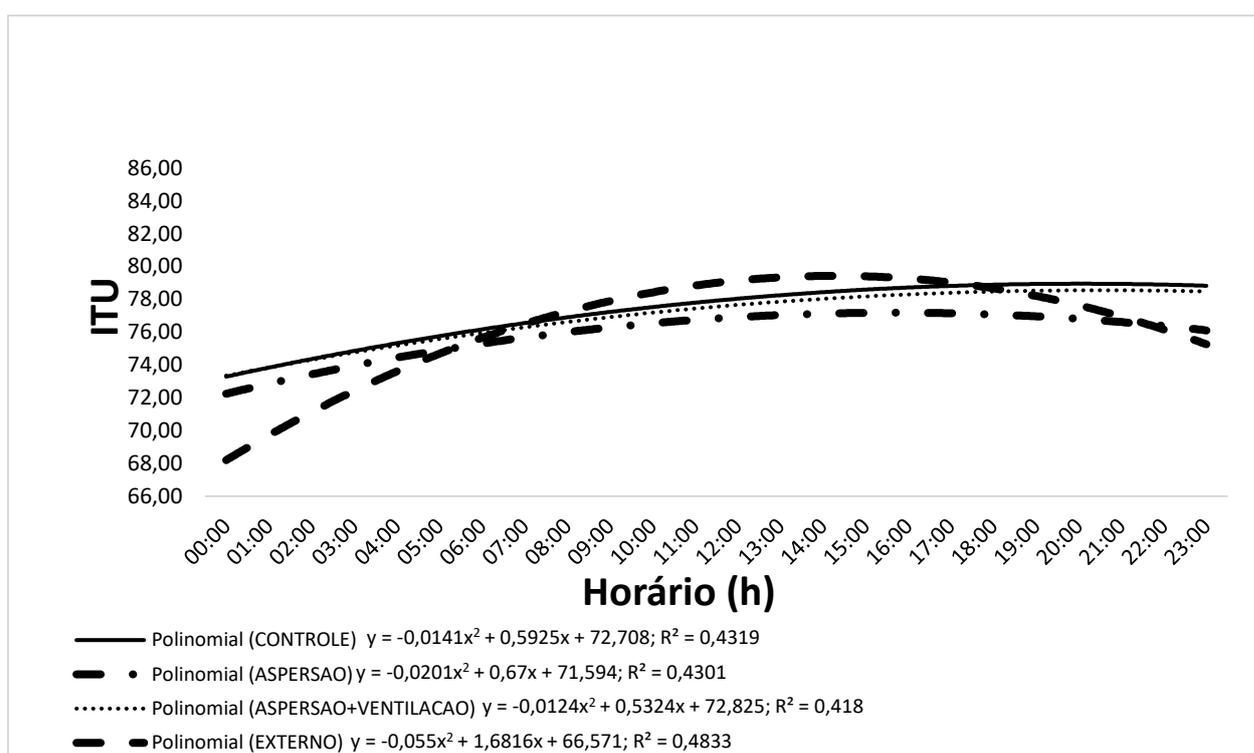
No trabalho de Oliveira (2015), com preferências de suínos na fase de terminação entre diferentes sistemas de resfriamento, nos meses de fevereiro e março em Pirassununga/SP, obteve-se um valor médio horário do ITGU dentro da faixa de conforto (abaixo de 72), diferente dos resultados encontrados nesta pesquisa.

Já para Kiefer *et al.* (2009), trabalhando com machos castrados em câmaras climáticas, obtiveram valores de ITGU próximos a 81 (limite crítico superior), como um indicativo de nível elevado de estresse térmico causado pelo calor na fase de terminação. Comparando os valores encontrados por Kiefer *et al.* (2009), os valores obtidos e analisados neste trabalho foram menores que os encontrados por este autor, indicando que os valores de ITGU nos tratamentos estudados não alcançaram o limite

crítico superior deste índice.

Na Figura 30, estão apresentados os valores médios horários de ITU na interação dos tratamentos juntamente com ambiente externo. Obteve-se diferença significativa para este índice ( $P < 0,05$ ), de maneira que, o grupo de aspersão apresentou menores valores nas médias horárias, ficando elas menores em comparação aos demais tratamentos, sendo que este grupo se sobressaiu com melhores resultados com relação a este índice ambiental.

**Figura 30** - Índice de Temperatura e Umidade (ITU), ao longo das 24 horas, nos três tratamentos: Controle (C), Aspersão (A), Aspersão com Ventilação (A+V) e ambiente Externo.



Como já mencionado o valor do ITU de conforto para suínos na fase de terminação é abaixo de 74, mostrando que em quase todos os horários de todos os tratamentos este valor ficou acima do valor considerado conforto, no entanto, estes valores não ultrapassaram o ITU crítico superior (acima de 85), considerado por Moi

*et al.*, 2014 e PIC, 2015.

Reitera-se que, como demonstrado em todos os gráficos dos índices de conforto térmico deste trabalho, o tratamento de aspersão foi o que apresentou menores valores médios em todos os horários, abaixo dos demais tratamentos. Isso pode-se estar relacionado ao fato de que, devido à localização e orientação da instalação, o tratamento de aspersão sofreu influência da brisa gerada pelo Rio São Francisco, em decorrência da direção preferencial de escoamento dos ventos na região do Vale do São Francisco ser sudeste, conforme citado por Araújo Júnior (2019).

A ventilação, seja ela natural ou artificial, associada com aspersores ou nebulizadores nas instalações de suínos, na fase de terminação pode favorecer o conforto térmico para esses animais, de acordo com o observado por SANTOS *et al.* (2012), trabalhando com sistemas de ventilação de suínos na fase de terminação no Centro-Oeste brasileiro.

Com relação às duas baias climatizadas analisadas, o tamanho da gotícula da água que caía dos aspersores pode ter influenciado nos resultados encontrados nesta pesquisa, sendo que a pressão do sistema pode ter sido muito elevada ocasionando assim, o tamanho da gota d'água menor, comparando-se a uma névoa.

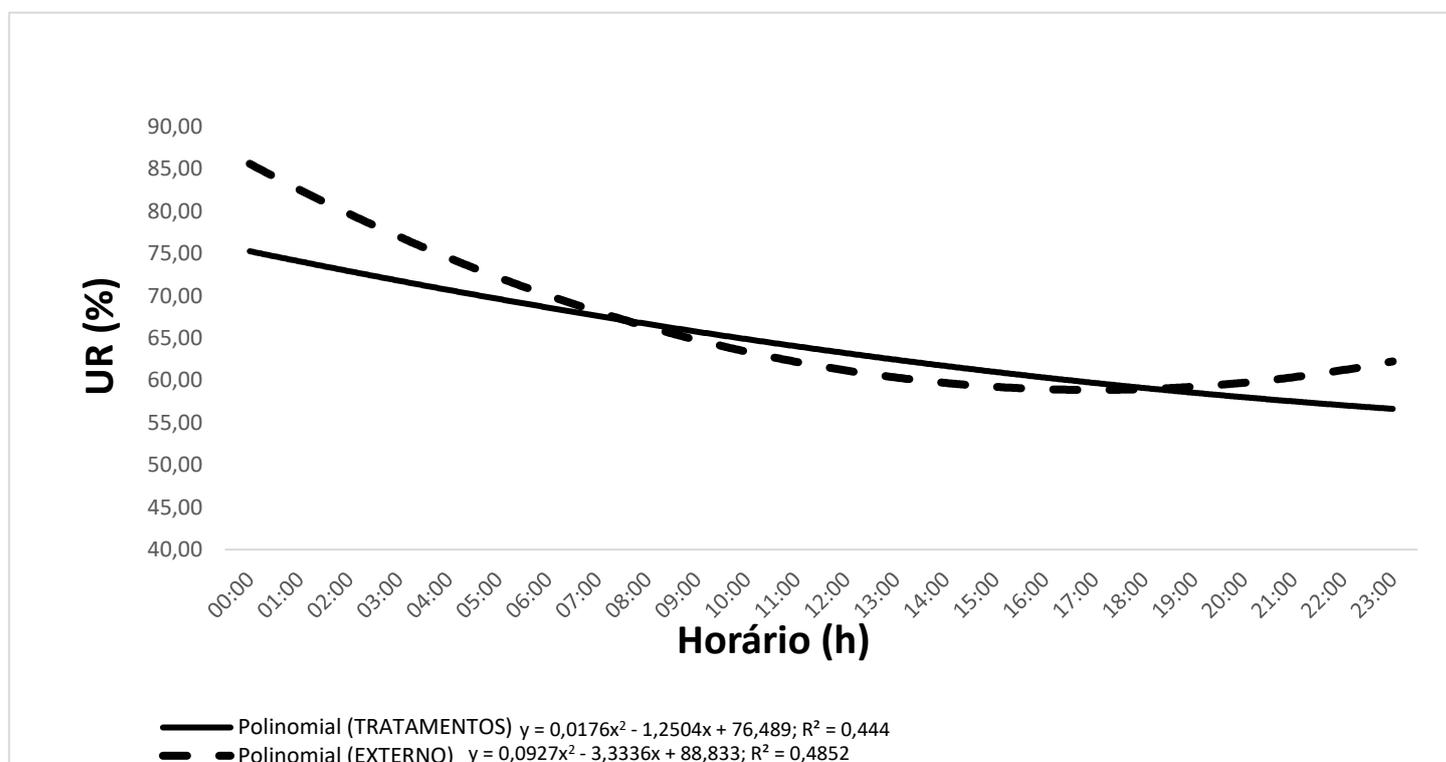
O tratamento de aspersão, em virtude da circulação natural dos ventos, propiciou um ambiente de mais conforto para os animais deste grupo, quando comparado aos demais animais das outras baias do experimento. Sendo que o tratamento de aspersão com ventilação pode ter influenciado o tratamento controle, visto que as baias estavam uma de frente para outra, o que se é observado nos valores dos gráficos das variáveis ambientais, onde um tratamento não se diferenciou do outro ( $P > 0,05$ ).

Presumivelmente, o equipamento de ventilação forçada utilizado no experimento não supriu a necessidade desejada, com sua vazão (3,88 m/s), levando também em consideração a sua posição, podendo ela não ser o suficiente para a instalação, devido à dimensão do galpão, como também as suas aberturas ou alguma característica específica e assim, não ter influenciado significativamente os animais do grupo de aspersão com ventilação.

Como já mencionado, para a média da umidade relativa, não houve diferença

significativa ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos (Figura 31), estabelecendo a UR em uma faixa entre 65 e 66%, dentro do ideal para conforto térmico dos suínos na fase de terminação, segundo Sousa (2004) e Sampaio *et al.* (2004). Sendo também recomendado não ultrapassar o valor de 60% (UR crítica inferior), com o ideal situando-se em torno de 70% (BAÊTA e SOUZA, 2010).

**Figura 31** - Umidade Relativa do ar (UR), ao longo das 24 horas, nos tratamentos e ambiente Externo.



Ferreira *et al.* (2015), trabalhando com programa de luz em instalações de suínos na fase de crescimento em Minas Gerais, obtiveram resultados de 71% para UR, diferentes dos resultados encontrados nesta pesquisa, no qual quase todos os horários do dia as médias para este parâmetro permaneceram abaixo de 70%.

Já Oliveira (2015), não alcançou diferença significativa entre os tratamentos de

aspersão (68,13%) e aspersão com ventilação (68,50%) para UR trabalhando com suínos na fase de engorda no estado de São Paulo, resultados semelhantes foram encontrados neste experimento para estes mesmos tratamentos.

No que diz respeito às variáveis fisiológicas, não houve interação entre os horários e os tratamentos observados, por este motivo foram analisados separadamente.

Para os valores médios da temperatura retal (TR) não houve diferença significativa das médias entre os horários ( $P > 0,05$ ). Porém, para temperatura superficial (TS) e frequência respiratória (FR), verificou-se diferença significativa entre estas duas variáveis ( $P < 0,05$ ), entre os dois horários analisados (Tabela 7).

**Tabela 7** – Valores médios da Temperatura Superficial (TS), Temperatura Retal (TR), Frequência Respiratória (FR), em dois horários as 08:00 e as 15:00 horas.

| Horários | TS (°C) | TR (°C) | FR (mov/min) |
|----------|---------|---------|--------------|
| 08:00    | 34,43a  | 39,35a  | 12,46a       |
| 15:00    | 35,80b  | 39,39a  | 16,65b       |

Tendo em vista que, o horário das 15:00 horas apresentou valores mais elevados, provavelmente, por ser um dos horários mais quentes do dia, quando comparado com o horário das 08:00 horas, que geralmente nesse período a temperatura do ar é menor. Por esta razão pode se explicar que houve essa diferença significativa para estes horários analisados, em função da diferença de temperatura do ar.

Na região Semiárida, há uma elevada incidência de radiação solar, devido à maior proximidade da linha do Equador. O período de 12:00 (meio-dia) é momento mais crítico, ou seja, é neste horário em que há maior incidência de radiação, e conseqüentemente, maior elevação da temperatura. Em contrapartida, Santos (2011) afirma que os períodos de 14:00 e 15:00 horas são considerados os mais quentes do dia, em função do intervalo de tempo necessário para que as estruturas das

instalações absorvam e transmitam calor ao ambiente.

Na Tabela 8, encontra-se os dados fisiológicos e de desempenho dos suínos comparados nos três tratamentos. Para as médias de temperatura superficial e retal entre os tratamentos, não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ). Já para as médias entre os tratamentos da frequência respiratória, houve diferença significativa, este parâmetro apresentou um valor menor para os animais do grupo de aspersão e aspersão com ventilação, quando comparado com os animais do grupo controle ( $P<0,05$ ).

**Tabela 8** – Valores médios da Temperatura Superficial (TS), Temperatura Retal (TR), Frequência Respiratória (FR), Ganho de Peso Médio Diário (GPMD) e Conversão Alimentar (CA), nos três tratamentos: Controle (C), Aspersão (A) e Aspersão com Ventilação (A+V).

|                    | TS (°C) | TR (°C) | FR (mov/min) | GPMD (kg) | CA (kg/kg) |
|--------------------|---------|---------|--------------|-----------|------------|
| <b>Tratamentos</b> |         |         |              |           |            |
| C                  | 35,39a  | 39,50a  | 17,42b       | 0,69b     | 3,19a      |
| A                  | 35,39a  | 39,44a  | 12,10a       | 0,95a     | 3,19a      |
| A+V                | 34,56a  | 39,16a  | 14,15a       | 0,77b     | 4,02a      |

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

Para suínos, que são classificados como animais homeotérmicos à temperatura da superfície corporal varia entre a faixa de 33 e 35°C (HUYNH *et al.*, 2005; GOMES, 2018), comprovando que os valores encontrados neste trabalho obedeceram a faixa considerada normal (Tabela 8), por estes autores.

O trabalho de Alves *et al.* (2023), com suínos em fase de crescimento no qual foram submetidos a diferentes sistemas de controle climático, encontrou valores médios da temperatura superficial variando de 37,51 a 38,45°C, evidenciando que esses dados são superiores aos achados nesta pesquisa com um sistema de controle térmico na fase de terminação de suínos.

A TS pode alterar, baseando-se na raça, sistema reprodutivo, fatores do ambiente, variações no metabolismo (NAZARENO *et al.*, 2012; SOERENSEN, PEDERSEN, 2015). Assim, quando se tem discrepância pela diferença da temperatura superficial e da temperatura ambiente (mais baixa), há maior dissipação de calor, a qual ocorre por mecanismos sensíveis de trocas térmicas, podendo assim, ter influência direta dos sistemas de climatização nas variáveis fisiológicas dos suínos (RIGO, *et al.*, 2019).

A análise estatística indicou que não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos para os valores médios da temperatura retal, indicando que os animais não chegaram a níveis de estresse térmico extremos pelo calor e os mecanismos fisiológicos termorreguladores foram satisfatórios e conseguiram mantê-los na sua zona de termoneutralidade, o que está próximo do valor definido por Kiefer *et al.* (2010) que determinou uma faixa de conforto da TR em 39,3°C para suínos em terminação.

Já Einer-Jensen *et al.* (1999), determinou a temperatura retal normal para suínos na faixa de 39,2°C, podendo variar entre 38 e 40°C em conformidade com as condições ambientais e idade dos animais, corroborando com os dados encontrados para o presente estudo, que averiguou e comprovou que para cada um dos tratamentos analisados a temperatura retal manteve-se dentro da faixa de variação considerada de conforto para suínos na fase de terminação.

De acordo com, Sousa (2004), os suínos mantêm sua temperatura retal dentro de uma faixa estreita de 39,4°C, em condições normais, um aumento em seu valor significa que os animais estão estocando calor, enfatizando que os valores médios encontrados neste trabalho para TR estão dentro do padrão normal considerado por este autor.

Para o parâmetro da frequência respiratória, o normal em suínos adultos varia entre 15 a 25 movimentos por minuto conforme estabelece Yan e Yamamoto (2000), demonstrando que os dados obtidos neste trabalho estão em conformidade aos valores encontrados por estes pesquisadores, não constatando diferença significativa entre os tratamentos estudados. Gomes (2018), trabalhou com diferentes sistemas de climatização para suínos em crescimento e terminação no Semiárido pernambucano e registrou valores para FR acima dos encontrados neste trabalho.

A TR e FR podem estar ligadas a fatores como idade, raça e também podem variar conforme a hora do dia e se o animal está ingerindo alimento ou água, relaciona-se também aos parâmetros ambientais como temperatura ambiente, velocidade do vento, estação do ano e localização da instalação (PERISSINOTTO *et al.*, 2009).

As altas temperaturas podem submeter os suínos há uma elevação na temperatura retal e frequência respiratória (SILVA, 2018), o que não foi observado neste trabalho, as quais permaneceram dentro da faixa de conforto (KERR *et al.*, 2003; SOUZA *et al.*, 2020).

De acordo com estudos de Silva *et al.* (2018); Rigo, *et al.* (2019) e Martins, *et al.* (2020), a ocorrência de estresse térmico por temperaturas acima da zona de conforto relacionado as variáveis fisiológicas, incita que o estresse térmico pelo calor, pode afetar negativamente as respostas fisiológicas dos suínos, fato este que não foi observado nesta pesquisa, onde mesmo com os tratamentos acima da faixa ideal dos índices de conforto térmico estabelecidos para suínos na fase terminação, não se observou alterações nos parâmetros fisiológicos com altos níveis de estresse térmico para esses animais.

Com relação aos dados de desempenho, o ganho de peso médio diário foi maior para os suínos do tratamento apenas com aspersão, quando comparado aos demais tratamentos. O GPMD ideal para suínos na fase de terminação gira em torno de 0,89 kg a 1,1 kg/dia (ARAÚJO, 2021). O grupo climatizado com aspersão foi o que apresentou um GPMD maior (0,95 kg/dia) e acima dos que foram alcançados por Tinôco *et al.* (2007), que também trabalhou com suínos na fase de terminação com variação da temperatura ambiente entre a faixa 29 e 31°C.

Segundo Dias *et al.* (2011), o GPMD esperado para a fase de crescimento e terminação está em torno de 0,850 kg/dia, evidenciando o maior resultado obtido para o tratamento de aspersão como observado na Tabela 8.

Para o parâmetro de desempenho, da conversão alimentar (CA), não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos estudados. Os resultados das médias da CA foram elevados para todos os tratamentos, sendo acima do valor ideal para suínos nesta fase, que é de 2,44 (SILVA, *et al.*, 2016). Mas no grupo de aspersão com ventilação este valor foi o mais alto (4,02) quando comparado aos demais grupos.

Levando em consideração que se trabalhou com animais mais velhos em todo o experimento, dessa forma, estes valores de CA foram toleráveis durante a condução experimental, uma vez que, a realização desta pesquisa ocorreu em uma granja comercial de suínos, onde o manejo e a nutrição foram realizados de acordo com as instruções já utilizadas pelos colaboradores da propriedade.

No trabalho de Lima (2018), com suínos na fase de terminação em Pernambuco, os sistemas de climatização não influenciaram ( $P>0,05$ ) na conversão alimentar dos animais, conforme os resultados encontrados neste trabalho. Esses resultados, confirmam os obtidos por Carvalho *et al.* (2004) e Michels *et al.* (2010) que não observaram diferenças no desempenho na fase de engorda dos suínos e no desempenho de matrizes na maternidade, respectivamente.

A Tabela 9 apresenta o valor do equipamento desenvolvido, evidenciando assim, os principais componentes do sistema, bem como o orçamento e custo aproximado do mesmo.

**Tabela 9** – Custo aproximado do protótipo desenvolvido.

| <b>Itens</b>                        | <b>Valor</b>        |
|-------------------------------------|---------------------|
| Bomba – ½ cv                        | R\$ 300,00          |
| Caixa D'água – 1000 L               | R\$ 350,00          |
| Conectores da mangueira             | R\$ 10,00           |
| Mangueiras de irrigação – rolo 50 m | R\$ 40,00           |
| Ventilador                          | R\$ 250,00          |
| Cabo de rede                        | R\$ 20,00           |
| Cabo de energia                     | R\$ 35,00           |
| Shield Arduino Nano                 | R\$ 40,00           |
| Arduino Nano                        | R\$ 74,00           |
| Módulo relógio DS 3231              | R\$ 35,00           |
| Display LCD 16x20                   | R\$ 35,00           |
| Módulo micro ST CARD                | R\$ 18,00           |
| Módulo relé 5v 2 canais             | R\$ 35,40           |
| Sensor de temperatura DHT11         | R\$ 50,00           |
| Cartão de memória                   | R\$ 50,00           |
| Aspersores                          | R\$ 21,00           |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>R\$ 1.363,40</b> |

O custo total aproximado do sistema completo foi de R\$ 1.363,40 (US\$ 270,29, 29/09/2023), desta forma, esse valor é bem abaixo dos valores dos sistemas comerciais que são utilizados em outras granjas, que se ajustam em torno de dez mil reais (EMPRESA PLASSON, 2023).

Além disso, por ter sido elaborado um protótipo existe a possibilidade de alguns ajustes, com relação ao tamanho do equipamento, podendo reduzir a placa e confeccionando uma placa de circuito impresso (PCI), para acomodar todos os componentes e trazer melhorias tornando o equipamento mais compacto, tecnológico, aumentando assim, a sua confiabilidade.

## 6. CONCLUSÕES

O controlador térmico teve sua funcionalidade comprovada e foi correspondente com a comparação realizada entre ele e o equipamento certificado (*Data logger*).

No entanto, todos os tratamentos estudados ultrapassaram as condições ambientais ideais de conforto térmico para estes animais. Todavia, os parâmetros fisiológicos não ficaram fora da faixa de conforto térmico estabelecidas nesta fase para estes animais, mas o tratamento de aspersão apresentou melhores resultados para os parâmetros fisiológicos, como também para os índices ambientais e de desempenho.

Recomenda-se melhorias no princípio de funcionamento do equipamento, de forma a garantir mais eficiência no seu uso, melhorando assim a análises dos dados e consequentemente as tomadas de decisões serem mais precisas e eficazes. Possivelmente esses dados podem ser melhorados com a incorporação de um sensor de temperatura e umidade no controlador com maior precisão nas coletas de dados.

Em suma, desenvolveu-se um sistema responsável por melhorar o conforto térmico para os animais que estavam nas baias climatizadas, nas condições climáticas do Semiárido Brasileiro.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COSTA, O. A. D. Avaliação de coberturas de cabanas de maternidade em sistema intensivo de suínos criados ao ar livre (Siscal), no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1728-1734, 2001.

ABREU, M. L. T. *et al.* Nutrição em climas quentes. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 1., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais. Foz do Iguaçu**: [s. n.]. p. 200-217. 2002.

ABIMILHO. **Estatísticas. 2020.** Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatisticas>. Acesso em: 16 de julho de 2021.

ALVES, L. K. S. Desenvolvimento de modelo de cálculo e de indicador de custos de produção de suínos. **Dissertação** (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) – FMVZ/USP, Universidade de São Paulo, 2021.

ALVES, M.F.A., PANDORFI, H., MONTENEGRO, A.A.A., SILVA, R.A.B., GOMES, N.F., SANTANA, T.C., ALMEIDA, G.L.P., MARINHO, G.T.B., SILVA, M.V., SILVA, W.A. Avaliação da temperatura da superfície corporal em suínos usando geoestatística. **AgriEngenharia**, 5 (2), 1090-1103; <https://doi.org/10.3390/agriengineering5020069>. 2023.

KENNETH, A. APPLEBY, M.; BLATCHFORD, R.; CANALI, E. CLOUTIER, S. **Referencial de bem-estar animal: suínos.** 2018. Disponível em: <[https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/22943/1535989810HFAC\\_Suinos1v1.pdf](https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/22943/1535989810HFAC_Suinos1v1.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2021.

AGPIC, **Manejo reprodutivo em bandas.** 2014. Disponível em: <http://www.agroceres.net.br/agpic/infos/2.pdf>. Acessado em: 03 de Novembro de 2021.

AMARAL, P. F.; PIRES, R.; FONSECA, A.; GONÇALVES, L. A.; SOUZA, S. Desempenho, comportamento e respostas fisiológicas de suínos em terminação submetidos a diferentes programas de luz. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**. 2. 54-59. 10.14269/2318-1265.v02n02a05. 2014.

ARAÚJO, P. A.; Influência do sistema de aspersão e tempo de descanso de suínos sobre o bem-estar e a qualidade da carne. 2012. 100 f. **Tese** (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2012.

ARAÚJO, C. D. A. P.; Desempenho de Suínos na fase de crescimento no Cariri Paraibano. 2021. 31f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Engenharia de Biosistemas, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – Paraíba – Brasil, 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/19148>

ARAÚJO JÚNIOR, G. N., QUEIROZ, M. G., JARDIM, A. M. R. F., SILVA, M. J., PEREIRA, P.C., SILVA, T.G.F. Caracterização da direção predominante, velocidade máxima e média do vento do município de Petrolina-PE. **Pensar Acadêmico**, Manhauçu, v. 17, n. 1, p. 43-49, janeiro-abril, 2019. ISSN 1808-6136.

ARAÚJO, R. G. R.; GUIMARÃES, T. P.; GOMES, M. R. Influência dos fatores climáticos sobre o desempenho, qualidade de carcaça e carne de suínos: revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, v.11, n.3, 2022.

ASAE. Design of Ventilation Systems for Poultry and Livestock Shelters. ASAE EP270.5 Dec1986 (R2008). **ASABE Engineering Practice**. St. Joseph, MI, USA: ASABE. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. **Relatório Anual** 2020. p. 160, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. **Relatório Anual** 2021. p.146, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. - ABPA. **Relatório anual** 2023. p. 70. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS (ABCS). (2021) Com aumento do consumo, carne suína ganha mais espaço na mesa dos brasileiros. **ABCS Notícias**, Brasília, 18 de julho de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNO (ABCS). (2018). Disponível em: <http://abcs.org.br/noticia/abcs-e-sebrae-apostamem-aco-es-de-incentivo-a-suinocultura-no-nordeste/> ABCS **Notícias**. Acesso em: 12 de fevereiro de 2021.

AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. Bioclimatologia Aplicada à Produção de Bovinos Leiteiros nos Trópicos. **Series Documentos n. °188**. Embrapa Meio-norte, Teresina, PI. 2009.

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

BARBARI, M.; BIANCHI, M.; GUERRI, F.S. Preliminary analysis of different cooling systems of sows in farrowing room. **Rivista di Ingegneria Agraria**, Bologna, v.1, p.9-15, 2007.

BARBOSA, C. N., BAPTISTA, R. I. A. A., BERTANI, G. R. Indicadores do bem-estar em suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n.10, p. 1823-1830, 2011.

BENDRAN, J. E. Análise do ambiente térmico em galpões reduzidos para frangos de corte com diferentes materiais de cobertura. **São João Del-Rei: UFSJ**, p.14, 2016.

BERTON, M. P. Ambiente controlado e não controlado no desempenho, comportamento e características de carcaça de suínos. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias e Veterinárias) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/89572>. Acesso em: 10 Maio 2023.

BÍCEGO, K. C.; GARGAGLIONI, L.H. Fisiologia Térmica de Vertebrados. **Cultura acadêmica**, 1. Jaboticabal, São Paulo. 2020. p. 363.

BRASIL. Decreto-Lei Nº 24.645, de 10 de julho de 1934. **Estabelece medidas de proteção aos animais**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1930-1949/d24645.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d24645.htm). Acesso em: 18 jul 2021.

BRASIL. **Portaria Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** (MAPA) nº 524 de 21/06/2011. Institui a Comissão Técnica Permanente de Bem-Estar Animal - CTBEA, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com o objetivo de coordenar ações em bem-estar dos animais de produção e de interesse econômico nos diversos elos da cadeia pecuária. Disponível em: <[https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-524-2011\\_233257.html](https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-524-2011_233257.html)>. Acesso em: 18 jul 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Secretaria de Defesa Agropecuária**. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 113, DE 16 DE DEZEMBRO DE 2020. Estabelecer as boas práticas de manejo e bem-estar animal nas granjas de suínos de criação comercial. Diário Oficial da União, Brasília, 2020.

BRITO, A. N. S. L., LOPES NETO, J. P., FURTADO, D. A., MACARENHAS, N. M. H., CARVALHO, A. G., GREGORIO, M. G., Thermal performance of poultry sheds for broiler chicken: review of different types of coverings. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e474997608. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7608>. 2020.

BROOM, D. M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, Londres, v. 142, p. 524- 526, 1986.

BROOM, D. M., MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: conceitos e questões relacionadas – Revisão. **Arch Vet Sci**. v. 9, n. 2, p. 1-11. 2004.

BUFFINGTON, C.S. *et al.* Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.

CAMPOS, A. J.; TINÔCO, F. I. D.; BAÊTA, F., SILVA, N. J., CARVALHO, S. C. Ambiente térmico e desempenho de quartos em dois modelos de maternidade e creche. **Revista Ceres**, 55 (3), 187-193. 2008.

CARBONI, J.; STROHSCHOEN, A. A. G.; ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C. Diagnóstico das unidades de produção de avicultura e suinocultura do município de Relvado, Vale do Taquari, RS, Brasil. **Ambiência**, Guarapuava, v. 8, n. 3, p. 941-959, 2012.

CARDOSO, A. S.; BAETA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; CARDOSO, V. A. S. Coberturas com materiais alternativos de instalações de produção animal com vistas ao conforto térmico. **Revenge**, Viçosa, v. 19, n. 5, p. 404-421, set/out. 2011.

CARVALHO, L.E.; OLIVEIRA, S.M.P.; TURCO, S.H.N. Utilização da nebulização e ventilação forçada sobre o desempenho e a temperatura da pele de suínos na fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1486-1494, 2004.

CASTRO, A. C. D. Avaliação de eficiência térmica de materiais utilizados como sistemas de cobertura em instalações avícolas. 2012. 98 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Univesidade de São Paulo. Piracicaba SP. 2012.

CECCHIN, D.; CAMPOS, A. S.; SHIASSI, L.; CRUZ, V.; SOUSA, F. Índice fuzzy para o conforto térmico de suínos na fase de crescimento e terminação com base na temperatura superficial e frequência respiratória. **Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 31, n. 4, p.334-341, 2016.

CERTIFIED HUMANE BRASIL (BRASIL). Humane Farm Animal Care (HFAC). Bem-estar dos suínos: **9 cuidados para a criação dos animais**. 2021. Disponível em: <<https://certifiedhumanebrasil.org/9-cuidados-para-o-bem-estar-dos-suinos/>>. Acesso em: 19jul. 2021.

COLLIN, A.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S. *et al.* Effect of high temperature on feeding behaviour and heat production in group-housed young pigs. **The British Journal of Nutrition**, v.86, p.63-70, 2001.

CORDEIRO, M. D., MENEZES, T.Q. & PAULA, M. O. Ambiência e Bem-Estar Animal na Produção de Aves e Suínos. In: B. B. Deminicis, & C. B. Martins. Ed. **Tópicos especiais em Ciência Animal III** (p. 332-343). Alegre, ES: Caufes, 2014.

CUNHA, A. P. M. *et al.* Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian semiarid region. *Agricultural and forest meteorology*, v. 214, p. 494-505, 2015.

DAMASCENO, F. A.; OLIVEIRA, C. E. A.; SARAZ, J. A. O.; DAMASCENO, L. F. B.; NASCIMENTO, J. A. C. Avaliação do conforto térmico e comportamento de leitões influenciado por diferentes sistemas de aquecimento. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 34, n. 3, p.364-376, 2019.

DAMASCENO, F.; BEWLEY, J.; TARABA, J.; 1 Compost Bedded Pack Barn Design - UK **College of Agriculture**. 2020.

DE ASEVEDO, M.D.G *et al.* Pegada hídrica da produção de suínos na região nordeste brasileira. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 504-517, 2018. Acesso: fev. 01, 2021. doi: 10.19177/rgsa.v7e32018504-517.

DELA RICCI, G. Efeitos da climatização ambiental no comportamento e bem-estar de matrizes leitões em maternidades livres de gaiolas. 2018. 94f. **Tese** (Doutorado)- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2018.

DIAS, C. P., DA SILVA, C. A., FOPPA, L., CALLEGARI, M. A., PIEROZAN, C. R. Panorama brasileiro do bem-estar de suínos. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, 16, 1-15. 2018.

DIAS, C. A.; CARRARO, B.Z.; DALLANORA, D. *et al.* Manual Brasileiro de boas práticas Agropecuárias na Produção de suínos. Brasília, **DF:ABCS, MAPA, Concordia: Embrapa Suínos e Aves**, 140p. 2011.

DICTAMEN DEL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO (CESE) sobre el Informe de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: Opciones de etiquetado del bienestar animal y establecimiento de una Red Europea de Centros de Referencia para la Protección u el Bienestar de los animales. COM (2009) 584 finais (2011/C 21/08). Unión Europea. **Diario Oficial de la Unión Europea**, Bruselas, 21 enero 2011. Sección 21, p. 44-48, 2011.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Faostat: statistics data base**. 2020.

EINER-JENSEN, N. HUNTER, R. H. F.; BOGH, I. B. GREVE, T. Temperature gradients between the jugular vein blood and rectum in anaesthetized, intubated pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 82, n. 5, p. 305-310, 1999.

ESMAY, M. L. Principles of animal environment. Westport: Avi, 325p, 1982.

EMBRAPA, Suínos e Aves. **Central de inteligência de aves e suínos**. 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/mapas>>. Acesso em: 18 de julho de 2021.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **MATOPIBA** (MAranhão, TOcantins, Plauí e Bahia). 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-matopiba>> Acesso em: 07 junho 2021.

FEDERATION OF ANIMAL SCIENCE SOCIETIES (**FASS**). Guide for the care and use of agricultural animals in research and teaching. 2010.

FEHR, M. B. A. Análise das variáveis de custos de produção de suínos nas regiões nordeste, centro-oeste, sudeste e sul do Brasil. 2017. 24p. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Ciências Contábeis) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

FERREIRA, R. A. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. Viçosa, MG. **Aprenda Fácil**, 374p, 2ª edição 2011.

FERREIRA, R. A. *et al.* PROGRAMAS DE LUZ PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 3, 2015.

GARCÍA MARTÍNEZ, R., PEREIRA, G., MARTÍN, D., SALVADOR, J. Control de robots basado en bioseñales. **XII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación**. Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI). 2010.

GAILLARD, C.; BROSSARD, L.; DOURMAD, J.-Y. Improvement of feed and nutrient efficiency in pig production through precision feeding. **Animal Feed Science and Technology**, v. 268, p. 114611, out. 2020.

GOMES, N. F. Sistemas de climatização para suínos nas fases de crescimento e terminação no semiárido. 2018. 89 f. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

HANNAS, M.I.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. Efeito da temperatura ambiente sobre parâmetros fisiológicos e hormonais de leitões dos 15 aos 30 kg. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Porto Alegre, 1999: 22

HARRISON, R. *Animal Machines: the new factory farming industry*. London: **Vincent Stuart Publishers LTD**, 1964.

HOFF, S. J. The impact of ventilation and thermal environment on animal health, welfare and performance. In: Aland A., and T. Banhazi, editors. *Livestock Housing: Modern management to ensure optimal health and welfare of farm animals*. Wageningen, NL: **Wageningen Academic**; p. 209–236. 2013.

HUGHES, B.O. Behaviour as an index of welfare. In: **Proceedings of the Fifth European Poultry Conference**, Malta: Welfare, 1976.

HUYNH, T. T. T.; AARNINK, A. J. A.; VERSTEGEN, M. W. A.; GERRITS, W. J. J.; CANH, T. T. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. **Journal of Animal Science**, Champaign, V. 83, P.1385-1396, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). SIDRA: **Tabela 3939** - Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa da pecuária municipal**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-dapecuaria-municipal.html?=&t=sobre>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **PPM** - Pesquisa da Pecuária Municipal, 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Trimestral do Abate de Animais - **4º trimestre 2022**. <https://sidra.ibge.gov.br/home/abate/brasil>. 2022.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). Análise de conjuntura e perspectivas do agro2020 – **carne bovina e carne suína**. 2020.

KERR, B.J.; YEN, J.T.; NIENABER, J.A. *et al.* Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environment temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1998- 2007, 2003.

KIARIE, E. G. WATER IN SWINE PRODUCTION: A REVIEW OF ITS SIGNIFICANCE AND CONSERVATION STRATEGIES, **Research Gate**, 2015. <https://www.researchgate.net/publication/266865290>.

KIEFER, C.; MEIGNEN, B.C.G.; SANCHES, J.F.; CARRIJO, A.S. Resposta de Suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Arquivos de Zootecnia**, v.58, n.221, p.55-64, 2009.

KIEFER, C. *et al.* Respostas de Suínos em Terminação Mantidos em Diferentes Ambientes Térmicos, **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador-BA, v. 11, n. 1, p. 496-504, junho, 2010.

LIMA, A. V. Desempenho zootécnico de suínos nas fases de crescimento e terminação submetidos a diferentes programas de iluminação em ambientes climatizados. 2018. 31 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Zootecnia) – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2018.

LEAL, P.M.; NÃÃS I.A. Ambiência animal. In: CORTEZ, L.A.B.; MAGALHÃES, P.S.G. (Org.). **Introdução à engenharia agrícola**. Campinas, SP: Unicamp. p.121-135. 1992.

LOURENÇONI, D. Modelagem fuzzy e efeito das mudanças climáticas nas respostas produtivas de frangos de corte criados em diferentes sistemas comerciais de produção. **Tese de doutorado**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Lavras. 119 p., 2017.

LUDTKE, C. *et al.* Perspectivas para o bem-estar animal na suinocultura. **Produção de suínos: teoria e prática**. 1. ed. Brasília: ABCS. cap. 4, p. 133-145. 2014.

MACHADO, N. S., TINÓCO, I. DE F. F., ZOLNIER, S.; MOGAMI, C. A., DAMASCENO, F. A., ZEVIANI, W. M. Resfriamento da cobertura de aviários e seus efeitos na mortalidade e nos índices de conforto térmico. **Nucleus**, **9** (2), 59-73. 2012.

MADEIRA, J. G. P., FIGUEIREDO, A. V., AZEVEDO, D. M. M. R. & COSTA, A. P. Utilização de nebulização e ventilação forçada em maternidades de suínos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, **8**, 51-58, 2006.

- MAGALHÃES. A. P. F. S. Período de desmame de leitões e seu impacto no bem-estar animal. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação), Universidade Católica de Goiás, BACHARELADO EM ZOOTECNIA, 2021.
- MANNO, M. C., OLIVEIRA, R. F. M., DONZELE, J. L., OLIVEIRA, W. P., VIEIRA VAZ, R. G. M., SILVA, B. A. N., SARAIVA, E. P., LIMA, K. R. S. Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 35, no. 2, pp. 471-477. 2006.
- MARINHO, G.L.O.C. Caracterização da atividade suinícola desenvolvida pelos produtores familiares de queijo em Nossa Senhora da Glória, semiárido sergipano. 82 f, **Dissertação - Mestrado em Agroecossistemas**, Universidade Federal do Sergipe, São Cristóvão. 2009.
- MARQUEZ, C. J. B. Efeito da temperatura ambiente no dia da inseminação sobre índices reprodutivos de matriz suína em região tropical. **Trabalho de conclusão de curso**, p. 5, Uberlândia, 2020.
- MARTINS, C. G.; Indicadores de bem-estar animal em suínos na fase de crescimento e engorda. **Dissertação de Mestrado**, Universidade de Évora – Escola de Ciências e Tecnologias, 2020, <http://hdl.handle.net/10174/28599>.
- MASSARI, J. M *et al.* Características comportamentais de suínos em crescimento e terminação em sistema “Wean to finish”. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n.4, p. 646-656, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p646-656/2015> Acesso em: 10 maio. 2023.
- MAYORGA. E. J., RENAUDEAU. D., RAMIREZ. B. C., ROSS. J. W., BAUMGARD. L. H., Heat stress adaptations in pigs, **Animal Frontiers**, Volume 9, Issue 1, January 2019, Pages 54-61, <https://doi.org/10.1093/af/vfy035>.
- MICHELS, J. et al. EFEITO DOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO NA FASE DE MATERNIDADE DE SUÍNOS. **Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária-Ciências Agrárias**, Animais e Florestais, 2010.
- MENDÉZ, M. S. C.; Sistemas de alimentação de precisão para suínos. **Zootecnia Brasil**. 2021.

MOI, M.; NÄÄS, I. A.; CALDARA, F. R.; PAZ, I. C. L. A.; GARCIA, R. G. CORDEIRO, A. F. S. Vocalization data mining for estimating swine stress conditions. **Engenharia Agrícola**. v. 34, n. 3, p. 445-450, 2014.

MOREIRA, Vinícius Eduardo. Desempenho e respostas termorregulatórias de suínos de genótipos comercial e cruzado (comercial × piau) submetidos a condições de termoneutralidade e alta temperatura ambiente. 2020. 63 p. **Dissertação (Mestrado)** – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

MOTA S. M. Avaliação de um programa de treinamento em bem-estar animal e das atitudes dos inspetores envolvidos na fiscalização de frigoríficos de suínos. **Dissertação**. Florianópolis - Centro de ciências agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina 2013.

MOURA, D.J. Ventilação na suinocultura. In: SILVA I.J.O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: FEALQ, p. 149 - 179. 1999.

NÄÄS, I. A. Modelos de aviários de frango de corte em termos estruturais de isolamento. In: Simpósio brasileiro de ambiência na produção de frangos de corte em clima quente, **Anais. Universidade Estadual de Maringá**, Maringá – Paraná. 2000.

NÄÄS, I. A.; JUSTINO, E. A. Sistema de climatização parcial e total em granjas suínos: produção de suínos: teoria e prática. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUINOS. **Produção de suínos: teoria e prática**. Brasília, DF: ABCS, 2014. p. 869 - 896.

NAZARENO, A.C., SILVA, I, J. O., NUNES, M.L.A., CASTRO, A.C., MIRANDA, K.O.S.; TRABACHINI, A. Bioclimatic characterization of outdoor and confined systems for pregnant sows. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 16, 314–319. 2012.

OECD/FAO. 2022. OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031. Paris: OECD Publishing. doi:10.1787/f1b0b29c-en Poore, J., and T. Nemecek. 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. **Science** 360 (6392):987–992. doi:10.1126/ science. aaq0216.

OLIVEIRA, C. E. G., MARTIN, S., ZANATTA, F. L., RIBEIRO, A. C. F., DAMASCENO, F. A. NOTA TÉCNICA: CARACTERÍSTICAS ARQUITETÔNICAS E TECNOLÓGICAS DE GALPÕES PARA CRIAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NO DISTRITO FEDERAL - DOI: 10.13083/1414-3984. v.22, n. 02 a 07. **Revista Engenharia Na Agricultura - Reveng**, 22 (2), 162-171. 2014.

OLIVEIRA, D. C. G; Percepção de suínos em relação ao ambiente térmico promovido por diferentes sistemas de resfriamento. 2015. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia de Alimentos) - **Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos**, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015. doi: 10.11606/T.74.2015.tde-13102015-104350. Acesso em: 2022-12-11.

OLIVEIRA, M. V. G. Influência do enriquecimento ambiental no comportamento e desempenho de leitões na fase de creche. [Dissertação]. Goiânia: **Escola de Veterinária e Zootecnia**. Universidade Federal de Goiás; 2016.

OLIVEIRA, N. C., VIEIRA, M. L., SANTOS, W. B. R., PEDROSO, L. B., RIBEIRO, J. C., CEZÁRIO, A. S., OLIVEIRA, E. L. M. B., SOUZA, C. M., **Colloquium Agraria e**, vol. 13, n. Especial 2, jan–jun., p. 254-264. ISSN: 1809-8215. DOI: 10.5747/ca.2017.v13.nesp2.000231. 2017.

OLIVEIRA, R. F.; MOREIRA, R. H. R.; RIBEIRO, B. P. V. B.; RESENDE, M.; CHAVES, R. F.; GIONBELLI, M. P., FERREIRA, R. A. Acute heat stress compromises the physiology of growing pigs. **Arch. Zootec.** 68 (262): 300-302. 2019.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. R. Influência dos preços dos principais grãos da alimentação de suínos no preço da carne porcina nos estados de Goiás, Minas Gerais e Paraná. 2021. 105 f. **Dissertação(Mestrado em Agronegócio)** - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OECD). **Agriculture Statistics: OECD-FAO Agricultural Outlook** (Edition 2023). Estatísticas agrícolas da OCDE (base de dados), <https://doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>. 2023

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM). **What is Climate**. Disponível em: [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/faq/faq\\_doc\\_en.html#top](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/faq/faq_doc_en.html#top). 2019. Acesso em: 18 de julho, 2021.

PANDORFI, H. *et al.* Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, p. 326-332, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/s4pxcp8M9rrJRVFw38xRRcq/?format=pdf&lang=p>>. Acesso em: 10 maio. 2023.

PLASSON, REPRESENTANTE PLASSON **FAIRTEK** SISTEMAS INTELIGENTES S.A, PATOS DE MINAS/ MG, 16 de maio de 2023.

PIC. **Guidelines for hot weather transport of pic pigs**. Disponível em: <[http://www.pic.com/Images/Users/1/salesportal/newsletters/enewsletterarchive/GuidelinesforHotWeatherTransportofPICPigs\(2\)\(2\)%5B3%5D.pdf](http://www.pic.com/Images/Users/1/salesportal/newsletters/enewsletterarchive/GuidelinesforHotWeatherTransportofPICPigs(2)(2)%5B3%5D.pdf)>. Jun. 2015.

PINHO, J. L. V. AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE BEM-ESTAR DE PORCAS EM DIFERENTES SISTEMAS DE AMBIÊNCIA, **Trabalho de Conclusão de Curso** apresentado ao Curso de Bacharelado em Zootecnia, da Universidade Federal de São João Del Rei-Campus Tancredo de Almeida Neves, 2017. Disponível em: [https://ufsj.edu.br/portaltrepositorio/File/cozoo/TCC/20162/TCC\\_JessicaLaureaneVieiradePinho.pdf](https://ufsj.edu.br/portaltrepositorio/File/cozoo/TCC/20162/TCC_JessicaLaureaneVieiradePinho.pdf).

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

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, p. 149201498, 2009.

POLLMANN, D. S. Seasonal effects on sow herds: Industry experience and management strategies. **Midwest American Society of Animal Science Conference Proceedings**. Des Moines, IA. 2010.

RANDALL, M. The Physiology of Stress: Cortisol and the Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis. **DUJS Online - The Dartmouth Undergraduate Journal of Science**. Fall. 2010.

RENAUDEAU. D, HUC. E, NOBLET. J. Acclimation to high ambient temperature in Large White and Caribbean Creole growing pigs. **J Anim Sci**. 2007 Mar; 85(3):779-90. Doi: 10.2527/jas. 2006-430. Epub 2006 Nov 3. PMID: 17085727. 2006.

RENAUDEAU D., COLLIN A., YAHAV S., DE BASILIO V., GOURDINE J.L., & COLLIER R.J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal** 6 (5):707-728. 2012.

RIBAS, M.N.; CALVALCANTE, L. F. L.; MACHADO, F. S.; PAIVA, C. A. V.; PEREIRA, L. G. R. Pecuária de Precisão: Uso de tecnologias para apoio à tomada de decisão. In: **ZOOTEC**, Santos, São Paulo, 2017.

RIGO, E. J., NASCIMENTO, M. R. B. M., & SILVA, N. A. M. Desempenho e termorregulação de porcas lactantes alojadas em diferentes localizações no interior de um galpão com sistema de resfriamento evaporativo em ambiente tropical. **Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária E Zootecnia**, 71(5), 1750–1758. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11370>. 2019.

RODRIGUES, E. H. V.; Desenvolvimento e avaliação de um sistema de resfriamento evaporativo, por aspersão intermitente, na cobertura de aviários usando modelos de escaladistorcida. **Tese de Doutorado**, FEAGRI/UNICAMP. 1988.

RODRIGUES, N. E. B. *et al.* Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, MG, v. 7, n. 2, p. 1197-1211, 2010.

RODRIGUES, N. E. B. Uso de rações modificadas para suínos em terminação mantidos em ambiente de conforto ou de calor. **Rural**, v. 41, n. 10, p. 1823-1830, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000133>.

ROPPA, L. Estatísticas da produção, abate e comercialização brasileira e mundial de suínos. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS. **Produção de Suínos Teoria e Prática**. Brasília: 1ª Ed., 2014. p.30-36.

SAMPAIO, C.A.P.; CRISTIANI, J.; DUBIELA, J.A.; BOFF, C.E.; OLIVEIRA, M.A. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p785-790, 2004.

SANTOS, S.A. Análise do controle ambiental nas trocas de energia, vapor d'água e  $co^2$  em área de caatinga. **Dissertação**. Campina Grande. CTRN/UFCG, p..82, 2011.

SANTOS, J. H. T.; TINOCO, I. F. F.; COSTA, C.A. Avaliação diferentes sistemas de ventilação em terminação de suínos, para as condições do Centro-Oeste brasileiro. **Engenharia na agricultura**, v. 20, n.3, 2012.

SANTOS, C.L.A.; SOARES, D.M.A.; ABRANTES, R.S.X.; SANTOS, V.C.; LOIOLA, M.V.C.; SANTOS, E.L.A.; SOUZA, K.A.; LIMA, P.M.F. Suinocultura agroecológica e industrial: nutrição, sistemas de produção e sanidade. **Informativo Técnico do Semiárido**, v.10, n.2, p.31-36, 2016.

SANTOS FILHO, J. I.; TALAMANI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M. Potencial do Matopiba na produção de aves e suínos. **Ano XXV – N° 2 abr./maio/jun.** 2016.

SANTOS, J. V. Avaliação do comportamento de suínos em ambientes com diferentes sistemas de resfriamentos utilizando modelos computacionais. 2022. **Tese** (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022. doi:10.11606/T.74.2022.tde-01072022-155338. Acesso em: 2023-09-22.

SANTOS, A. S. Transferência de calor sensível de matrizes suínas criadas ao ar livre. 2021. 45 f., il. **Trabalho de conclusão de curso** (Bacharelado em Agronomia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

SARUBBI, J., ROSSI, L. A.; MOURA, D. J. DE.; OLIVEIRA, R. A. DE.; MAIA, A. P. DE A. Nocturnal thermal comfort in facilities for growing swines. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n.6, p. 1034-1040, nov./dez. 2012.

SEAPA-MG, Governo do Estado de Minas Gerais. **Panorama do Comércio Exterior do Agronegócio de Minas Gerais**. 2020. Disponível em: [http://www.agricultura.mg.gov.br/images/Arq\\_Relatorios/Publicacoes/Panorama-2020B.pdf](http://www.agricultura.mg.gov.br/images/Arq_Relatorios/Publicacoes/Panorama-2020B.pdf). Acesso em: 15 de julho de 2021.

SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas); ABCS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS). **Mapeamento da suinocultura brasileira**. Brasília-DF, 2016.

SELYE, H. A syndrome produced by diverse noxious agents. **Nature**, 138:32, 1936.

SILVA, B. A. N., Efeitos de modificações nutricionais e/ ou ambientais sobre o desempenho de porcas lactantes e suas leitegadas sob condições de clima tropical. **Dissertação**, Universidade Federal de Viçosa, outubro, 2008.

SILVA FILHA, O. L. Caracterização de suínos locais brasileiros. **Revista Computadorizada de Producción Porcina**, La Habana, v. 14, n. 2, p. 107-114, 2007.

SILVA FILHA, O. L.; BARBOSA, E. J. R.; Lima, A. D; MELO, A. G. P.; MELO FILHO, A.J.; SÁ, M.S. Os produtores de suínos no município de Floresta, Estado de Pernambuco, Brasil. **Actas Iberoamericanas de Conservación Animal**, v.1, s.1, p. 416-418, 2011.

SILVA FILHA, O. L.; Condições da criação de suínos locais no Nordeste do Brasil. **Revista Computadorizada de Producción Porcina**, v. 20, n. 3, 2013.

SILVA, M.C.A. et al. Estratégias para amenizar os efeitos do estresse por calor em matrizes suínas. **PUBVET**, Londrina, v. 7, n. 9, Ed. 232, Art. 1532, maio, 2013. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/d81e/0cc7f668124eec6dd193bfcf42f21e558c00.pdf>. Acesso: 14 out. 2023.

SILVA, R. G., MAIA, A. C., Principles of Animal Biometeorology. **Springer Dordrecht Heidelberg** New York London, 2013. DOI 10.1007/978-94-007-57332.

SILVA, A. L.; LOBATO, G. B. V.; GOMES, L. P. Conscientização dos criadores de suíno do município de Alagoinha-PB sobre como realizar um manejo adequado da criação. In: Encontro de extensão, 10. Pernambuco, 2008. **Anais eletrônicos**. Pernambuco, 2008.

SILVA, J.C.P.M. *et al.* Bem-estar do Gado Leiteiro. 1. ed. Viçosa: **Aprenda Fácil** 2012.

SILVA, C. A. DA., AGOSTINI, P. DA S., CALLEGARI, M. A., SANTOS, R. DE K. S. DOS., NOVAIS, A. K., PIEROZAN, C. R., PEREIRA JUNIOR, M., ALVES, J. B.; GASÓ, J. G. Fatores que afetam o desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51(10), 1780–1788. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001000010>. 2016.

SILVA, VITOR LINIKER DA. Efeitos de ondas de calor no dia da inseminação de leitoas criadas em ambiente tropical. 2022. 25 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

SILVA, W. A. Caracterização térmica de instalações, respostas fisiológicas e desempenho produtivo de suínos em crescimento e terminação. 2018. 37 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.

SILVA, V. G. Caracterização do perfil do consumo de carne suína no município de Cabaceiras do Paraguaçu, Bahia. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em zootecnia). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, CCAAB - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. 2019.

SILVA, L. F. F. Pecuária leiteira de precisão. Ciências Agrárias, Instituto Federal Goiano, **bacharelado em zootecnia**, 2021.

SIMIONETTI, A.; PENNA, A.; GIUDICE, R.; C APPUCCIO, A.; GAMBACORTA, E. The effect of high pré-slaughter environmental temperature on meat quality traits of Italian autochthonous pig Suino Nero Lucano. **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 7, p. 17, 2018.

- SOERENSEN, D.D.; PEDERSEN, L.J. Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: a review. **Acta Veterinária Scandinavica** 57, 1–11. 2015.
- SOUSA, P. Conforto térmico e bem-estar na suinocultura. I. **Lavras**: UFLA. p 69. 2004.
- SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p. 06-10, 2012.
- SOUZA, R.G; GOMIDE, A. P. C; FEITOSA, T. J. O; CRISPIM, E. G; LEITE, D. P. S. B. M; FRANÇA, V.S; SOUSA. G. R. **Research, Society and Development**, v. 9, n.3, e193932757,2020. SOU (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409. 2020.
- ST-PIERRE, N. R., COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. **Journal of Dairy Science**, 86, E52–E77. 2003.
- SULZBACH, J. J. Concepção e avaliação de diferentes sistemas de aquecimento para suínos recém-nascidos. 2016. 41 f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2016.
- TEIXEIRA, A.H.C. Informações agrometeorológicas do polo Petrolina, PE/Juazeiro - 1963 a 2009 / Antônio Heriberto de Castro Teixeira. — Petrolina: Embrapa Semiárido, 21 p. **Embrapa Semiárido**. Documentos, 233, 2011.
- TEIXEIRA, A. H. C.; LIMA FILHO. J. M. P. Condições climáticas do Vale do São Francisco. **EMBRAPA Semiárido**, 2015, Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01\\_83\\_24112005115224.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_83_24112005115224.html).
- TEXEIRA. A. R. T., VERONEZE. R., MOREIRA. E. M., CAMPOS. L. D., RAIMUNDI. S. C. J., CAMPOS. P. H. R. F. Effects of heat stress on performance and thermoregulatory responses of Piau purebred growing pigs. **J Therm Biol**. Vol. 99, July 2021.
- TINÔCO, I. de F. F., SOUZA, C. de F., OLIVEIRA, P. A. V. de., PAULO, R. M. de., CAMPOS, J. A., CARVALHO, C. dá C. S., CORDEIRO, M. B. (2007). Avaliação do índice de temperatura de globo negro e umidade e desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação criados em sistemas em camas sobrepostas em condições de verão. **Revista Brasileira De Zootecnia**, 36(5), 1624–1629.

TINÔCO, I. F. F.; SOUZA, C. F.; BAËTA, F. C.; COELHO, D. J. R.; MENDES, M. A. S. A. Ambiência e Instalações na Avicultura de Postura Brasileira – Avanços e Perspectivas. **Animal Business Brasil**, v. 4, n. 14, p. 6–9, 2014.

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

TOLON. Y. B., NÄÄS, I. A. Avaliação de tipos de ventilação em maternidade de suínos. **Engenharia Agrícola**. 25. 10.1590/S0100-69162005000300001. 2005.

TONOLI, G. H. D.; SANTOS, S. F.; RABI, J. A.; SANTOS, W. N.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Thermal performance of sisal fiber-cement roofing tiles for rural constructions. **Scientia Agricola**, v.68, n. 1, p.1-7, 2011.

USDA. **Statistics by commodity**, 2020. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/statsByCommodity>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

VIEIRA, R. F. N.; SILVA, K. O.; MELLO, S. P.; MARTINS, J. R. Índices de conforto na avaliação do bem estar animal de matrizes suínas em diferentes sistemas de criação. **Nucleus Animalium**, ituverava, v. 2, n. 1, p. 1-8, Maio 2010

WELFARE QUALITY® assessment protocol for pigs (Sows and piglets, growing and finishing pigs). Welfare Quality® **Consortium, Lelystad**, version 1, p. 122, 2009.

WESSLER, J. P. N. Automatização e monitoramento de processos relacionados ao bem-estar animal dentro da cadeia produtiva da suinocultura por meio de microcontroladores integrados a uma aplicação mobile. **Trabalho de Conclusão de Curso**, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no Curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC. 2019.

WILLIAMS, A. M.; SAFRANSKI, T. J.; SPIRES, D. E.; EICHEN, P. A.; COATE, E.A. Effects of a controlled 263 heat stress during late gestation, lactation, and after weaning on thermoregulation, metabolism, and reproduction of primiparous sows. **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 91, p. 2700-2714, 2013.

WUSHENG YU, JØRGEN DEJGÅRD JENSEN, Implicações de sustentabilidade da crescente demanda global por carne suína, **Animal Frontiers**, Volume 12, Edição 6, dezembro de 2022, Páginas 56–60, <https://doi.org/10.1093/af/vfac070>.

YAN, P.S; YAMAMOTO, S. Relationship between thermoregulatory responses and heat loss in piglets. **Animal-Science -Journal**. 2000, v. 71, n. 10, p. 505-509.

YUN, C. H. Editorial – Unforeseen enemy: African swine fever. **Asian Australasian Journal of Animal Science**. V.33, N.1, 3p., 2020.