

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO COMPORTAMENTO DE SUÍNOS EM
AMBIENTE CLIMATIZADO**

WESLEY AMARO DA SILVA

RECIFE

2021

WESLEY AMARO DA SILVA

**INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO COMPORTAMENTO DE SUÍNOS EM
AMBIENTE CLIMATIZADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Héilton Pandorfi

Co-orientador: Ricardo Brauer Vigoderis

Recife

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586i

Silva, Wesley Amaro
INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO COMPORTAMENTO DE SUÍNOS EM AMBIENTE CLIMATIZADO /
Wesley Amaro Silva. - 2022.
118 f. : il.

Orientador: Heliton Pandorfi.
Coorientador: Ricardo Brauer Vigoderis.
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, 2022.

1. análise de componentes principais. 2. bem-estar animal. 3. conforto térmico. 4. modelagem. 5. suinocultura . I. Pandorfi, Heliton, orient. II. Vigoderis, Ricardo Brauer, coorient. III. Título

CDD 630

WESLEY AMARO DA SILVA

**INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO COMPORTAMENTO DE SUÍNOS
EM AMBIENTE CLIMATIZADO**

Trabalho de dissertação apresentado a Universidade Federal Rural de Pernambuco
como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola-.

Aprovado em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Héilton Pandorfi (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Prof. Dr. Ricardo Brauer Vigoderis (Co-orientador)
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE)

Prof. Dr. Alex Souza Moraes
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Prof. Dr. Gledson Luiz Pontes de Almeida
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

RECIFE-PE
2022

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos vão a todas as pessoas que fizeram parte da trajetória que resultou na elaboração do presente trabalho.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola, por me fornecerem formação acadêmica. Em especial a equipe docente, técnicos, estrutura e todo apoio e suporte a pesquisa desenvolvida. A Fundação de amparo à ciência e tecnologia do estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa.

Ao professor Dr. Héilton Pandorfi, pelo exemplo de profissional e ser humano que é, pela orientação atenciosa, disponibilidade em todas as horas, paciência, ensinamentos e confiança.

Ao Grupo de Pesquisa em Ambiência (GPESA), pela colaboração, em especial Nicolay Farias Gomes e Janice Maria Coelho Barnabé, que foram responsáveis pelo desenvolvimento da pesquisa em campo. A Marcos Vinícius, Professor Alex Souza e Rodes Ângelo por todo o suporte dado na análise multivariada dos dados.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	11
1. INTRODUÇÃO	15
2. HIPÓTESES	16
3. OBJETIVO GERAL	16
3.1. <i>Objetivos específicos</i>	17
4. REVISÃO DE LITERATURA	17
4.1. <i>Exigência térmica dos suínos</i>	17
4.2. <i>Respostas fisiológicas</i>	19
4.3. <i>Modificação do ambiente de produção: climatização e iluminação artificial</i>	23
4.4. <i>Comportamento animal</i>	26
4.5. <i>Análise de dados comportamentais</i>	31
5. MATERIAL E MÉTODOS	32
<i>Obtenção do banco de dados</i>	32
<i>Monitoramento comportamental</i>	38
<i>Descrição das técnicas estatísticas utilizadas</i>	40
6. LITERATURA CITADA	42

CAPÍTULO I: INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO COMPORTAMENTO INGESTIVO DE SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO EM AMBIENTE CLIMATIZADO

RESUMO	54
INTRODUÇÃO	57
METODOLOGIA	59
<i>Obtenção do banco de dados</i>	59
<i>Monitoramento comportamental</i>	61

<i>Descrição das técnicas estatísticas utilizadas</i>	64
RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
CONCLUSÕES	82
LITERATURA CITADA	Erro! Indicador não definido.
<p>CAPÍTULO II: INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO COMPORTAMENTO INGESTIVO DE SUÍNOS NA FASE DE TERMINAÇÃO EM AMBIENTE CLIMATIZADO</p>	
RESUMO	89
INTRODUÇÃO	92
METODOLOGIA	93
<i>Obtenção de dados</i>	94
<i>Monitoramento comportamental</i>	96
<i>Descrição das técnicas estatísticas utilizadas</i>	98
RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
CONCLUSÕES	112
LITERATURA CITADA	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Etograma comportamental para suínos durante as fases de crescimento e terminação.....39

CAPÍTULO I: INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO COMPORTAMENTO INGETIVO DE SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO EM AMBIENTE CLIMATIZADO

Tabela 1. Etograma comportamental para suínos durante a fase de crescimento.....63

Tabela 2. Componentes principais das variáveis ambientais, fisiológicas e parâmetros comportamentais.....66

Tabela 3. Modelos de determinação dos comportamentos ingestivos.....80

CAPÍTULO II: INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO COMPORTAMENTO INGESTIVO DE SUÍNOS NA FASE DE TERMINAÇÃO EM AMBIENTE CLIMATIZADO

Tabela 1. Etograma comportamental para suínos durante a fase de terminação.....97

Tabela 2. Componentes principais das variáveis ambientais, fisiológicas e parâmetros comportamentais para a fase de terminação.....100

Tabela 3. Modelos de determinação dos comportamentos ingestivos.....111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no Município de Serra Talhada, Pernambuco.....	33
Figura 2. Representação esquemática dos fatores de variação.....	34
Figura 3. Baia sem climatização (A), baia com ventilação forçada (B) e baia com resfriamento adiabático evaporativo (C).....	35
Figura 4. Instalação: Vista externa da instalação (A); Vista interna (B); vista interna da baia (C).....	35
Figura 5. Comedouro semiautomático.....	36
Figura 6. Aferição da temperatura retal com o auxílio de um termômetro de uso veterinário.....	37

CAPÍTULO I: INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO COMPORTAMENTO INGESTIVO DE SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO EM AMBIENTE CLIMATIZADO

Figura 1. Análise de componentes principais (PCA) e Análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para os tratamentos sem sistema de climatização, 12 horas de luz natural (A e B), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (E e D) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (E e F)	68
Figura 2. Análise de componentes principais para os horários observação referente aos tratamentos sem climatização, 12 horas de luz natural (A), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (B) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (C)	70
Figura 3. Análise de componentes principais (PCA) e Análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para os tratamentos com ventilação forçada, 12 horas de luz natural (A e B), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (E e D) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (E e F)	71
Figura 4. Análise de componentes principais para os horários observação referente aos tratamentos com ventilação forçada, 12 horas de luz natural (A), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (B) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (C)	74

Figura 5. Análise de componentes principais (PCA) e Análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para os tratamentos com resfriamento adiabático evaporativo, 12 horas de luz natural (A e B), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (E e D) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (E e F)75

Figura 6. Análise de componentes principais para os horários observação referente aos tratamentos com resfriamento adiabático evaporativo, 12 horas de luz natural (A), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (B) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (C).....77

**CAPÍTULO II: INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO COMPORTAMENTO
INGESTIVO DE SUÍNOS NA FASE DE TERMINAÇÃO EM AMBIENTE
CLIMATIZADO**

Figura 1. Análise de componentes principais (PCA) e Análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para os tratamentos sem sistema de climatização, 12 horas de luz natural (A e B), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (E e D) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (E e F)102

Figura 2. Análise de componentes principais para os horários observação referente aos tratamentos sem climatização, 12 horas de luz natural (A), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (B) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (C)104

Figura 3. Análise de componentes principais (PCA) e Análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para os tratamentos com ventilação forçada, 12 horas de luz natural (A e B), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (E e D) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (E e F)105

Figura 4. Análise de componentes principais para os horários observação referente aos tratamentos com ventilação forçada, 12 horas de luz natural (A), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (B) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (C).....107

Figura 5. Análise de componentes principais (PCA) e Análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para os tratamentos com resfriamento adiabático evaporativo, 12 horas de luz natural (A e B), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial

suplementar (E e D) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (E e F)
.....108

Figura 6. Análise de componentes principais para os horários observação referente aos
tratamentos com resfriamento adiabático evaporativo, 12 horas de luz natural (A), com
12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (B) e com 12 horas de luz
natural + 6 horas de luz artificial
(C).....110

INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO COMPORTAMENTO DE SUÍNOS EM AMBIENTE CLIMATIZADO

RESUMO GERAL

A suinocultura brasileira sofre inúmeras perdas econômicas relacionadas ao estresse térmico, sendo necessário buscar soluções e mecanismos adequados para controlar o ambiente de produção. Objetivou-se com esta pesquisa realizar o monitoramento por imagens e inferir análise exploratória de fatores abióticos, respostas fisiológicas e indicadores comportamentais de suínos na fase de crescimento e terminação, submetidos a programas de iluminação suplementar em ambientes climatizados. Os dados utilizados neste estudo foram provenientes de experimento realizado no Biotério de Experimentação com Suínos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (BES-UAST/UFRPE), localizada no Sertão do estado de Pernambuco, Brasil. Foram utilizados 27 suínos (machos e fêmeas) em fase de crescimento, de linhagem comercial 3/4 Duroc e 1/4 Pietrain, cobertas por macho Duroc (Puro de Origem). O experimento foi realizado de agosto a novembro de 2018, totalizando 66 dias. Os animais foram submetidos a baias sem climatização (BS), baias com ventilação forçada (BV) e baias equipadas com sistema de resfriamento adiabático evaporativo (BR), associado a diferentes programas de suplementação de luz: 12 h de luz natural (L12), L12 + 4 h de luz artificial (L16) e L12 + 6 h de luz artificial (L18). Foram registradas as variáveis meteorológicas no interior de cada baia, no ambiente externo às instalações, as respostas fisiológicas e comportamentais dos animais. O comportamento dos suínos foi avaliado por meio de imagens (640 × 480 pixels) obtidas uma vez por semana, no decorrer de 24 horas, durante todo o período experimental. As imagens foram analisadas em intervalo de 10 min. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×3, distribuídos aleatoriamente em nove baias, com três repetições. A análise comportamental foi realizada pela determinação da frequência de eventos de cada comportamento e determinação da probabilidade pelo teste Qui-Quadrado (X^2). A análise de dados empregada foi a multivariada, pelo método de agrupamento (diagrama de árvore) e pela técnica de componentes principais (ACP), para indicação das principais variáveis preditoras dos comportamentos ingestivos dos suínos e desenvolvimento de modelos de regressão linear múltipla. A variância acumulada entre PC1 e PC2 foi superior a 69,70% em ambas as fases de criação. A análise de componentes hierárquicos (HCA),

evidenciou a relação entre as variáveis estudadas e o comportamento ingestivo, além disso, permitiu a caracterização do conforto dos animais aos seus respectivos tratamentos. A análise de componentes principais inferiu a relação entre os fatores abiótico e bióticos com o comportamento ingestivo dos animais, permitindo estabelecer modelos de regressão utilizando as variáveis que expressaram maior influência com o comportamento ingestivo.

Palavras-chave: análise de componentes principais, bem-estar animal, conforto térmico, modelagem, suinocultura

EXPLORATORY INFERENCE OF PIG BEHAVIOR IN A CLIMATE ENVIRONMENTABSTRACT

GENERAL ABSTRACT

The Brazilian swine industry suffers numerous economic losses related to heat stress, and it is necessary to seek adequate solutions and mechanisms to control the production environment. The objective of this research was to carry out image monitoring and infer exploratory analysis of abiotic factors, physiological responses and behavioral indicators of swine in the growing and finishing phase, submitted to supplementary lighting programs in air-conditioned environments. The data used in this study came from an experiment carried out at the Experimental Animal Facility with Swine of the Serra Talhada Academic Unit (BES-UAST/UFRPE), located in the Sertão of the state of Pernambuco, Brazil. Twenty-seven swine (males and females) in the growing phase, of commercial lineage 3/4 Duroc and 1/4 Pietrain, mated by male Duroc (Pure of Origin) were used. The experiment was carried out from August to November 2018, totaling 66 days. The animals were submitted to pens without air conditioning (BS), pens with forced ventilation (BV) and pens equipped with an adiabatic evaporative cooling system (BR), associated with different light supplementation programs: 12 h of natural light (L12), L12 + 4 h of artificial light (L16) and L12 + 6 h of artificial light (L18). The meteorological variables inside each pen, in the external environment to the facilities, the physiological and behavioral responses of the animals were recorded. The behavior of the pigs was evaluated through images (640 × 480 pixels) obtained once a week, during 24 hours, during the entire experimental period. The images were analyzed at 10 min intervals. The experimental design used was completely randomized, in a 3×3 factorial scheme, randomly distributed in nine pens, with three replications. Behavioral analysis was performed by determining the frequency of events of each behavior and determining the probability by the Chi-Square (X^2) test. The data analysis used was multivariate, using the grouping method (tree diagram) and the principal components technique (PCA), to indicate the main predictors of pig ingestive behavior and the development of multiple linear regression models. The accumulated variance for, between PC1 and PC2, was higher than 69.70% in both stages of development. The analysis of hierarchical components (HCA) showed the relationship between the variables studied and the ingestive behavior, in addition, it allowed the characterization of the comfort of the

animals to their respective treatments. The analysis of principal components evidenced the relationship between abiotic and biotic factors with the ingestive behavior of the animals, allowing to establish regression models using the variables that expressed greater influence with the ingestive behavior.

Keywords: principal component analysis, animal welfare, thermal comfort, modeling, swine farming.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas associadas a maior produção de calor metabólico dos suínos modernos, aumentam a suscetibilidade desses animais ao estresse térmico (Johnson et al., 2020). Países como o Brasil sofrem enormes perdas econômicas em decorrência do estresse térmico, sendo necessário buscar soluções e mecanismos adequados para controlar o ambiente de produção, ou seja, utilizar a ambiência com o objetivo de adequar às instalações as exigências do animal (Silva et al., 2020).

Os efeitos do estresse térmico diário sofrido pelos animais vão além da necessidade da adequação do microclima no interior das instalações de produção, entre elas, está o uso da iluminação suplementar que é utilizada para aumentar o tempo de luz diária e induzir a ingestão de alimentos, resultando em maior ganho de peso (Souza e Tinoco, 2021).

O controle e a disponibilidade de iluminação provocam variedade de reações fisiológicas nos animais (Ferreira et al., 2016) além disso, os animais permanecem ativos no período noturno que possui temperaturas mais baixas. A temperatura e o comportamento alimentar dos suínos apresentam relação inversa, ou seja, conforme a temperatura do ar aumenta o consumo de alimento é reduzido de modo que diminua a produção de calor endógeno (Cross et al., 2018).

O estresse térmico afeta todas as espécies de animais domesticadas (Thornton et al., 2021) tem vários efeitos negativos, pois reduz o bem-estar, a produtividade, a fertilidade e aumenta a suscetibilidade à doença e em casos extremos aumenta a mortalidade, além disso, a resposta dos animais ao estresse térmico dependem de fatores como espécie, raça, idade, potencial genético, estado nutricional, tamanho do animal (Godde et al., 2021). Portanto, compreender a relação entre o animal e o ambiente térmico é essencial para avaliar seus efeitos no desempenho dos animais de produção (Robbins et al., 2020).

Nesse contexto, a análise multivariada é um método estatístico que permite analisar as variáveis de forma conjunta, identificando qual ou quais variáveis têm influência sobre um determinado fenômeno que se deseja estudar (Hongyu et al., 2016). Dentre os métodos de análise multivariada, destaca-se a análise de componentes principais (ACP).

A ACP descreve os dados contidos num quadro variáveis/indivíduos, considerado um método fatorial, pois, a redução do número de variáveis se dá pela construção de novas variáveis, obtidas pela combinação linear das variáveis iniciais, por meio dos fatores (Kaiser, 1958). A aplicação da técnica para análise de dados provenientes da agropecuária, vem sendo utilizada com ênfase na obtenção de resultados que não são comumente encontrados na estatística clássica (Alessio et al., 2016).

Batista et al. (2019) por meio da análise de componentes principais, explicaram o efeito térmico na mudança comportamental e fisiológica de novilhas girolando. Os autores conseguiram determinar o grau de pertinência entre os sinais fisiológicos e padrões comportamentais associado ao ambiente térmico.

A meta da análise de componentes principais é abordar aspectos como a geração, a seleção e a interpretação das componentes investigadas, no qual, pretende-se determinar as variáveis de maior influência na formação de cada componente.

A partir do exposto, é de suma importância a realização de estudos no contexto da ambiência animal, associada à minuciosa análise comportamental no confinamento de suínos durante as fases de crescimento e terminação, evidenciando a necessidade de reduzir as respostas negativas provocadas pelos elementos meteorológicos na região semiárida do estado de Pernambuco, para que se alcance respostas que permita melhora significativa e eficiente nos níveis de produção.

2. HIPÓTESES

A análise exploratória dos dados permitirá identificar a preponderância das expressões comportamentais na caracterização do conforto térmico de suínos criados em ambiente modificado.

Os fatores bióticos e abióticos permitirão inferir o comportamento ingestivo de suínos nas fases de crescimento e terminação.

A climatização e a iluminação suplementar promoverão modificações no comportamento ingestivo de suínos nas fases de crescimento e terminação.

3. OBJETIVO GERAL

Objetivou-se com esta pesquisa realizar o monitoramento e a inferência exploratória de fatores abióticos, respostas fisiológicas e indicadores comportamentais de suínos na fase de crescimento e terminação, submetidos a programas de iluminação suplementar em ambientes climatizados, no semiárido do estado de Pernambuco, Brasil.

3.1. Objetivos específicos

Neste contexto, os objetivos específicos são:

- analisar as componentes principais das variáveis que têm maior influência no comportamento ingestivo dos animais sob efeito dos fatores climatização e iluminação suplementar;
- estabelecer um modelo multivariado para determinar o comportamento ingestivo de suínos nas fases de crescimento e terminação, submetidos a seus respectivos fatores de variação.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Exigência térmica dos suínos

O fenômeno conhecido como aquecimento global é responsável pelo aumento da temperatura média do planeta, esse fenômeno está emergindo como um dos grandes desafios associado a produção agropecuária mundial (Kim et al., 2021). As evidências sobre o aquecimento climático enfatizam a importância de estudos a respeito do estresse térmico em animais nas fazendas, visando minimizar as perdas produtivas (Yu et al., 2020).

O estresse térmico é um dos principais responsáveis por perdas produtivas e econômicas nos sistemas de produção, sendo esperado que as mudanças climáticas causem impactos negativos na pecuária nacional, incluindo aumento no estresse térmico em animais nos sistemas de produção intensivos ou extensivos (Thornton et al., 2021).

Animais de produção expostos a condições de estresse térmico, mantêm a termorregulação e a homeostase por meio de ajustes metabólicos, fisiológicos (Bin-Jumah et al., 2020) e comportamentais (Ramirez et al., 2018) que podem influenciar negativamente o desempenho e o crescimento. Segundo Yu et al. (2020) suínos são

animais homeotérmicos com glândulas sudoríparas pouco desenvolvidas, conseqüentemente, são mais sensíveis ao estresse térmico do que outras espécies.

Em avaliação feita através dos critérios estabelecidos no projeto Welfare Quality®, o conforto térmico e a facilidade de movimentação foram reconhecidos como os mais importantes aspectos ligados ao bem-estar dos suínos em fase de terminação, considerando as ações on-farm (dentro da granja) experimentadas sob diferentes legislações e iniciativas relevantes para o bem-estar animal na União Europeia (Averós et al., 2013).

Suínos são animais homeotermos, ou seja, conseguem manter a temperatura de núcleo corporal dentro de limites relativamente estreitos, por meio de mecanismos termorreguladores, mesmo que a temperatura ambiental flutue (Silva et al., 2020). O ambiente em que o animal está inserido influencia diretamente em sua produtividade e bem-estar. Para os animais de produção, assim como os suínos, existe faixa de temperatura na qual a produtividade do animal é maximizada, essa faixa de temperatura ótima é conhecida como “zona de conforto térmico animal” (ZTN) (Santos et al., 2018).

A ZTN, também conhecida como zona termoneutra é uma faixa de temperatura na qual há um nível fixo de consumo de alimento, a produção de calor é mínima e constante. É nesta zona que o animal deve ser mantido para que os níveis de produção não sofram alterações negativas, conservando simultaneamente o estado de bem-estar. Santos et al. (2018) afirmam que para produzir com seu máximo potencial é necessário que os animais se encontrem dentro da zona de termoneutralidade ou de conforto térmico.

As temperaturas indicadas pelos manuais de boas práticas de criação apresentam as temperaturas desejadas no microclima no qual estão inseridos os suínos e não, necessariamente, a temperatura do pavilhão onde estão alojados. Em estudos recentes Oliveira et al. (2019) estabeleceram que a zona de conforto térmico para suínos nas fases de crescimento e terminação está entre 18 e 25°C.

O ambiente térmico é caracterizado por inúmero de fatores, que deve ser reduzido a uma única variável que represente a combinação de todos os elementos meteorológicos, ou boa parte deles. Neste sentido, índices de conforto térmico, que agregam dois ou mais elementos meteorológicos, têm sido utilizados para avaliar o impacto dos fatores ambientais sobre a produção animal, sendo o índice de temperatura e umidade o mais comum (Kovács et al., 2018). Segundo Giro et al. (2019) esses índices podem estar

diretamente associados ao conforto térmico, comportamento dos animais e respostas fisiológicas.

A ambiência é focada nas relações do sistema de produção e o animal, onde o microclima das instalações é controlado de modo a atender as exigências térmicas dos animais garantindo o conforto térmico (Silva et al., 2020). O conhecimento dos fatores bioclimáticos são fundamentais na busca e seleção de animais mais adaptados às condições climáticas do semiárido, possibilitando determinar os alojamentos adequados ao desenvolvimento das atividades zootécnicas

Temperaturas elevadas (29-35°C) reduzem o ganho médio diário de peso de suínos, na fase de crescimento, em quase 10% e o consumo de ração em quase 14%, em comparação com animais na zona de conforto térmico (18-25°C) (Oliveira et al., 2019). A região Nordeste se destaca por seus grandes rebanhos, entretanto, apresentam baixa produtividade. Poucos estados são responsáveis por manter a alta produtividade no país, no entanto, a produtividade pode ser eficaz em qualquer região, desde que seja aplicada a tecnologia e a assistência técnica adequada as características regionais (Silva et al., 2017).

O clima tropical predomina o território brasileiro, porém, o país apresenta dimensões continentais e conseqüentemente há grande variabilidade climática em seu território. Não há um projeto único de climatização que atenda todas as regiões. É necessário diferentes adequações para as diferentes regiões do país, levando em conta a variabilidade espacial (regional), os macro e microclimas, sazonalidade das diferentes estações do ano e associado a esses fatores, não se pode desprezar o nível tecnológico do produtor (Silva et al., 2020).

4.2. Respostas fisiológicas

O conhecimento da interação entre os animais e o ambiente é imprescindível, assim como o entendimento das variações diárias e sazonais das respostas fisiológicas dos animais. Estas respostas permitem a adoção de ajustes que promovam maior conforto aos animais, pois são consideradas o primeiro indicador de estresse térmico.

Por serem animais homeotérmicos, os suínos apresentam máximo desempenho quando mantidos em ambiente térmico confortável, representado por uma faixa de temperatura em que os processos termorregulatórios são mínimos, com utilização total da

energia líquida para deposição de tecidos (Santos et al., 2018). Quando submetidos a ambientes de alta temperatura, os suínos tendem a perder a eficiência de utilização da energia disponível à medida que acionam mecanismos de termorregulação para redução do impacto do ambiente quente sobre seu organismo (Cross et al., 2018).

Ajustes metabólicos e fisiológicos são feitos para que os animais mantenham a homeostase e a termorregulação, entretanto, esses ajustes podem influenciar de forma negativa na produtividade dos animais (Bin-Jumah et al., 2020). O aumento na temperatura média global, consequência das mudanças climáticas, associado a maior produção de calor metabólicos dos suínos modernos, torna esses animais mais suscetíveis ao estresse térmico (Johnson et al., 2020).

O comportamento animal é outro parâmetro afetado pelas condições térmicas ambientais. Segundo Corss et al. (2018) à medida que a temperatura aumenta o comportamento alimentar de suínos na fase de crescimento sofre alteração com o intuito de reduzir a produção de calor endógeno. Ocorre redução na ingestão de ração e consequentemente redução na taxa de crescimento (Bin-Jumah et al., 2020).

Reduzir a ingestão de alimentos e processos metabólicos, como o acúmulo de proteína muscular são estratégias para atenuar a produção de calor e consequentemente os efeitos do estresse térmico ao qual os animais estão submetidos, com redução da disponibilidade de nutrientes, resultando em prejuízos no crescimento e no desempenho produtivo (Campos et al., 2017).

O sistema termorregulatório dos suínos, responsável pelas trocas térmicas com o ambiente, apresenta forte dependência das vias respiratórias para dissipar a energia excedente para o ambiente, isso se deve a baixa eficiência de suas glândulas sudoríparas que por sua vez são subdesenvolvidas (Seibert et al., 2018), portanto, a frequência respiratória dos animais aumenta conforme o aumento da temperatura ambiental. Altas temperaturas ambientais causam estresse térmico no animal, impactando diretamente na produtividade, em especial nas fases de crescimento e terminação, em que os animais são sensíveis a altas temperaturas (Cross et al., 2020).

Os parâmetros fisiológicos como temperatura retal e frequência respiratória, podem ser influenciados pela espécie, raça, idade, potencial genético, estado fisiológico, estado nutricional, tamanho do animal e exposição prévia, sendo os indivíduos de alto rendimento e de raça com aptidão para produção de carne, os mais suscetíveis (Godde et

al., 2021). Os indicadores fisiológicos mais comuns são a frequência respiratória e a temperatura retal, portanto são bastantes utilizados para estimar a tolerância dos animais a climas quentes (Galan et al., 2018).

A adaptação fisiológica ao calor pode ser conceituada como um processo de ajuste do animal ao ambiente, pois, o incremento na temperatura implica no aumento das variáveis fisiológicas como a frequência respiratória, aumento da temperatura da pele, da temperatura retal e dos batimentos cardíacos, que por sua vez cumprem importante papel na termorregulação dos suínos. Animais que conseguem manter a homeotermia sob elevadas temperaturas, equilibrando a produção de calor e a dissipação sem perdas produtivas e reprodutivas são considerados animais adaptados aquelas condições (Carabaños et al., 2019)

Quando as vias de trocas sensíveis e latentes não dão conta de dissipar a energia necessária para o ambiente, ou seja, quando a soma entre a energia produzida pelo animal, calor endógenos e a energia absorvida do ambiente supera a energia que o animal consegue dissipar para o ambiente, inicia o acúmulo de energia no corpo do animal, refletindo assim no aumento da temperatura retal. Moreira et al. (2021) observaram aumento na temperatura retal e frequência respiratória de suínos submetidos a estresse térmico.

Portanto, o registro da temperatura retal pode ser usado como índice de adaptação fisiológica dos animais aos ambientes quentes, pois, o seu aumento indica que os mecanismos de liberação de energia tornaram-se insuficientes. A temperatura retal, assim como a frequência respiratória se destacam como indicadores de estresse térmico em suínos (Oliveira et al., 2018).

A temperatura retal se aproxima bastante da temperatura de núcleo corporal, portanto, torna-se um bom indicador da temperatura interna do animal, segundo Soerensen e Pedersen (2015) a temperatura corporal de leitões em repouso é cerca de 39,5°C, enquanto na fase de terminação é de 39,3°C, em marrãs 38,8°C já as porcas multíparas essa temperatura é cerca de 38,3°C. Oliveira et al. (2018) observaram acréscimo de 0,6°C na temperatura retal de suínos submetidos a estresse térmico.

A temperatura retal é um parâmetro bastante importante, sendo utilizado na veterinária para avaliação do estado de saúde animal, sendo a aferição da temperatura

retal o método mais utilizado para avaliar a temperatura corporal dos animais (Farrar et al., 2020).

Pathak et al. (2018) observaram que suínos de alta deposição de musculatura na carcaça, no verão do Norte da Índia, apresentam frequência respiratória maior que os animais adaptados a região, sendo a genética outro fator importante no combate ao estresse térmico, uma vez que no verão os autores observaram variáveis climáticas acima dos níveis de conforto para esses animais. Chakraborty (2016) associa o aumento da frequência respiratória aos esforços dos suínos para minimizar os efeitos do estresse térmico, pois o aumento da frequência respiratória é um dos principais mecanismos de dissipação de calor por convecção e evaporação do corpo do animal para o ambiente.

Oliveira et al. (2019) comparando as respostas fisiológicas de suínos em condições de conforto e estresse térmico, temperaturas de 22 e 34°C, observaram que o estresse térmico ocasionou aumentos nas respostas fisiológicas dos animais, ou seja, temperatura retal, frequência respiratória e temperatura superficial foram maiores nos animais submetidos ao estresse térmico. Mós et al. (2020) observaram que a frequência respiratória de suínos criados ao ar livre variou conforme a temperatura do ar e a temperatura superficial dos animais analisados.

Barnabé et al. (2020a) avaliando o comportamento de suínos na fase de terminação sob diferentes sistemas de climatização, observaram que os animais expostos a condições climáticas favoráveis a espécie apresentaram comportamentos de conforto, ou seja, comportamentos característicos da espécie que são expressos por esses animais quando são encontrados em seu habitat natural, além de maior frequência no comportamento ingestivo dos animais.

Sob estresse térmico, o sistema termorregulatório do animal é acionado na tentativa de dissipar o máximo de energia para o ambiente e assim minimizar os efeitos do estresse térmico (Bin-Jumah et al., 2019). Oliveira et al. (2019) observaram que a frequência de suínos na zona de conforto térmico, 22°C, é de aproximadamente 30 mov min⁻¹, enquanto sob estresse térmico, 34°C, esse valor pode ultrapassar 120 mov min⁻¹, os autores também observaram aumento na temperatura superficial, sendo 34°C na condição de conforto e de 39,7°C para os animais submetidos ao estresse térmico.

Oliveira (2016) observou redução do desempenho dos animais submetidos ao calor, devido à temperatura intensa e a redução do consumo. O calor promoveu aumento da frequência respiratória, das temperaturas superficiais e da temperatura retal.

Portanto, em condições de estresse por calor ambiental, os suínos tendem a perder a eficiência de utilização da energia devido à ativação do sistema termorregulatório. Cros et al. (2018) observaram que algumas raças de suínos são mais tolerantes ao estresse térmico, enquanto outras menos adaptadas reduzem fortemente o consumo de ração, tendo impactos na produtividade.

Barnabé et al (2020a) observaram que o uso de sistemas de climatização em regiões semiáridas forneceu um ambiente com condições microclimáticas adequadas para suínos nas fases de crescimento, ou seja, um ambiente onde a produtividade do animal é maximizada.

4.3. Modificação do ambiente de produção: climatização e iluminação artificial

No setor da produção de carne suína a busca pelo aprimoramento do manejo capaz de melhorar a produtividade é fator preponderante para a competitividade no mercado suinícola. Segundo Silva et al. (2020) os problemas atuais que se relacionam com o clima e a produção estão se deparando com o avanço tecnológico e a quarta revolução da agropecuária. O mundo vive em uma era onde os padrões tecnológicos vem se rompendo a cada dia por meio da união do mundo físico, digital e biológico. A suinocultura não ficará de fora dessa revolução, pois ela passará por ajustes tecnológicos.

Quanto maior a produtividade do animal, maior será sua exigência ambiental e, a influência dos elementos ou fatores meteorológicos que não eram considerados como rotina de manejo podem comprometer ou melhorar o seu grau de conforto e desempenho produtivo. Dessa forma, percebe-se a necessidade do uso de tecnologias para minimizar o desconforto causado pelo confinamento inerente dos sistemas modernos, destacando-se o uso de luz suplementar para suínos (Ferreira et al., 2015).

Neste sentido, o manejo do microclima no interior das instalações zootécnicas tem sido amplamente difundido, na busca pela adequação das condições de conforto térmico dos animais alojados, devido à influência dos elementos meteorológicos que favorecem ou prejudicam seu desempenho. Segundo Dias et al. (2016) quando os animais são submetidos a temperaturas fora de sua zona de conforto, o animal direciona maior

quantidade de energia para o sistema de termorregulação, podendo afetar seu desempenho e em casos extremos pode causar a morte do animal.

A utilização da ventilação mecânica nas instalações apresenta importância fundamental, por proporcionar um ambiente confortável para o rebanho, tanto para reduzir a transferência de calor proveniente da cobertura, como para melhorar a eficiência da troca de calor do animal por convecção e evaporação. Segundo Li et al. (2016) o desenvolvimento de tecnologias de ventilação pode reduzir o estresse térmico nas instalações.

O incremento na velocidade do ar nas instalações em que os animais estão alojados é eficiente na redução do estresse térmico em suínos (Li et al., 2018), pois as perdas de calor convectivas se relacionam diretamente com a velocidade do ar (Silva et al., 2020). A efetividade do sistema de ventilação é incerta quando a temperatura da pele do animal se aproxima da temperatura do ar (Rong et al., 2017).

Pereira et al. (2018) recomendam o uso conjunto da ventilação com aspersores de neblina para suínos aguardando o transporte. Resfriamento evaporativo é um bom modelo para climas quentes e áridos, por se tratar de uma técnica mais eficiente para resfriamento, além disso, o baixo custo do modelo possibilita sua aplicação na suinocultura (Rong et al., 2017).

O sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) consiste em um processo de saturação adiabática, em que não há perda nem ganho de calor. Nesse processo, ocorre a mudança do ponto de estado psicrométrico do ar, verificando-se elevação da umidade relativa do ar e decréscimo na temperatura, mediante o contato do ar com uma superfície umedecida ou líquida. A pressão de vapor do ar insaturado ao ser resfriado é menor que a da água de contato, fazendo com que ocorra sua vaporização. A energia necessária para esta mudança de estado vem do calor sensível contido no ar e na água, resultando em decréscimo da temperatura de ambos e, conseqüentemente, do ambiente. Ao passar do estado líquido para o gasoso, a água retira do ambiente cerca de 580 kCal para cada kg de água evaporada, dependendo da temperatura do ambiente (Silva, 1998).

Barnabé et al. (2020a) trabalhando com suínos na fase de crescimento avaliaram os efeitos da nebulização e da ventilação forçada sobre as respostas fisiológicas dos suínos, os autores encontraram menores valores de temperatura superficial no tratamento

com resfriamento adiabático evaporativo, sendo esse sistema de climatização o que melhor forneceu condições de homeotermia para os animais.

A luminosidade está relacionada às necessidades básicas como alimentação, água e temperatura. Os ritmos diários de atividade dos animais são fortemente influenciados e determinados pelas condições de luz ao longo do dia (Ferreira et al., 2016). O emprego da iluminação suplementar na produção animal tem como objetivo ampliar o período de luz diária, fazendo com que o animal passe mais tempo ativo e conseqüentemente o animal tende a se alimentar mais conforme as condições térmicas se tornam mais favoráveis durante a noite.

Almeida et al. (2017), trabalhando com bezerras da raça Girolando no agreste de Pernambuco, observaram que a iluminação suplementar estimulou a ingestão de concentrado, aumentando o desempenho dos animais submetidos a um tempo de luz diária de 20 horas.

O período com iluminação ao longo do dia é um fator ambiental cujos efeitos já foram elucidados para as aves, entretanto, necessita-se de estudos complementares para avaliar os efeitos sobre os demais animais de produção, na suinocultura os resultados da iluminação suplementar relacionados ao comportamento, desempenho e bem-estar são pouco expressivos e contraditórios (Ferreira et al., 2016).

Pesquisa realizada por Ferreira et al. (2015) utilizando programas de iluminação suplementar para suínos durante a fase de crescimento, aplicando períodos de luz de 15, 19 e 23 horas de luz por dia, observaram que não houve influência do programa de iluminação sobre o desempenho dos animais. Ferreira et al. (2016) avaliaram o mesmo programa de luz, porém, utilizando animais na fase de terminação e constataram que ele também não permitiu expressivas alterações no desempenho ou no comportamento dos animais nessa fase.

Barnabé et a. (2020b) avaliaram o desempenho e o bem-estar de suínos durante a fase de terminação submetidos a diferentes programas climatização e iluminação suplementar onde observaram melhor conversão alimentar nos animais submetidos a 6 horas de iluminação suplementar + 12 horas de iluminação natural.

A preferência de iluminação dos suínos em crescimento foi pesquisada por Taylor et al. (2006), em que, os animais foram expostos a iluminações de (2,4); 4; 40 e 400 Lx,

dispostas em compartimentos. Foi observado que os animais optaram por ter acesso à luz por várias horas por dia e descansaram sob todas as iluminâncias fornecidas, embora fossem preferidas as menores, visto que, os comportamentos mais comuns nos compartimentos mais escuros foram descansando e dormindo. Diante disso, os autores apontam à necessidade de uma área no interior da instalação, com iluminação de (2,4 Lx ou menos) por pelo menos 6 h por dia, a fim de atender às preferências sinalizadas pelos suínos neste estudo.

4.4. Comportamento animal

O comportamento é o elo entre o organismo e o ambiente, entre o sistema nervoso e o ecossistema, sendo então uma das propriedades mais importantes da vida animal (Manso et al., 2015). Diversos fatores são importantes para diagnosticar a saúde dos suínos, sendo a observação de seus comportamentos um dos fatores mais importantes (Yang e Xiao, 2020), além disso, o comportamento reflete o estado físico e fisiológico do animal (Barwick et al., 2018).

O ambiente tem grande importância na produção animal, sendo o comportamento uma das maneiras de avaliar o efeito dos estímulos ambientais aos animais (McKenna, et al. 2019). Os animais utilizam diversos comportamentos para demonstrar o desconforto que está sentindo (Santos et al., 2018)

Problemas comportamentais como apatia, estereotípias e elevados índices de agressividade pode ser um indicativo de ambientes e manejo inadequados para os animais, ou seja, são indicativos de bem-estar animal. Diversos fatores podem influenciar no comportamento de suínos, tais como o ambiente, clima, temperatura, instalações, manejo, lotação, comedouros e bebedouros (Cagliari et al., 2021). As variáveis ambientais e o contato com outros indivíduos de mesma ou de outras espécies podem criar diferentes padrões comportamentais. O comportamento tem papel fundamental nas adaptações das funções biológicas (Manso et al., 2015).

De forma conceitual o enriquecimento ambiental engloba as alterações no ambiente de confinamento, entre elas a instalação de ventiladores, lâminas de água e gotejadores (Foppa et al., 2021). Entretanto na literatura científica a definição mais restrita de enriquecimento ambiental se refere ao fornecimento de substratos orgânicos, por exemplo palha e casca de arroz oferecidos no chão em grandes quantidades, e aos que

são denominados popularmente como brinquedos, por exemplo uma corrente pendurada na divisória da baia ou um galão de plástico livre no chão (Foppa et al., 2021).

É fundamental que o enriquecimento ambiental oferecido estimule e permita a expressão de comportamentos naturais dos suínos (Bracke, 2017). A necessidade de expressar comportamentos exploratórios não difere entre os suínos domésticos e os selvagens, portanto, o ambiente em que os animais estão inseridos precisa viabilizar a expressão de tais comportamentos, uma boa estratégia é o uso de enriquecimento ambiental (Foppa et al., 2020).

Os suínos são animais onívoros e em seu ambiente natural esses animais gastam grande parte do seu tempo explorando o ambiente em busca de alimento. Esses animais se destacam entre os animais de produção por apresentar maior expressão cognitiva, segundo Dawkins (2016), isso se deve a curiosidade desses animais, sua aptidão para aprendizado e memorização. O perfil exploratório desenvolve ações de olhar, cheirar, lambar, fuçar e mastigar objetos. Quando há incompatibilidade entre o instinto do suíno e o meio em que ele habita, evidencia-se problemas comportamentais. Além do mais esses animais apresentam um vasto repertório comportamental (Dawkins, 2016).

Os sistemas de produção intensiva, em condições de confinamento, normalmente impedem a expressão do comportamento natural dos animais, pois, o ambiente é praticamente estéril e sem estímulos. Bezerra et al. (2019) trabalhando com suínos na fase de creche, observaram bons resultados comportamentais em animais que receberam enriquecimento ambiental em suas instalações, redução de caudofagia e ociosidade, além de aumento nas interações sociais entre os animais na fase de crescimento.

Os comportamentos estereotipados são caracterizados por atividades repetitivas sem função aparente, como tentativas de se adaptar ao ambiente, por exemplo, andar de um lado para outro e morder as barras (Ceballos e Sant'Anna, 2018). Segundo Hensworth (2018) para o bem-estar animal as estereotípias apresentam significado controverso, pois, quando o estresse é resultado de uma frustração pode ser resolvido, parcialmente, se essa frustração for reduzida por meio do comportamento.

Após anos de estudos ainda não está clara quais são os fatores que causam as estereotípias, assim como sua relação direta com o bem-estar, portanto é necessário realizar estudos para cada caso específico em que os animais apresentam estereotípias e

assim, entender melhor a relação entre as estereotípias e o bem-estar (Poirier e Bateson, 2017).

Interações sociais negativas podem reduzir o bem-estar dos animais, mordida na calda é um dos comportamentos sociais negativos, pois, compromete a produtividade animal e conseqüentemente traz perdas econômicas para a produção (Liu et al., 2020) e de bem-estar na produção de suínos (Hakansson e Bolhuis, 2021). Segundo Verbeek et al. (2021) esse comportamento é anormal e causa estresse, lesão e dor aos animais.

O alojamento pode influenciar no comportamento animal, para que essa influência seja positiva uma alternativa é o enriquecimento ambiental, ou seja, fornecer materiais manipuláveis como palhas, brinquedos para estimular o comportamento exploratório dos animais (Foppa et al., 2021), sendo o comportamento exploratório um dos comportamentos naturais dos suínos.

A mordida destinada a companheiros de alojamento se dá por condições ambientais estéreis, onde o animal não consegue expressar comportamentos exploratórios (Poirier et al., 2020). Naturalmente, os suínos são animais motivados a realizar comportamento exploratório e de acordo com a Diretiva da União Europeia 2008/20/EC os animais devem ter acesso a materiais manipuláveis como objetos resultantes do enriquecimento ambiental (Larsen et al., 2019), a fim de estimular a expressão de comportamentos de caráter exploratório.

Martínez-Macipe et al. (2020) observaram que os suínos ibéricos passaram 56% do tempo descansando e 28% explorando o ambiente, os autores destacaram que o comportamento exploratório foi maior entre os animais que tiveram acesso a área de piquete, quando comparado com animais com alimentação exclusiva no cocho (50% versus 17,8%, respectivamente). Em estudo realizado por Ocepek et al. (2020), observou-se que o comportamento exploratório foi o segundo mais comumente observado em suínos nas fases de crescimento e terminação, o primeiro foi deitado/dormindo.

O comportamento do animal varia de acordo com as características térmicas do ambiente, em ocasiões com baixa temperatura o organismo do animal produz calor por meio da termogênese de tremores muscular, o que auxilia a manutenção da temperatura corporal (Nasirahmadi et al., 2017).

Em situação de estresse térmico os animais adotam a estratégia de alterar o comportamento alimentar, ou seja, reduzem a ingestão de alimento para minimizar a produção de calor endógeno pelo organismo (Cross et al., 2020). Porcas em lactação, sob altas temperaturas ambientais, reduzem a ingestão de alimentos e como consequência apresentam redução na produtividade de leite. O desempenho produtivo também é afetado pelo estresse térmico, leitões em conforto térmico apresentam maior desempenho produtivo (Ribeiro et al., 2018).

Segundo Maselyne et al. (2015) o comportamento alimentar pode ser descrito por mastigar ou morder alimentos, ou simplesmente colocar a cabeça no cocho. Outros critérios também podem ser usados, como o tempo diário gasto com a alimentação, o consumo diário de ração, o número de visitas ao comedouro e a taxa alimentar.

Alterações no padrão alimentar dos animais sugerem alterações ligadas ao ambiente, alimentação ou a sinais de doenças. Chamados de comportamentos de doenças, podem causar alterações no consumo de alimento ou água, nas interações sociais, na postura e locomoção (Matthews et al., 2017).

O comportamento alimentar pode ser considerado uma estratégia do animal para consumir uma quantidade de alimento que supra sua demanda diária de alimento quando ele é mantido em ambiente social e produtivo (Carcò et al., 2018). Animais alojados em grupo podem competir por recursos alimentares, a competição pode gerar conflitos entre os animais e fatores sociais e estratégias comportamentais influenciam diretamente nesses conflitos (Boumans et al., 2018).

A fase de crescimento requer cuidado, pois é nessa fase que normalmente acontecem conflitos entre os animais em torno do alimentador. Segundo Boumans et al. (2018) os principais fatores que afetam os padrões alimentares nos suínos são as características do animal, a dieta, e o tamanho do grupo, além dos conflitos ao redor do alimentador.

A competição pode ser um ponto chave nos padrões alimentares e social entre os animais, pois cada animal adota uma estratégia diferente enquanto alguns são passivos, outros são dominantes e enfrentam todos que tentarem ocupar seu espaço. Isso influencia diretamente nas interações sociais e nos padrões alimentares e consequentemente no padrão de crescimento (Boumans et al., 2018).

Suínos são animais que vivem em sociedade e dentro do grupo existe uma hierarquia, segundo Tong et al. (2020) a hierarquia social dos suínos se dá por meio de lutas entre os animais, os autores observaram ainda que mesmo havendo mistura de animais de grupos diferentes, logo a hierarquia é restabelecida por meio de lutas.

Se tratando do tempo necessário para reestabelecer a hierarquia social após a mistura, o tempo acaba sendo menor para as fêmeas, para os machos o processo é mais demorado (Tong et al., 2020). Em cada fase de desenvolvimento dos animais verifica-se a formação de hierarquia social linear, caracterizada por uma classificação clara de dominante a subdominante, sendo evidente mesmo em grupos de suínos mantidos em baixa densidade (Massari et al., 2015).

Mesarek et al. (2021), estudando a formação na hierarquia social de leitões recém desmamados, observaram que a probabilidade de iniciar luta entre os animais aumenta conforme o peso corporal e na maioria das vezes o animal que inicia a briga sai vencedor.

Quando jovens, os animais tendem a brincar mais e esse comportamento é um importante indicativo de bem-estar para os animais nessa faixa etária. As brincadeiras são apontadas como uma forma saudável utilizada pelos animais para estabelecer a dominância, em decorrência disso, os comportamentos lúdicos são apontados como os primeiros sinais de adaptação ao desmame (Massari et al., 2014).

Os suínos são capazes de modificar seu comportamento para se adaptar ao ambiente em que vivem, isso se deve as características comportamentais específicas desses animais. O estresse térmico modifica o comportamento desses animais. Quando submetidos a ambientes com altas temperaturas os suínos reduzem seu consumo de alimento, pois as mudanças na atividade alimentar é uma forma de resposta ao estresse térmico em suínos nas fases de crescimento e terminação (Cross et al., 2018).

O comportamento alimentar pode ser influenciado pelas condições térmicas, o tipo da dieta, a escala de dominância, as interações sociais, o número de animais nas instalações. Tempo de alimentação reduzido é um indicativo de altos níveis de competição e agressividade. Para conseguir acesso ao alimentador, alguns animais de alto escalão hierárquico, podem usar a monta, portanto é provável que a agressão e a monta afetem o comportamento alimentar (Massari et al., 2014).

Os suínos gastam grande parte de seu tempo dormindo, segundo Ocepek et al., (2020) esse é o comportamento mais observado em suínos nas fases de crescimento e terminação. Entretanto, esse comportamento pode variar dependendo das condições climáticas, em temperaturas altas eles se deitam lateralmente de lado com os membros estendidos, enquanto temperaturas mais baixas eles se deitam de barriga para baixo (Nasirahmadi et al., 2019).

Quando deitados os animais permaneceram mais tempo dormindo. Esses animais quando expostos a estresse térmico reduzem seu metabolismo para que o corpo minimize a produção de calor. Segundo Massari et al. (2015) a temperatura do ambiente estabelece relação direta com o comportamento deitado, quanto maior a temperatura, mais tempo deitado os animais permanecem, independentemente do sexo dos animais.

A produção de calor está relacionada ao ambiente térmico, sendo então necessário que o animal permaneça mais tempo deitado, como a superfície do piso é mais fria que o animal, ele perde calor para o ambiente por meio da condução. Já na fase de terminação os animais permanecem mais tempo deitados devido sua maior massa corporal e seu elevado peso que dificulta a locomoção (Massari et al., 2015).

4.5. Análise de dados comportamentais

A ciência que estuda o comportamento animal é bem abrangente, sendo subdividida em várias subdisciplinas, a etologia é a responsável por estudar o comportamento animal conforme sua evolução natural. Os estudos sobre o comportamento animal aplicado têm o foco no manejo e bem-estar de animais silvestres e domésticos (McDonnell, 2016).

Etograma é uma ferramenta que lista o repertório comportamental do animal de estudo, sendo bastante importante no estudo do comportamento animal em ambiente natural ou em cativeiro, pois permite elaborar uma descrição clara do repertório comportamental e sua ocorrência em diversos contextos (Gutierrez-Gomez et al., 2021).

Análises comportamentais são complexas por envolverem uma série de fatores como condições ambientais das instalações onde os animais estão alojados, nesse contexto é recomendável a utilização da análise multivariada para avaliar o comportamento animal.

A análise estatística multivariada consiste em um conjunto de princípios e métodos que analisam simultaneamente variáveis experimentais correlacionadas, ou seja, o emprego de métodos multivariados reduzem, otimizam e classificam os dados multidimensionais organizando a visualização de todo o conjunto de dados mantendo as informações importante e descartando as irrelevantes ou redundantes (Maia et al., 2019).

A análise de componentes principais (ACP) é um método de análise multivariada de modelagem da estrutura de covariância, essa técnica estatística que reduz a quantidade de variáveis correlacionadas entre si em um conjunto de variáveis menor e não correlacionadas contendo maior parte das informações do conjunto original (Hongyu et al., 2016). Para reduzir a massa de dados perdendo o mínimo de informação possível é importante ter uma visão geral de todas as técnicas da estatística multivariada. A variação observada é redistribuída para que possa ser obtido eixos ortogonais não correlacionados (Hongyu, 2015). A ACP apresenta aplicabilidade em diversas áreas do conhecimento, como agronomia, zootecnia, ecologia, florestal, medicina etc. (Hongyu et al., 2016).

5. MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do banco de dados

Os dados foram provenientes de pesquisa realizada no Biotério de Experimentação com Suínos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (BES-UAST) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no município de Serra Talhada, estado de Pernambuco, Brasil (07,98°S; 38,28°W e altitude de 444 m) (Figura 1).

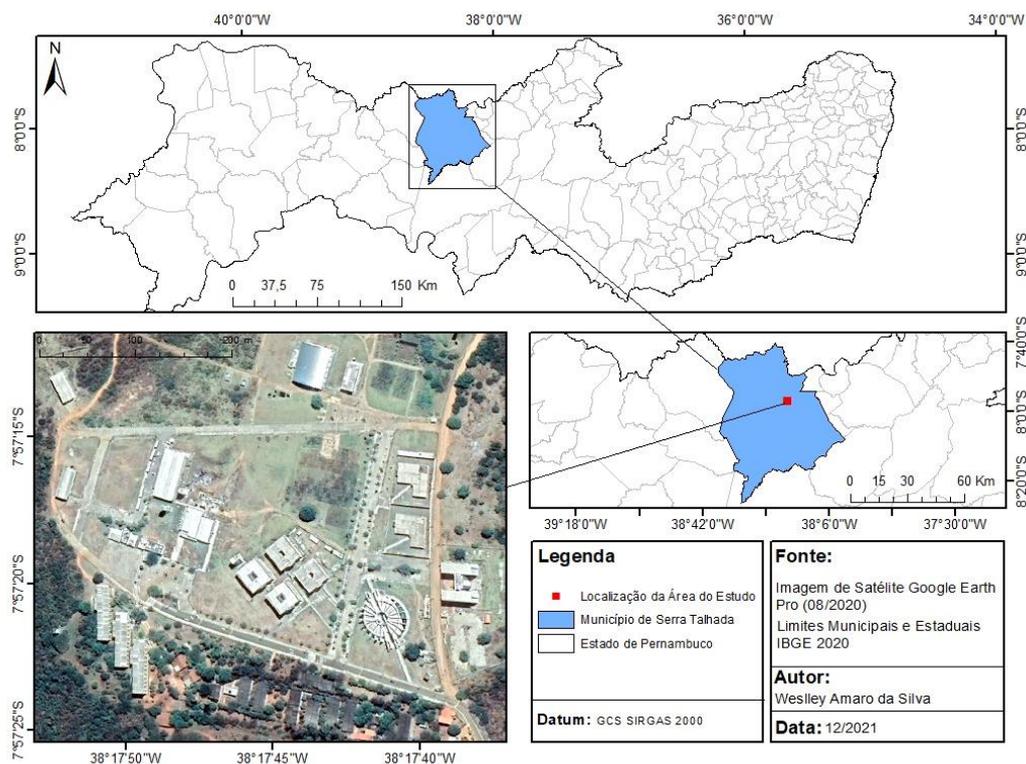


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no Município de Serra Talhada, Pernambuco.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região foi caracterizado como BShw' semiárido, quente e seco, com as chuvas ocorrendo entre os meses de dezembro a maio. As médias anuais de precipitação pluviométrica da ordem de 642,1 mm, temperatura do ar de da ordem de 24,8 °C e umidade relativa do ar da ordem de 62,5% para a região em estudo (Silva et al., 2015).

O experimento foi realizado de agosto a novembro de 2018, totalizando 66 dias de registro de dados. A pesquisa foi aprovada pela CEUA/UFRPE (Comissão de Ética no Uso de Animais).

Foram utilizados 27 suínos (machos e fêmeas) em fase de crescimento (com 63 dias de idade), provenientes de matrizes de linhagem comercial para alta deposição de massa muscular (3/4 Duroc, 1/4 Pietrain) nascidas no BES-UAST, em terceira ordem de parto, cobertas por um macho da raça Duroc (Puro de Origem). Com peso médio inicial de $30 \pm 0,12$ kg e final de $105,6 \pm 0,95$ kg. Após o desmame os animais passaram para a

fase de creche, permaneceram até os 63 dias de idade. A partir desse momento entraram na fase experimental, onde foram transferidos para o galpão experimental.

Os animais foram submetidos aos seguintes fatores de variação: baias sem climatização (BS), baias com ventilação forçada (BV) e baias com sistema de resfriamento adiabático evaporativo (BR), associado a diferentes programas de suplementação de luz: 12 h de luz natural (L12), 12 h de luz natural + 4 h de luz artificial (L16) e 12 h de luz natural + 6 h de luz artificial (L18) (Figura 2).

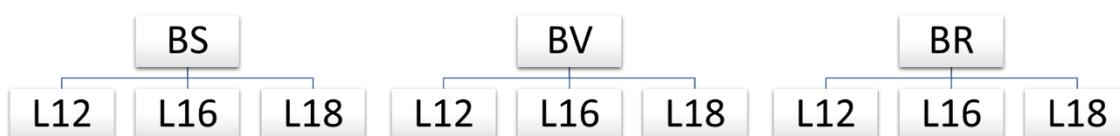


Figura 2. Representação esquemática dos fatores de variação.

BS – Baia sem climatização, BV – Baias com ventilação, Br – Baias com resfriamento adiabático evaporativo, L12 – 12 horas de luz, L16 – 16 horas de luz e L18 – 18 horas de luz.

O sistema de iluminação suplementar foi composto por lâmpadas fluorescentes compactas, suave cálida de 15 W, instaladas no centro geométrico das baias, a 1,83 m do piso e com iluminância de 40 Lx. A ventilação forçada foi realizada por meio de ventiladores axiais com vazão de $1200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ a 1.780 rpm e diâmetro da hélice de 11'', que fornecia o fluxo de ar a uma velocidade média de $3,4 \text{ m s}^{-1}$.

Para o sistema de resfriamento adiabático evaporativo foram utilizados climatizadores evaporativos, em que a formação da névoa ocorria pelo efeito centrífugo de um disco central com vazão média de 7 L h^{-1} . Motores independentes com rotação da hélice de 1.750 rpm e do disco central de 3.450 rpm, com velocidade média do fluxo de $2,5 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 3).

A climatização foi acionada diariamente nos horários das 8h00 às 18h00; e os programas de iluminação das 18h00 às 22h00 (L16) e das 23h00 às 5h00 (L18), acionados por meio de *timers* analógicos.

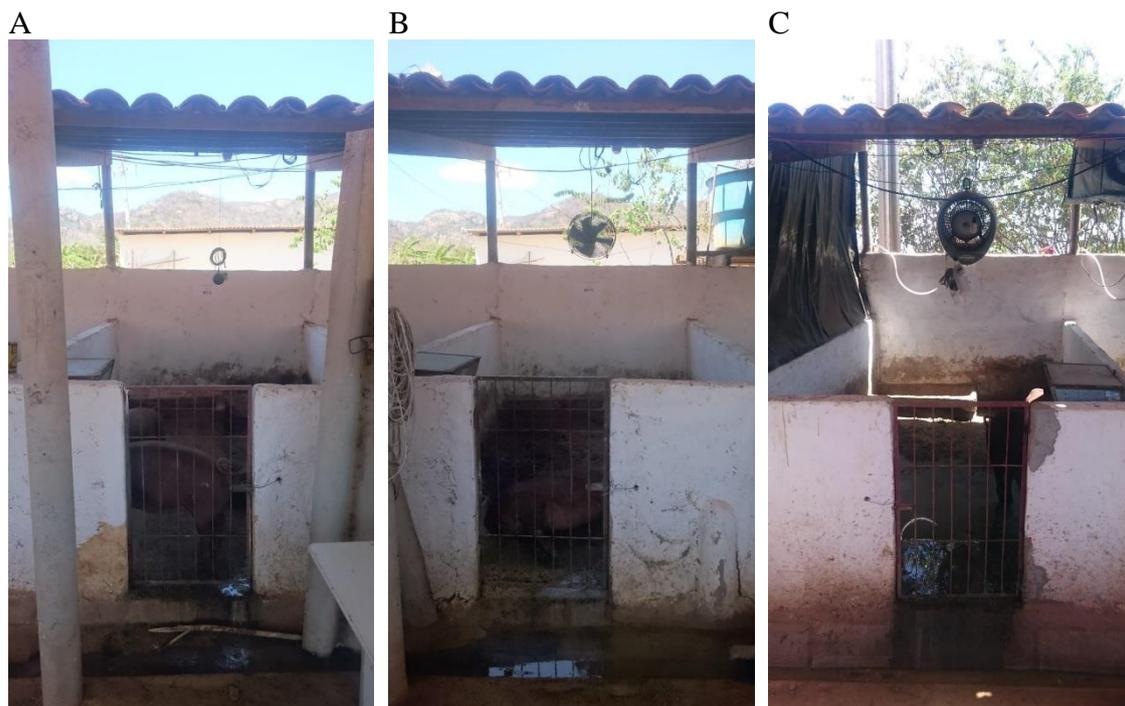


Figura 3. Baia sem climatização (A), baia com ventilação forçada (B) e baia com resfriamento adiabático evaporativo (C).

Os animais foram alojados em um galpão experimental de alvenaria, composto por 30 baias, com corredor central coberto com telhas de fibrocimento de 6 mm. As baias eram cobertas com telhas cerâmicas em uma água, com 15° de inclinação e piso concretado (Figura 4).

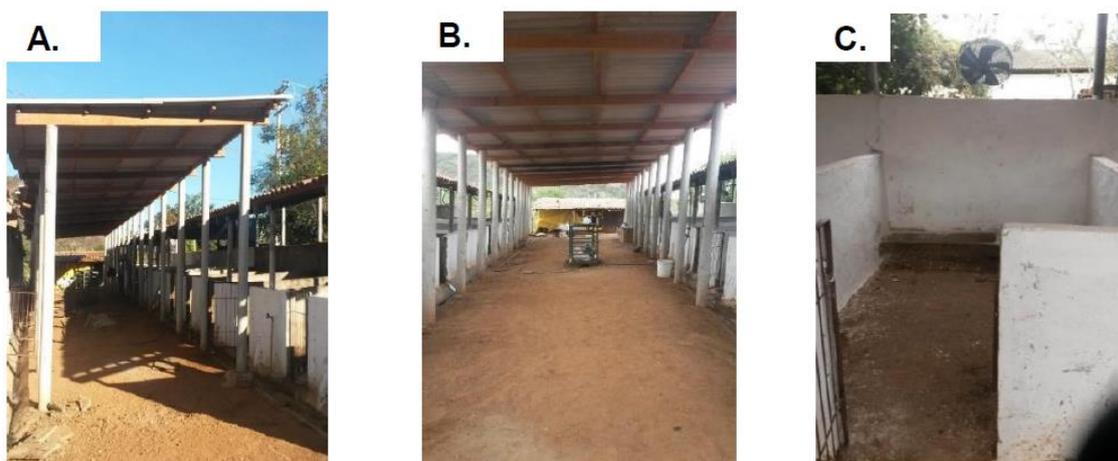


Figura 4. Instalação: Vista externa da instalação (A); Vista interna (B); vista interna da baia (C). Fonte: Janice Maria Coelho Barnabé.

Cada baia apresentava 6,0 m² de área, pé direito de 2,2 m e muretas de contenção de 1,1 m, equipadas com um comedouro semiautomático (Figura 5) e um bebedouro tipo

chupeta. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em nove baias, sendo três animais (machos e fêmeas) por baia ($2 \text{ m}^2 \text{ animal}^{-1}$).



Figura 5. Comedouro semiautomático.

As variáveis meteorológicas, temperatura do bulbo seco (T_{bs} ; $^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (UR; %) e temperatura de globo negro (T_g ; $^{\circ}\text{C}$), foram registradas a cada hora, no interior do galpão e no ambiente externo, por meio de *dataloggers* modelo HOBO U12-12 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA), instalados no centro geométrico de cada baia, a 1,0 m do piso e, no ambiente externo, no interior de um abrigo meteorológico a 1,5 m do solo.

Para avaliação das respostas fisiológicas de todos os animais em seus respectivos tratamentos, foram registradas a frequência respiratória (FR; mov min^{-1}), a temperatura retal (TR; $^{\circ}\text{C}$) e a temperatura de superfície (TS; $^{\circ}\text{C}$). Os registros foram realizados nos horários das 08h00, 12h00, 16h00, 20h00, 00h00, 4h00, uma vez por semana, durante todo o período experimental.

A verificação da FR se deu a partir da contagem do número de movimentos da região do flanco realizados pelo animal, no intervalo de 1 minuto. Após o registro da FR, foram tomadas as medidas da TR, com auxílio de termômetro digital de uso veterinário, escala entre 20 e 50 °C e precisão de $\pm 0,1$ °C (Figura 6).



Figura 6. Aferição da temperatura retal com o auxílio de um termômetro de uso veterinário.

Os registros da temperatura da superfície da pele dos animais foram obtidos por meio de imagens térmicas coletadas por um termovisor, modelo Flir E60. A análise das imagens foi realizada utilizando o programa computacional FLIR QuickReport®, no qual foram inseridos os valores da emissividade (0,98) (Daltro et al., 2017), da temperatura e umidade relativa do ar obtidas no instante do registro da imagem e a distância padrão entre o animal e a câmera (1,5 m).

O manejo nutricional dos animais foi realizado com base no conceito de proteína ideal, por fase de desenvolvimento, seguindo as exigências nutricionais descritas por Rostagno et al. (2017) para a produção de animais de alto potencial genético, conforme se preconiza na suinocultura. As rações oferecidas a cada categoria foram balanceadas: proteína bruta, energia metabolizável, cálcio e fósforo, sendo as vitaminas e minerais fornecidos por meio de premix específicos para cada fase de criação.

A ração foi fornecida à vontade, onde os comedouros foram reabastecidos duas vezes ao dia (manhã e tarde). Água para os animais também foi fornecida a vontade durante todas as fases de criação, onde foi mantida a vazão e com vazão adequada (acima de $3,0 \text{ L min}^{-1}$) nos bebedouros.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3×3 com três fatores de variação relacionados a climatização (sem climatização, ventilação forçada e resfriamento adiabático evaporativo) e três programas de iluminação (12 horas e luz natural, 12 horas de luz natural + 4 horas de luz artificial e 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial). em que os 27 animais utilizados foram distribuídos aleatoriamente nas nove baias, sendo considerados três repetições por tratamento.

Monitoramento comportamental

O comportamento dos animais foi registrado por microcâmeras coloridas CCD (Charge Coupled Device), com lente de 3,6 mm e imagens de 640 × 480 pixels, instaladas no interior das baias. Os registros foram feitos uma vez por semana, no decorrer de 24 horas, durante toda fase de criação, descartando-se apenas a primeira semana de análise, visto que os animais estavam em período de adaptação aos ambientes, conforme sugerido por Kiefer et al. (2010). As imagens foram analisadas ao longo das 24 horas, sendo considerado um intervalo de 10 minutos a cada hora.

As variáveis comportamentais foram qualificadas por meio de um etograma (Tabela 1) baseado em pesquisas realizadas por Amaral et al. (2021) e Barnabé et al. (2020b). A frequência e a porcentagem do tempo despendido em cada comportamento e sua probabilidade de ocorrência foi quantificada pelo teste Qui-quadrado (X^2).

Tabela 1. Etograma comportamental para suínos durante as fases de crescimento e terminação

Comportamento	Descrição
Inatividade	
Inativo	Animal totalmente deitado (ventral e/ou lateralmente) com os olhos fechados e sem nenhuma atividade oral.
Inativo (alerta)	Parado em pé, deitado ou sentado com os olhos abertos.
Postura	
Deitar na posição ventral	Apoiar a barriga sobre o piso com todas as pernas debaixo do corpo.
Deitar na posição lateral	Deitar de lado com todas as pernas estiradas horizontalmente.
Em pé	Corpo apoiado nas quatro pernas (não caminhando).
Sentar	Apoiar sobre os membros dianteiros e sentar sobre os membros traseiros.
Ajoelhar	Membros dianteiros dobrados e traseiros estirados na vertical.
Atividade	
Comer	Consumir alimento fornecido.
Cheirar	Cheirar o piso realizando movimentos circulares.
Beber	Manipular o bebedouro verificando-se consumo de água.
Fuçar	Fuçar o solo, explorar o ambiente.
Estereotipia	
Movimentar a língua	Aerofagia e mostrar a língua repetitivamente.
Lamber	Lambendo o piso, a língua toca o piso.
Abrir e fechar a boca	Abrir e fechar a boca mantendo a mandíbula estirada durante alguns segundos.
Beber	Acesso ao bebedouro e/ou chupeta obsessivamente.
Esticar o pescoço	Esticar o pescoço e observar o ambiente a sua volta.
Fuçar	Fuçar cocho de alimentação e/ou piso repetidas vezes, sem que exista alimento.
Interação Social	
Lambiscar	Pequenos movimentos de mastigação, enquanto toca outro animal com a boca.
Cheirar	Cheirar outro animal, movimentos circulares fuçando ao longo do animal.
Lamber	Lamber outro animal, a língua toca o animal.
Interação agressiva	
Empurrar	Bater ou empurrar outro animal com a cabeça, mordendo ou não.
Morder	Morder em uma parte do corpo de outro animal.

Brigar	Empurrar-se mutuamente com a cabeça, em paralelo ou na perpendicular, mordendo ou não, em rápidas sucessões.
Perseguir	Mover-se rapidamente em perseguição a outro animal.
Ameaçar	Contato intimidador, cabeça com cabeça, com refugio de um dos animais.

Descrição das técnicas estatísticas utilizadas

A análise de dados consistiu em um conjunto de técnicas que possibilitou correlacionar duas ou mais variáveis, resolver problemas relacionados a estrutura de covariância do vetor aleatório, resumida na matriz de covariância ou de correlação. Análises através do método de agrupamento pelo método de árvore de decisão e análise de componentes principais; e por fim, o ajuste de modelos de regressão linear múltipla para determinação das variáveis resposta, acesso dos suínos ao comedouros e bebedouros em seus respectivos tratamentos (Härdle e Simar L. 2015).

A fim de determinar a similaridade entre as variáveis (meteorológicas, fisiológicas e comportamentais) e entre os fatores de variação do experimento (climatização e iluminação artificial) foi aplicada a técnica de análise de agrupamento via dendograma, a partir do método de Média e com base na distância Euclidiana (Ward, 1963). As similaridades foram atribuídas as variáveis por meio do cálculo da distância Euclidiana (d_{ij}) entre dois objetos (i e j), em que, quanto menor for a sua distância maior será a similaridade quantitativa entre os indivíduos (Ward, 1963), conforme descrito na Eq. (1).

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (1)$$

em que,

d_{ij} - distância Euclidiana;

x_{ik} e x_{jk} - dados do ambiente e respostas dos animais nas baias de criação para cada fator de variação i e j , respectivamente.

O empregado da análise de componentes principais (ACP) permitiu agrupar a maior quantidade da informação contida nas variáveis originais (meteorológicas, índices de conforto, fisiológicas e comportamentais), transformando-as em duas ou mais variáveis latentes ortogonais, denominadas componentes principais (CP1, CP2, CP3, ... , CP_n), que são combinações lineares das variáveis originais criadas com os maiores autovalores da matriz de covariância dos dados. Para isso, foi utilizada a matriz de

covariância dos dados, em que foram extraídos os autovalores que originam os autovetores (Componentes Principais; CPs) (Kaiser, 1958).

Essa análise foi realizada para identificar as principais variáveis que explicassem a maior parte da influência associada aos fatores de climatização e iluminação artificial. Foi empregado o critério de Kaiser, considerando os autovalores acima de 1, que geram componentes com quantidade relevante de informação contida nos dados originais, fazendo o descarte das componentes que apresentem autovalor inferior a 1 (Kaiser, 1958).

A ACP abordou três etapas primordiais: geração, seleção e a interpretação das componentes estudadas. Todavia, após a definição do número de componentes principais ideais, foi efetuada a análise da contribuição de cada variável nos componentes principais mais significativos (Jolliffe, 1972; Jolliffe, 1973). A geração da matriz de componentes principais (MCP).

Determinou-se modelos de regressão linear múltipla fundamentado nos resultados provenientes da ACP. Tais modelos foram baseados nas variáveis de maior correlação com as Componentes Principais (CPs), admitindo a maior representatividade do conjunto de dados.

Com a identificação das variáveis (meteorológicas, fisiológicas e comportamentais) e suas correlações com o comportamento ingestivos dos suínos em seus respectivos tratamentos, associados aos fatores de variação (climatização e iluminação artificial) foi equacionada a frequência de acesso ao comedouros e ao bebedouros. Para o desenvolvimento dessas funções foi utilizado o método estatístico de regressão linear múltipla, que utilizou o acesso ao comedouros e bebedouros como variáveis resposta e as variáveis meteorológicas, fisiológicas e comportamentais como variáveis preditoras. O modelo de regressão adotado baseou-se na representação matemática expresso pela Eq. (2).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \varepsilon \quad (2)$$

em que,

Y - Variável resposta (acesso ao comedouros e/ou bebedouros);

x₁, x₂, x₃ e x₄ - variáveis preditoras (variáveis meteorológicas, índices de conforto, fisiológicas e comportamentais);

ε - erro experimental;

β_0 , β_1 , β_2 , β_3 e β_4 - coeficientes de regressão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALESSIO, D. R. M., NETO, A. T., VELHO, J. P., PEREIRA, I. B., MIQUELLUTI, D. J., KNOB, D. A., & DA SILVA, C. G. Multivariate analysis of lactose content in milk of Holstein and Jersey cows. *Semina: Ciências Agrárias*, v.37, n.4, p.2641-2652, 2016.

ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; BAPTISTA, F.; GUISELINI, C.; BARNABÉ, J. M. C. Thermal efficiency of individual shelters for girolando calves in brazilian semi-arid regions. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.36, n.1, p.13-23, 2016.

ALMEIDA, G. L. P. D., PANDORFI, H., BAPTISTA, F., GUISELINI, C., FERREIRA, M. D. A., & CRUZ, V. F. Concentrate intake and performance of dairy calves subjected to programs of supplementary lighting. *Ciência Rural*, v.47, 2017.

AMARAL, P. I., CAMPOS, A. T., ESTEVES, R. D. C., ESTEVES, G. F., YANAGI, T., & LEITE, M. E. Behavioral responses of pigs finished in deep bedding and conventional bed systems. *Engenharia Agrícola*, v.41, p.25-33, 2021.

ANDRADE, T. V., SOUSA, P. H. A. A., & BARROS JÚNIOR, C. P. Aspectos relacionados ao bem-estar animal na produção de suínos. *Journal of Animal Behaviour Biometeorology*, v.3, p.124-127, 2015.

ANIL, L., ANIL, S. S., & DEEN, J. Relationship between postural behaviour and gestation stall dimensions in relation to sow size. *Applied Animal Behaviour Science*, v.77, n.3, p.173-181, 2002.

AVERÓS, X.; APARICIO, M. A.; FERRARI, P.; GUY, J. H.; HUBBARD, C.; SCHMID, O.; ILIESKI, V.; SPOOLDER, H. The effect of steps to promote higher levels of farm animal welfare across the EU. Societal versus animal scientists' perceptions of animal welfare. *Animals*, Basel, v.3, n.3, p.786-807, 2013.

BARNABÉ, J., PANDORFI, H., GOMES, N. F., DE AMEIDA, G. L., & GUISELINI, C. Performance and welfare of finishing pigs subjected to climatecontrolled environments and supplementary lighting. *Engenharia Agrícola*, v.40, p.294-302, 2020b.

BARNABÉ, J., PANDORFI, H., GOMES, N. F., HOLANDA, M. A., HOLANDA, M. C., & CARVALHO, J. L. Performance of growing pigs subjected to lighting programs in climate-controlled environments. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.24, p.616-621, 2020a.

BARWICK, J., LAMB, D. W., DOBOS, R., WELCH, M., & TROTTER, M. Categorising sheep activity using a tri-axial accelerometer. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.145, p.289-297, 2018.

BATISTA, P. H., DE ALMEIDA, G. L., PANDORFI, H., DE MELO, A. A., MORAES, A. S., & GUISELINI, C. Multivariate analysis of the behavior and physiology of Girolando heifers in pasture. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.4, p.303-308, 2019.

BAYVEL, A. C. D. The OIE animal welfare strategic initiative—Progress, priorities and prognosis. In: *Proceedings of the Global Conference on animal welfare: an OIE initiative*. Paris: World Organization for Animal Health, 2004. p.13-17.

BEZERRA, B. M. O., SILVA, S. S. C., OLIVEIRA, A. M. A., SILVA, C. V. O., PARENTE, R. A., ANDRADE, T. S., EVANGELISTA, J.N.B & PINHEIRO, D. C. S. N. Avaliação do estresse e do desempenho de suínos na fase de creche, empregando-se técnicas de enriquecimento ambiental. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.71, p.281-290, 2019.

BIN-JUMAH, M., ABD EL-HACK, M. E., ABDELNOUR, S. A., HENDY, Y. A., GHANEM, H. A., ALSAFY, S. A., KHAFAGA, A.F., NORELDIN, A. E., SHAHEEN, G., SAMAK, D., MOMENAH, M. A., ALLAMI, A. A., ALKAHTANE, A. A., ALKAHTANI, S., ABDEL-DAIMJ, M. M. & ALEYA, L. Potential use of chromium to combat thermal stress in animals: A review. *Science of the Total Environment*, v.707, p.135996, 2020.

BOUMANS, I. J., DE BOER, I. J., HOFSTEDDE, G. J., & BOKKERS, E. A. How social factors and behavioural strategies affect feeding and social interaction patterns in pigs. *Physiology & behavior*, v.194, p.23-40, 2018.

BRACKE, M. B. Chains as proper enrichment for intensively-farmed pigs?. In: *Advances in pig welfare*. Woodhead Publishing, 2018. p.167-197.

CEBALLOS, M. C., & SANT'ANNA, A. C. Evolução da ciência do bem-estar animal: Aspectos conceituais e metodológicos. *Rev. Acad. Ciênc. Anim*, v.16, p.1-24, 2018.

Cagliari, T.P., Fraga, B.N., Oelke, C.A., Garcia, G.G., Oliveira, V., Ceron, M.S. Avaliação do ambiente em pesquisas sobre o comportamento dos suínos em crescimento e terminação: uma revisão sistemática. In: Carlos Alexandre Oelke; Giovanna Faria de Moraes; Rosemary Laís Galati. (Org.). *Zootecnia: pesquisa e práticas contemporâneas - Volume 1*. 1ed.Guarujá: Editora Científica Digital, 2021, v.1, p.208-227.

CAMPOS, P. H. R. F., FLOCH, L., NOBLET, J., & RENAUDEAU, D. Physiological responses of growing pigs to high ambient temperature and/or inflammatory challenges. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.46, p.537-544, 2017.

CHAKRABORTY, A. Biomolecular expression on melatonin and vitamin E supplementation during summer and winter in pig. 2016. Tese de Doutorado. Assam Agricultural University, Khanapara, Guwahati.

CARABAÑO, M. J., RAMÓN, M., MENÉNDEZ-BUXADERA, A., MOLINA, A., & DÍAZ, C. Selecting for heat tolerance. *Animal Frontiers*, v.9, n.1, p.62-68, 2019.

CARCÒ, G., DALLA BONA, M., CARRARO, L., LATORRE, MA, FONDEVILA, M., GALLO, L., & SCHIAVON, S. Influence of mild feed restriction and mild reduction in dietary amino acid content on feeding behaviour of group-housed growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, v.198, p.27-35, 2018.

COUNCIL, N. F. A. C. Code of Practice for the care and handling of pigs. Canada Pork Council and National Farm Animal Care Council, 2014.

CROSS, A. J., KEEL, B. N., BROWN-BRANDL, T. M., CASSADY, J. P., & ROHRER, G. A. Genome-wide association of changes in swine feeding behaviour due to heat stress. *Genetics Selection Evolution*, v.50, n.1, p.1-12, 2018.

CROSS, A. J., BROWN-BRANDL, T. M., KEEL, B. N., CASSADY, J. P., & ROHRER, G. A. Feeding behavior of grow-finish swine and the impacts of heat stress. *Translational Animal Science*, 2020, 4.2: txaa023.

DALTRO, D. D. S., FISCHER, V., ALFONZO, E. P. M., DALCIN, V. C., STUMPF, M. T., KOLLING, G. J., SILVA, M. V. G. B. & MCMANUS, C. Infrared thermography as

a method for evaluating the heat tolerance in dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 46, p. 374-383, 2017.

DAWKINS, M. S. Animal welfare and efficient farming: is conflict inevitable?. *Animal Production Science*, v.57, n.2, p.201-208, 2016.

DIAS, C. P., SILVA, C. A. D., & MANTECA, X. Efeitos do alojamento no bem-estar de suínos em fase de crescimento e terminação. *Ciência Animal*, v.25, n.1, p.76-92, 2015.

FARRAR, K. L., FIELD, A. E., NORRIS, S. L., & JACOBSEN, K. O. Comparison of rectal and infrared thermometry temperatures in anesthetized swine (*Sus scrofa*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, v.59, n.2, p.221-225, 2020.

FERREIRA, R. A.; FASSANI, E. J.; RIBEIRO, B. P. V. B.; OLIVEIRA, R. F.; CANTARELLI, V. S.; ABREU, M. L. T. Programas de luz para suínos em crescimento. *Archives of Veterinary Science*, v.20, n.3, p.65-70, 2015.

FERREIRA, R. A.; FASSANI, E. J.; ROCHA, L. F.; OLIVEIRA, R. F.; RIBEIRO, B. P. V. B.; ABREU, M. L. T.; CANTARELLI, V. S. Desempenho e comportamento de suínos em fase de terminação submetidos a diferentes programas de luz. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.17, n.2, p.272-279, 2016.

FOPPA, L. ; PIEROZAN, C. R. ; CALDAS, E. D. ; MICHELON, A. . Enriquecimento ambiental em suinocultura. In: Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (Org.). *Suinocultura: uma saúde e um bem-estar*. 1ed. Brasília: ABCS, 2020, v.1, p.227-245.

FRASER, D., FRASER, A. F., & RITCHIE, J. S. D. The term “stress” in a veterinary context. *British Veterinary Journal*, v.131, n.6, p.653-662, 1975.

GALAN, E., LLONCH, P., VILLAGRÁ, A., LEVIT, H., PINTO, S., & DEL PRADO, A. A systematic review of non-productivity-related animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle. *PloS one*, v.13, n.11, p.e0206520, 2018.

GIRO, A., PEZZOPANE, J. R. M., JUNIOR, W. B., DE FARIA PEDROSO, A., LEMES, A. P., BOTTA, D., ROMANELLO, D., BARRETO, A. N & GARCIA, A. R. Behavior and body surface temperature of beef cattle in integrated crop-livestock systems with or without tree shading. *Science of the Total Environment*, v.684, p.587-596, 2019.

GODDE, C. M., MASON-D'CROZ, D., MAYBERRY, D. E., THORNTON, P. K., & HERRERO, M. Impacts of climate change on the livestock food supply chain; a review of the evidence. *Global food security*, v.28, p.100488, 2021.

GODYŃ, D., HERBUT, P., ANGRECKA, S., & CORRÊA VIEIRA, F. M. Use of Different Cooling Methods in Pig Facilities to Alleviate the Effects of Heat Stress—A Review. *Animals*, v.10, n.9, p.1459, 2020.

GUTIERREZ-GOMEZ, G., PAEZ-ARDILA, H., MELO, Á. J., & GOUVEIA, A. Observar e quantificar: como fazer um etograma. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, v.11, n.1, p.96-101, 2021.

HAKANSSON, F., & BOLHUIS, J. E. Tail-biting behaviour pre-weaning: Association between other pig-directed and general behaviour in piglets. *Applied Animal Behaviour Science*, v.241, p.105385, 2021.

HÄRDLE W.K., SIMAR L. Multidimensional scaling. In: *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2015. p.455-472.

HEMSWORTH, P. H. Key determinants of pig welfare: implications of animal management and housing design on livestock welfare. *Animal Production Science*, v.58, n.8, p.1375-1386, 2018.

HONGYU, K., SANDANIELO, V. L. M., & DE OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. *E&S Engineering and science*, v.5, n.1, p.83-90, 2016

HONGYU, K. Comparação do GGE biplot-ponderado e AMMI-ponderado com outros modelos de interação genótipo x ambiente. 2015. PhD Thesis. Universidade de São Paulo.

HOTHERSAL, B., WHISTANCE, L., ZEDLACHER, Z., ALGERS, B., ANDERSSON, E., BRACKE, M., COURBOULAY, V., FERRARI, P., LEEB, C., MULLAN, S., NOWICKI, J., MEUNIER-SALAUN, M.C., SCHWARS, T., STADIG, L. & MAIN, D. Standardising the assessment of environmental enrichment and tail-docking legal requirements for finishing pigs in Europe. *Animal Welfare Journal*, v.25, n.4, p.499-509, 2016.

JOHNSON, J. S., STEWART, K. R., SAFRANSKI, T. J., ROSS, J. W., & BAUMGARD, L. H. In utero heat stress alters postnatal phenotypes in swine. *Theriogenology*, v.154, p.110-119, 2020.

JOLLIFFE, I. T. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, v.21, n.2, p.160-173, 1972.

JOLLIFFE, I. T. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, v.22, n.1, p.21-31, 1973.

KAISER, HENRY F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 1958, 23.3: 187-200.

KIEFER, C.; MOURA, M. S.; SILVA, E. A.; SANTOS, A. P.; SILVA, C. M.; DA LUZ, M. F. & NANTES, C. L. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, n.2, p.496-504, 2010.

KIM, B., KIM, H. R., KIM, K. H., JI, S. Y., KIM, M., LEE, Y., LEE, S.D. & JEONG, J. Y. Effects of acute heat stress on salivary metabolites in growing pigs: an analysis using nuclear magnetic resonance-based metabolomics profiling. *Journal of Animal Science and Technology*, v.63, n.2, p.319, 2021.

KOVÁCS, L., KÉZÉR, F. L., RUFF, F., SZENCI, O., & JURKOVICH, V. Association between human and animal thermal comfort indices and physiological heat stress indicators in dairy calves. *Environmental research*, v.166, p.108-111, 2018.

LARSEN, M. L. V., JENSEN, M. B., & PEDERSEN, L. J. Increasing the number of wooden beams from two to four increases the exploratory behaviour of finisher pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, v.216, p.6-14, 2019.

LI, H., RONG, L., & ZHANG, G. Guoqiang. Numerical study on the convective heat transfer of fattening pig in groups in a mechanical ventilated pig house. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.149, p.90-100, 2018.

LI, H., RONG, L., & ZHANG, G. Guoqiang. Study on convective heat transfer from pig models by CFD in a virtual wind tunnel. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.123, p.203-210, 2016.

LI, W., LIU, Z., WANG, C., & LI, B. Impact of unit width of swine bed and social hierarchy on behavior of pregnant sows. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, v.33, n.22, p.248-254, 2017.

LIU, D., OCZAK, M., MASCHAT, K., BAUMGARTNER, J., PLETZER, B., HE, D., & NORTON, T. A computer vision-based method for spatial-temporal action recognition of tail-biting behaviour in group-housed pigs. *Biosystems Engineering*, v.195, p.27-41, 2020.

MAIA, K. P., SILVA, G. A. D., & LIBÂNIO, M. Aplicação de análise multivariada no estudo da frequência de amostragem e do número de estações de monitoramento de qualidade da água. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v.24, p.1013-1025, 2019.

MANSO, HELENA EMÍLIA CAVALCANTI DA COSTA ET AL. Avaliação comportamental e fisiológica de suínos criados ao ar livre em clima quente. 2015.

MASELYNE, J., SAEYS, W., & VAN NUFFEL, A. " Review: Quantifying animal feeding behaviour with a focus on pigs": Erratum. 2015.

MASSARI, J. M., CURI, T. M. D. C., MOURA, D. J., MEDEIROS, B. B., & SALGADO, D. Características comportamentais de suínos em crescimento e terminação em sistema "Wean to finish". *Engenharia Agrícola*, v.35, p.646-656, 2015.

MASSARI, J. M. ET AL. Diferentes padrões de divisões de sexos para alojamento de suínos criados em sistema" wean to finish". 2014.

MARTÍNEZ-MACIPE, M., MAINAU, E., MANTECA, X., & DALMAU, A. Environmental and management factors affecting the time budgets of free-ranging Iberian pigs reared in Spain. *Animals*, v.10, n.5, p.798, 2020.

MATTHEWS, S. G., MILLER, A. L., CLAPP, J., PLÖTZ, T., & KYRIAZAKIS, I. Early detection of health and welfare compromises through automated detection of behavioural changes in pigs. *The Veterinary Journal*, v.217, p.43-51, 2016.

MCDONNELL, S. M. Revisiting clinical stallion sexual behavior: applying ethology in the breeding shed. *Journal of Equine Veterinary Science*, 2016, 43: S18-S22.

MCKENNA, L., SHARIFI, A. R., & GERKEN, M. Behavioural and cardiac responses towards different novel objects in juvenile female and male pigs (*Sus scrofa*). *Applied Animal Behaviour Science*, v.215, p.13-20, 2019.

MESAREC, N., SKOK, J., ŠKORJANC, D., & POVŠE, M. P. Group dynamics in a spontaneously established group of newly weaned piglets. *Applied Animal Behaviour Science*, v.238, p.105317, 2021.

MOREIRA, V. E., VERONEZE, R., TEIXEIRA, A. D. R., CAMPOS, L. D., LINO, L. F. L., SANTOS, G. A., SILVA, B. A. N. & CAMPOS, P. H. R. F. Effects of Ambient Temperature on the Performance and Thermoregulatory Responses of Commercial and Crossbred (Brazilian Piau Purebred Sires× Commercial Dams) Growing-Finishing Pigs. *Animals*, v.11, n.11, p.3303, 2021.

MÓS, J. V.N, NASCIMENTO, S. T., MURATA, L. S., DOS SANTOS, V. M., NETO, A. J. S., DE OLIVEIRA, E. M., LISBOA, A. S. & SILVA, L.F. Thermal comfort of sows in free-range system in Brazilian Savanna. *Journal of thermal biology*, v.88, p.102489, 2020.

NASIRAHMADI, A., HENSEL, O., EDWARDS, S. A., & STURM, B. A new approach for categorizing pig lying behaviour based on a Delaunay triangulation method. *Animal*, v.11, n.1, p.131-139, 2017.

NASIRAHMADI, A., STURM, B., OLSSON, A. C., JEPPSSON, K. H., MÜLLER, S., EDWARDS, S., & HENSEL, O. Automatic scoring of lateral and sternal lying posture in grouped pigs using image processing and Support Vector Machine. *Computers and electronics in agriculture*, v.156, p.475-481, 2019

OCEPEK, M., GOOLD, C. M., BUSANČIĆ, M., & AARNINK, A. J. Maize silage as enrichment material improves the welfare of growing-finishing pigs in environmentally-friendly pens. *Applied Animal Behaviour Science*, p.105043, 2020.

OIE (WORLD ORGANIZATION FOR ANIMAL HEALTH). The OIE Terrestrial Animal Health Code. Chapter 7.13. Animal Welfare and Pig Production Systems. 2018. Disponível em http://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_aw_pigs.htm. Acesso em 11 de janeiro de 2020.

OLIVEIRA, A. C. D. F., VANELLI, K., SOTOMAIOR, C. S., WEBER, S. H., & COSTA, L. B. Impacts on performance of growing-finishing pigs under heat stress conditions: a meta-analysis. *Veterinary research communications*, v.43, n.1, p.37-43, 2019.

OLIVEIRA, R. F. Estresse por calor em suínos machos castrados. Lavras: UFLA. Dissertação (mestrado acadêmico)—Universidade Federal de Lavras, 2016.

OLIVEIRA, R. F. D., FERREIRA, R. A., ABREU, L. H., YANAGI, T., & LOURENÇONI, D. Estimation of respiratory frequency and rectal temperature on pigs in heat stress by fuzzy logic1. *Engenharia Agrícola*, v.38, p.457-470, 2018.

PATHAK, P. K., ROYCHOUDHURY, R., SAHARIA, J., BORAH, M. C., DUTTA, D. J., BHUYAN, R., & KALITA, D. Impact of seasonal thermal stress on physiological and blood biochemical parameters in pigs under different dietary energy levels. *Tropical animal health and production*, v.50, n.5, p.1025-1032, 2018.

PEREIRA, T. L., TITTO, E. A. L., CONTE, S., DEVILLERS, N., SOMMAVILLA, R., DIESEL, T., COSTA, F. A. D., GUAY, F. FRIENDSHIP, R., CROWE, T. & FAUCITANO, L. Application of a ventilation fan-misting bank on pigs kept in a stationary trailer before unloading: Effects on trailer microclimate, and pig behaviour and physiological response. *Livestock Science*, v.216, p.67-74, 2018.

POIRIER, C., & BATESON, M. Pacing stereotypies in laboratory rhesus macaques: Implications for animal welfare and the validity of neuroscientific findings. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v.83, p.508-515, 2017.

RAMIREZ, B. C., HOFF, S. J., & HARMON, J. D. Thermal environment sensor array: Part 2 applying the data to assess grow-finish pig housing. *Biosystems Engineering*, v.174, p.341-351, 2018.

RIBEIRO, B. P. V. B., LANFERDINI, E., PALENCIA, J. Y. P., LEMES, M. A. G., DE ABREU, M. L. T., DE SOUZA CANTARELLI, V., & FERREIRA, R. A. Heat negatively affects lactating swine: A meta-analysis. *Journal of thermal biology*, v.74, p.325-330, 2018.

ROBBINS, L. A., GREEN-MILLER, A. R., JOHNSON, J. S., & GASKILL, B. N. Early life thermal stress: impacts on future temperature preference in weaned pigs (3 to 15 kg). *Journal of animal science*, v.98, n.12, p. skaa327, 2020.

RONG, L., PEDERSEN, P., JENSEN, T. L., MORSING, S., & ZHANG, G. Dynamic performance of an evaporative cooling pad investigated in a wind tunnel for application in hot and arid climate. *Biosystems Engineering*, v.156, p.173-182, 2017.

ROSTAGNO, H. S. ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e 2017 exigências nutricionais / Editor: Horacio Santiago Rostagno 4. Ed. – Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 2017 p. 451 -488.

SANTOS, T. C., CARVALHO, C. D., DA SILVA, G. C., DINIZ, T. A., SOARES, T. E., MOREIRA, S. D. J. M., & CECON, P. R. Influence of the thermal environment on the behavior and performance of pigs. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.17, n.2, p.241-253, 2018.

SEIBERT, J. T., ABUAJAMIEH, M., SANZ FERNANDEZ, M. V., JOHNSON, J. S., KVIDERA, S. K., HORST, E. A., MAYORGA, E. J., LEI, E., PATIENCE, J. F., ROSS, J. W., RHOADS, R. R., JHONSON, R. C., LONERGAN, S. M., PERFIELD, J. W. & BAUMGARD, L. H. Effects of heat stress and insulin sensitizers on pig adipose tissue. *Journal of animal science*, v.96, n.2, p.510-520, 2018.

SOERENSEN, D. D., & PEDERSEN, L. J. Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: a review. *Acta veterinaria scandinavica*, v.57, n.1, p.1-11, 2015.

SILVA, I. C., BREMM, B., TEIXEIRA, J. L., COSTA, N. S., BARCELLOS, J. O., BRACCINI, J., CESCONE TO, R. J. & MCMANUS, C. Spatialization of Brazilian pig production: relationship between productive, physical, environmental, and socio-economic variables. *Tropical animal health and production*, v.49, n.5, p.951-958, 2017.

SILVA, I. J. O.; LIMA, G.; DELAGRACIA, M. *Ambiência na Produção de Suínos.. Suinocultura: uma saúde e um bem-estar*. 1ed. Brasília: MAPA e II CA, 2020, v.1, p.205-223.

SILVA, I. J. O. Climatização das instalações para bovino leiteiro. In: *Simpósio brasileiro de ambiência na produção de leite*, Piracicaba, 1998. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.114-145.

- SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; MOURA, M. S. B.; SILVA, S. M. S.; MORAIS, J. E. F.; PEREIRA, P. C.; SOUZA, C. A. A. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.50, n.7, p.515-525, 2015. 10.1590/S0100-204X2015000700001
- SOUZA, C.F., & TINÔCO, I. D. F. F. *Unidades para Produção Animal–UPAs: Planejamento e Projeto*. Editora UFV, 2021.
- TAYLOR, N.; PRESCOTT, N.; PERRY, G.; POTTER, M.; LE SUEUR, C.; WATHES, C. Preference of growing pigs for illuminance. *Applied Animal Behaviour Science*, v.96, n.1, p.19-31, 2006.
- THORNTON, P., NELSON, G., MAYBERRY, D., & HERRERO, M. Increases in extreme heat stress in domesticated livestock species during the twenty-first century. *Global Change Biology*, v.27, n.22, p.5762-5772, 2021.
- TONG, X., SHEN, C., CHEN, R., GAO, S., LIU, X., SCHINCKEL, A. P., & ZHOU, B. Reestablishment of social hierarchies in weaned pigs after mixing. *Animals*, v.10, n.1, p.36, 2020.
- VAN STAAVEREN, N., DOYLE, B., MANZANILLA, E. G., CALDERÓN DÍAZ, J. A., HANLON, A., & BOYLE, L. A. Validation of carcass lesions as indicators for on-farm health and welfare of pigs. *Journal of Animal Science*, v.95, n.4, p.1528-1536, 2017.
- VERBEEK, E., KEELING, L., LANDBERG, R., LINDBERG, J. E., & DICKSVED, J. The gut microbiota and microbial metabolites are associated with tail biting in pigs. *Scientific reports*, v.11, n.1, p.1-14, 2021.
- VON BORELL, E. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. *Applied Animal Behaviour Science*, v.44, n.2-4, p.219-227, 1995.
- YANG, QIUMEI; XIAO, DEQIN; LIN, SICONG. Feeding behavior recognition for group-housed pigs with the Faster R-CNN. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.155, p.453-460, 2018.
- YANG, Q., & XIAO, D. A review of video-based pig behavior recognition. *Applied Animal Behaviour Science*, p.105146, 2020.

WARD JR, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American statistical association*, v.58, n.301, p.236-244, 1963.

YU, T. Y., YONG, Y. H., LI, J. Y., FANG, B., HU, C. Y., WU, L. Y., LIU, X., YU, Z., MA, X., PATIL Y., GOONERATNE, R. & JU, X. H. Proteomic study of hypothalamus in pigs exposed to heat stress. *BMC veterinary research*, v.16, n.1, p.1-11, 2020.

CAPÍTULO I

INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO COMPORTAMENTO INGESTIVO DE SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO EM AMBIENTE CLIMATIZADO

RESUMO

A produção suinícola no Nordeste brasileiro enfrenta desafios impostos pelo clima da região, associado à sensibilidade térmica que os suínos apresentam na fase de crescimento, podendo ser identificada pela expressão comportamental dos animais. Objetivou-se com esta pesquisa realizar o monitoramento por imagens e inferir análise exploratória de fatores abióticos, respostas fisiológicas e indicadores comportamentais de suínos na fase de crescimento, submetidos a programas de iluminação suplementar em ambientes climatizados. O banco de dados utilizado neste estudo foi proveniente de experimento realizado no Biotério de Experimentação com Suínos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (BES-UAST/UFRPE), localizado no Sertão do estado de Pernambuco, Brasil. Foram utilizados 27 suínos (machos e fêmeas) em fase de crescimento, de linhagem comercial 3/4 Duroc e 1/4 Pietrain, cobertas por macho Duroc (Puro de Origem). O experimento foi realizado de agosto a setembro de 2018, totalizando 36 dias. Os animais foram submetidos a baias sem climatização (BS), baias com ventilação forçada (BV) e baias equipadas com sistema de resfriamento adiabático evaporativo (BR), associado a diferentes programas de suplementação de luz: 12 h de luz natural (L12), L12 + 4 h de luz artificial (L16) e L12 + 8 h de luz artificial (L18). Foram registradas as variáveis meteorológicas no interior de cada baia, no ambiente externo às instalações, as respostas fisiológicas e comportamentais dos animais. O comportamento dos animais foi avaliado por meio de imagens (640 × 480 pixels) obtidas uma vez por semana, no decorrer de 24 horas, durante todo o período experimental. As imagens foram analisadas em intervalo de 10 min. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×3, distribuídos aleatoriamente em nove baias, com três repetições. A análise comportamental foi realizada pela determinação da frequência de eventos em cada comportamento, por meio da probabilidade de ocorrência pelo teste Qui-Quadrado (X^2). A análise de dados empregada foi a multivariada, pelo método de agrupamento (diagrama de árvore) e da análise de componentes principais (ACP), a fim de estabelecer as principais variáveis preditoras dos comportamentos

ingestivos dos suínos, para determinação de modelos de regressão linear múltipla. A variância acumulada para PC1 e PC2 foi superior a 69,70% para todos os tratamentos e os autovetores foram superiores a 2,68 atendendo ao critério de Kaiser. Por meio da análise de componentes principais foi estabelecida a influência das variáveis em relação ao comportamento ingestivo dos animais e consequentemente estabelecido os modelos de regressão. Cada tratamento apresentou um modelo de regressão diferente, portanto, os fatores de variação apresentam influência no comportamento ingestivo dos animais, assim como a análise exploratória de dados permitiu estabelecer a influência dos fatores bióticos e abióticos com o comportamento ingestivo dos animais.

Palavras-chave: análise multivariada, climatização, crescimento, iluminação suplementar.

EXPLORATORY INFERENCE OF THE INGESTIVE BEHAVIOR OF PIGS IN THE GROWTH PHASE IN A CLIMATIZED ENVIRONMENT

ABSTRACT

Pig production in the Brazilian Northeast faces challenges imposed by the climate of the region, associated with the thermal sensitivity that pigs present in the growth phase, which can be identified by the behavioral expression of the animals. The objective of this research was to carry out image monitoring and infer an exploratory analysis of abiotic factors, physiological responses and behavioral indicators of swine in the growth phase, submitted to supplementary lighting programs in acclimatized environments. The database used in this study came from an experiment carried out at the Experimental Animal Facility with Swine of the Serra Talhada Academic Unit (BES-UAST/UFRPE), located in the Sertão of the state of Pernambuco, Brazil. Twenty-seven swine (males and females) in the growing phase, of commercial lineage 3/4 Duroc and 1/4 Pietrain, mated by male Duroc (Pure of Origin) were used. The experiment was carried out from August to September 2018, totaling 36 days. The animals were submitted to pens without air conditioning (BS), pens with forced ventilation (BV) and pens equipped with an adiabatic evaporative cooling system (BR), associated with different light supplementation programs: 12 h of natural light (L12), L12 + 4 h of artificial light (L16) and L12 + 8 h of artificial light (L18). The meteorological variables inside each pen, in the external environment to the facilities, the physiological and behavioral responses of the animals were recorded. The behavior of the animals was evaluated through images (640 × 480 pixels) obtained once a week, during 24 hours, throughout the experimental period. The images were analyzed at 10 min intervals. The experimental design used was completely randomized, in a 3×3 factorial scheme, randomly distributed in nine pens, with three replications. Behavioral analysis was performed by determining the frequency of events in each behavior, through the probability of occurrence using the Chi-Square test (X^2). The data analysis used was multivariate, using the grouping method (tree diagram) and principal component analysis (PCA), in order to establish the main predictors of the ingestive behavior of swine, for the determination of multiple linear regression models. . The accumulated variance for PC1 and PC2 was greater than 69.70% for all treatments and the eigenvectors were greater than 2.68 according to the Kaiser criterion. Through the analysis of principal components, the influence of the variables in relation to the

ingestive behavior of the animals was established and, consequently, regression models were established. Each treatment presented a different regression model, so the variation factors influence the ingestive behavior of the animals, as well as the exploratory data analysis allows establishing the influence of biotic and abiotic factors with the ingestive behavior of the animals.

Keywords: multivariate analysis, climate control, growth, supplementary lighting.

INTRODUÇÃO

A produtividade na suinocultura vem crescendo ao longo do tempo, em virtude dos avanços nas áreas de nutrição, genética e manejo. Atualmente, o setor apresenta três grandes desafios, a segurança alimentar, o bem-estar animal e as questões ambientais. Sendo assim, existe uma preocupação significativa em relação a influência do ambiente térmico na produção de suínos em virtude da sua sensibilidade a temperaturas elevadas (Oliveira et al., 2019).

No Brasil, país essencialmente tropical, a atenção é voltada para o acondicionamento dos animais. Cada sistema de criação demanda um projeto específico de climatização e ambiência, pois, o projeto precisa se adequar as diferentes regiões do país, considerando a variabilidade espacial (regional), os microclimas, sazonalidade das diferentes estações do ano, além do nível tecnológico do produtor (Silva et al., 2020). O estresse por calor pode afetar negativamente a produção e a saúde animal (Li et al., 2018).

A procura por ferramentas que viabilizem melhora na produtividade é fator primordial para a competitividade do mercado suinícola, informações a respeito de sistemas de resfriamento com eficácia comprovada para a suinocultura, além de viabilizar a análise aprofundada dos efeitos do estresse térmico na fisiologia desses animais, permitem a identificação de expressões comportamentais e ampliam o entendimento do animal como um biossensor (Silva et al., 2020).

Em contato com elevadas temperaturas, os suínos, acionam as respostas fisiológicas para otimizar a dissipação de energia para o ambiente. A frequência respiratória é a principal via de dissipação de calor por parte dos suínos, segundo Galan et al., (2018) a frequência respiratória e a temperatura retal são as melhores variáveis para avaliar a tolerância dos animais a clima quente, enquanto Mós et al. (2020) destaca a

temperatura superficial como uma das variáveis que pode sofrer alterações quando o animal está sob estresse térmico.

Animais expostos ao ambiente quente apresentaram temperatura média retal acima da faixa de temperaturas da zona de conforto térmico (Oliveira et al., 2018), animais submetidos ao estresse, segundo Santos et al. (2018), utilizam o comportamento para expressar seu desconforto. Quando submetidos a ambientes com altas temperaturas os suínos reduzem seu consumo de alimento, logo as visitas ao comedouros são reduzidas e isso reduz o tempo total de ingestão diária de alimento (Cross et al., 2020).

O emprego de sistemas de climatização para atenuar o impacto dos elementos meteorológicos, pode minimizar o efeito negativo do estresse térmico, proporcionar bem-estar animal e, conseqüentemente, incrementar o desempenho produtivo dos suínos (Li et al., 2018). Os efeitos do estresse térmico diário sofrido pelos animais, vão além da necessidade da adequação do microclima no interior das instalações de produção, entre elas, está o uso da iluminação suplementar (Almeida et al., 2017).

Essa alternativa tem como princípio ampliar o período de luz diária, ou seja, possibilita que o animal altere seu comportamento alimentar em função da disponibilidade luminosa em horários com temperaturas mais amenas (Ferreira et al., 2016). No período noturno, as condições micrometeorológicas no interior das instalações facilitam a dissipação de energia proveniente do alimento, minimizando os efeitos negativos do estresse térmico e calórico (Roma Júnior et al., 2011).

Nesse contexto, a análise multivariada é um método estatístico que permite analisar as variáveis de forma conjunta, identificando qual ou quais variáveis têm influência sobre um determinado fenômeno que se deseja estudar (Macciotta et al., 2012). Dentre os métodos de análise multivariada, destaca-se a análise de componentes principais (ACP).

A ACP descreve os dados contidos num quadro variáveis/indivíduos, considerado um método fatorial, pois, a redução do número de variáveis se dá pela construção de novas variáveis, obtidas pela combinação linear das variáveis iniciais, por meio dos fatores (Kaiser, 1958). A aplicação da técnica para análise de dados provenientes da agropecuária, vem sendo utilizada com ênfase na obtenção de resultados que não são comumente encontrados na estatística clássica (Alessio et al., 2016).

Batista et al. (2019) por meio da análise de componentes principais, explicaram o efeito térmico na mudança comportamental e fisiológica de novilhas girolando. Os autores conseguiram determinar o grau de pertinência entre os sinais fisiológicos e padrões comportamentais associado ao ambiente térmico.

A meta da análise de componentes principais é abordar aspectos como a geração, a seleção e a interpretação das componentes investigadas, no qual, pretende-se determinar as variáveis de maior influência na formação de cada componente.

A partir do exposto, é de suma importância a realização de estudos no contexto da ambiência animal associada à minuciosa análise comportamental no confinamento de suínos, durante a fase de crescimento, evidenciando a necessidade de reduzir as respostas negativas provocadas pelos elementos meteorológicos na região semiárida do estado de Pernambuco, ao passo que se possa obter uma melhora significativa e eficiente nos níveis de produção.

Nesse sentido, esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de aplicar a análise exploratória e modelagem associada aos fatores abióticos, respostas fisiológicas e indicadores comportamentais de suínos na fase de crescimento, submetidos a programas de iluminação suplementar em ambientes climatizados, no semiárido do estado de Pernambuco, Brasil.

METODOLOGIA

Obtenção do banco de dados

Os dados foram provenientes de pesquisa realizada no Biotério de Experimentação com Suínos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (BES-UAST) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no município de Serra Talhada, estado de Pernambuco, Brasil (07,98°S; 38,28°W e altitude de 444 m) (Figura 1).

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região foi caracterizado como BShw' semiárido, quente e seco, com as chuvas ocorrendo entre os meses de dezembro a maio. As médias anuais de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar é de 642,1 mm; 24,8°C e 62,5%, respectivamente (Silva et al., 2015).

A pesquisa foi aprovada pela CEUA/UFRPE (Comissão de Ética no Uso de Animais) licença n. 136/2016 (Lei 11794/2008). O experimento foi realizado de agosto a

setembro de 2018, totalizando 36 dias de registro de dados. Os animais foram submetidos aos seguintes fatores de variação: baias sem climatização (BS), baias com ventilação forçada (BV) e baias com sistema de resfriamento adiabático evaporativo (BR), associado a diferentes programas de suplementação de luz: 12 h de luz natural (L12), 12 h de luz natural + 4 h de luz artificial (L16) e 12 h de luz natural + 8 h de luz artificial (L18).

A climatização foi acionada diariamente nos horários das 8h00 às 18h00; e os programas de iluminação das 18h00 às 22h00 (L16) e das 23h00 às 5h00 (L18), acionados por meio de *timers* analógicos. O sistema de iluminação suplementar foi composto por lâmpadas fluorescentes compactas, suave cálida de 15 W, instaladas no centro geométrico das baias, a 1,83 m do piso e com iluminância de 40 Lx.

A ventilação forçada foi realizada por meio de ventiladores axiais com vazão de $1200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ a 1.780 rpm e diâmetro da hélice de 11'', que fornecia o fluxo de ar a uma velocidade média de $3,4 \text{ m s}^{-1}$.

Para o sistema de resfriamento adiabático evaporativo foram utilizados climatizadores evaporativos, em que a formação da névoa ocorria pelo efeito centrífugo de um disco central com vazão média de 7 L h^{-1} . Motores independentes com rotação da hélice de 1.750 rpm e do disco central de 3.450 rpm, com velocidade média do fluxo de $2,5 \text{ m s}^{-1}$.

Foram utilizados 27 suínos (3/4 Duroc, 1/4 Pietrain) na fase de crescimento, com peso médio inicial de $30 \pm 0,12 \text{ kg}$ e final de $65 \pm 0,12 \text{ kg}$, após o desmame os animais passaram para a fase de creche, permaneceram até os 63 dias de idade. A partir desse momento entraram na fase experimental, onde foram transferidos para o galpão experimental.

O galpão experimental de alvenaria, composto por 30 baias, com corredor central coberto com telhas de fibrocimento de 6 mm. As baias eram cobertas com telhas cerâmicas em uma água, com 15° de inclinação e piso concretado. Cada baia apresentava $6,0 \text{ m}^2$ de área, pé direito de 2,2 m e muretas de contenção de 1,1 m, equipadas com um comedouro semiautomático e um bebedouro tipo chupeta. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em nove baias, sendo três animais (machos e fêmeas) por baia ($2 \text{ m}^2 \text{ animal}^{-1}$).

As variáveis meteorológicas, temperatura do bulbo seco (Tbs; C°), umidade relativa do ar (UR; %) e temperatura de globo negro (Tg; C°), foram registradas a cada hora, no interior do galpão e no ambiente externo, por meio de *dataloggers* modelo HOBO U12-12 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA), instalados no centro geométrico de cada baía, a 1,0 m do piso e, no ambiente externo, no interior de um abrigo meteorológico a 1,5 m do solo.

Para avaliação das respostas fisiológicas, de todos os animais em seus respectivos tratamentos, foram registradas a frequência respiratória (FR; mov min^{-1}), a temperatura retal (TR; °C) e a temperatura de superfície (TS; °C). Os registros foram realizados nos horários das 08h00, 12h00, 16h00, 20h00, 00h00, 4h00, uma vez por semana, durante todo o período experimental.

Os registros da temperatura da superfície da pele dos animais foram obtidos por meio de imagens térmicas coletadas por um termovisor, modelo Flir E60.

A análise das imagens foi realizada utilizando o programa computacional FLIR QuickReport®, no qual foram inseridos os valores da emissividade (0,98) (Daltro et al., 2017), da temperatura e umidade relativa do ar obtidas no instante do registro da imagem e a distância padrão entre o animal e a câmera (1,5 m).

O manejo nutricional dos animais seguiu o conceito de proteína ideal, por fase de desenvolvimento, atendendo às exigências nutricionais descritas por Rostagno et al. (2017). A ração foi fornecida à vontade, onde os comedouros foram reabastecidos duas vezes ao dia (manhã e tarde). Água para os animais também foi fornecida à vontade durante todas as fases de criação, onde foi mantida a vazão e com vazão adequada (acima de $3,0 \text{ L min}^{-1}$) nos bebedouros.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3×3 com três fatores de variação relacionados a climatização (sem climatização, ventilação forçada e resfriamento adiabático evaporativo) e três programas de iluminação (12 horas e luz natural, 12 horas de luz natural + 4 horas de luz artificial e 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial). em que os 27 animais utilizados foram distribuídos aleatoriamente nas nove baias, sendo considerados três repetições por tratamento.

Monitoramento comportamental

O comportamento dos animais foi registrado por microcâmeras coloridas CCD (Charge Coupled Device), com lente de 3,6 mm e imagens de 640×480 pixels, instaladas no interior das baias. Os registros foram feitos uma vez por semana, no decorrer de 24 horas, durante toda fase de criação, descartando-se apenas a primeira semana de análise, visto que os animais estavam em período de adaptação aos ambientes, conforme sugerido por Kiefer et al. (2010). As imagens foram analisadas ao longo das 24 horas, sendo considerado um intervalo de 10 minutos a cada hora.

As variáveis comportamentais foram qualificadas por meio de um etograma (Tabela 1) baseado em pesquisas realizadas por Amaral et al. (2021) e Barnabé et al. (2020b). A frequência e a porcentagem do tempo despendido em cada comportamento e sua probabilidade de ocorrência foi quantificada pelo teste Qui-quadrado (X^2).

Tabela 1. Etograma comportamental para suínos durante a fase de crescimento.

Comportamento	Descrição
Inatividade	
Inativo	Animal totalmente deitado (ventral e/ou lateralmente) com os olhos fechados e sem nenhuma atividade oral.
Inativo (alerta)	Parado em pé, deitado ou sentado com os olhos abertos.
Postura	
Deitar na posição ventral	Apoiar a barriga sobre o piso com todas as pernas debaixo do corpo.
Deitar na posição lateral	Deitar de lado com todas as pernas estiradas horizontalmente.
Em pé	Corpo apoiado nas quatro pernas (não caminhando).
Sentar	Apoiar sobre os membros dianteiros e sentar sobre os membros traseiros.
Ajoelhar	Membros dianteiros dobrados e traseiros estirados na vertical.
Atividade	
Comer	Consumir alimento fornecido.
Cheirar	Cheirar o piso realizando movimentos circulares.
Beber	Manipular o bebedouro verificando-se consumo de água.
Fuçar	Fuçar o solo, explorar o ambiente.
Estereotipia	
Movimentar a língua	Aerofagia e mostrar a língua repetitivamente.
Lamber	Lambendo o piso, a língua toca o piso.
Abrir e fechar a boca	Abrir e fechar a boca mantendo a mandíbula estirada durante alguns segundos.
Beber	Acesso ao bebedouro e/ou chupeta obsessivamente.
Esticar o pescoço	Esticar o pescoço e observar o ambiente a sua volta.
Fuçar	Fuçar cocho de alimentação e/ou piso repetidas vezes, sem que exista alimento.
Interação Social	
Lambiscar	Pequenos movimentos de mastigação, enquanto toca outro animal com a boca.
Cheirar	Cheirar outro animal, movimentos circulares fuçando ao longo do animal.
Lamber	Lamber outro animal, a língua toca o animal.
Interação agressiva	
Empurrar	Bater ou empurrar outro animal com a cabeça, mordendo ou não.
Morder	Morder em uma parte do corpo de outro animal.
Brigar	Empurrar-se mutuamente com a cabeça, em paralelo ou na perpendicular, mordendo ou não, em rápidas sucessões.

Perseguir	Mover-se rapidamente em perseguição a outro animal.
Ameaçar	Contato intimidador, cabeça com cabeça, com refugio de um dos animais.

Descrição das técnicas estatísticas utilizadas

A análise de dados consistiu em um conjunto de técnicas que possibilitou correlacionar duas ou mais variáveis, resolver problemas relacionados a estrutura de covariância do vetor aleatório, resumida na matriz de covariância ou de correlação. Análises através do método de agrupamento pelo método de árvore de decisão e análise de componentes principais; e por fim, o ajuste de modelos de regressão linear múltipla para determinação das variáveis resposta, acesso dos suínos ao comedouros e bebedouros em seus respectivos tratamentos (Härdle e Simar L. 2015).

A fim de determinar a similaridade entre as variáveis (meteorológicas, fisiológicas e comportamentais) e entre os fatores de variação do experimento (climatização e iluminação artificial) foi aplicada a técnica de análise de agrupamento via dendograma, a partir do método de Média e com base na distância Euclidiana (Ward, 1963). As similaridades foram atribuídas as variáveis por meio do cálculo da distância Euclidiana (d_{ij}) entre dois objetos (i e j), em que, quanto menor for a sua distância maior será a similaridade quantitativa entre os indivíduos (Ward, 1963), conforme descrito na Eq. (1).

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (1)$$

em que,

d_{ij} - distância Euclidiana;

x_{ik} e x_{jk} - dados do ambiente e respostas dos animais nas baias de criação para cada fator de variação i e j , respectivamente.

O empregado da análise de componentes principais (ACP) permitiu agrupar a maior quantidade da informação contida nas variáveis originais (meteorológicas, índices de conforto, fisiológicas e comportamentais), transformando-as em duas ou mais variáveis latentes ortogonais, denominadas componentes principais (CP1, CP2, CP3, ... , CP_n), que são combinações lineares das variáveis originais criadas com os maiores autovalores da matriz de covariância dos dados. Para isso, foi utilizada a matriz de

covariância dos dados, em que foram extraídos os autovalores que originam os autovetores (Componentes Principais; CPs) (Kaiser, 1958).

Essa análise foi realizada para identificar as principais variáveis que explicassem a maior parte da influência associada aos fatores de climatização e iluminação artificial. Foi empregado o critério de Kaiser, considerando os autovalores acima de 1, que geram componentes com quantidade relevante de informação contida nos dados originais, fazendo o descarte das componentes que apresentarem autovalor inferior a 1 (Kaiser, 1958).

A ACP abordou três etapas primordiais: geração, seleção e a interpretação das componentes estudadas. Todavia, após a definição do número de componentes principais ideais foi efetuada a análise da contribuição de cada variável nos componentes principais mais significativos (Jolliffe, 1972; Jolliffe, 1973). A geração da matriz de componentes principais (MCP).

Determinou-se modelos de regressão linear múltipla fundamentado nos resultados provenientes da ACP. Tais modelos foram baseados nas variáveis de maior correlação com as Componentes Principais (CPs), admitindo a maior representatividade do conjunto de dados.

Com a identificação das variáveis (meteorológicas, fisiológicas e comportamentais) e suas correlações com o comportamento ingestivos dos suínos em seus respectivos tratamentos, associados aos fatores de variação (climatização e iluminação artificial) foi equacionada a frequência de acesso ao comedouros e ao bebedouros. Para o desenvolvimento dessas funções foi utilizado o método estatístico de regressão linear múltipla, que utilizou o acesso ao comedouros e bebedouros como variáveis resposta e as variáveis meteorológicas, fisiológicas e comportamentais como variáveis preditoras. O modelo de regressão adotado baseou-se na representação matemática expresso pela Eq. (2).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \varepsilon \quad (2)$$

em que,

Y - Variável resposta (acesso ao comedouros e/ou bebedouros);

x₁, x₂, x₃ e x₄ - variáveis preditoras (variáveis meteorológicas, índices de conforto, fisiológicas e comportamentais);

ε - erro experimental;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ e β_4 - coeficientes de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de componentes principais (Tabela 2) apresenta os parâmetros das componentes principais das variáveis ambientais, fisiológicas e comportamentais dos suínos na fase de crescimento para todos os tratamentos. Os autovalores apresentaram valores que variaram de 2,68 até 11,903, sendo o menor valor referente ao tratamento BV-L16 e o maior valor para o tratamento BV-L12, ou seja, os autovalores obedeceram ao critério de Kaiser (1958), sendo maior que 1.

A variância acumulada foi superior a 69,70%, tratamento BR-L12, e a máxima observada foi de 86% no tratamento BV-L18, ou seja, enquanto a proporção indica quanto de informação está contida em cada componente principal (PC1 e PC2) a variância acumulada indica quanto de informação pode ser explicada por meio dessas duas componentes em conjunto.

Tabela 2. Componentes principais das variáveis ambientais, fisiológicas e parâmetros comportamentais.

Fase de crescimento						
Variável	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
Tratamento	BS-L12		BS-L16		BS-L18	
Autovalor	8,957	4,566	8,761	4,499	8,858	3,425
Proporção	0,527	0,269	0,548	0,281	0,554	0,214
Acumulado	0,527	0,795	0,548	0,829	0,554	0,768
Tratamento	BV-L12		BV-L16		BV-L18	
Autovalor	11,903	3,990	6,765	2,860	10,57	3,187
Proporção	0,595	0,200	0,520	0,220	0,661	0,199
Acumulado	0,595	0,795	0,520	0,740	0,661	0,860
Tratamento	BR-L12		BR-L16		BR-L18	
Autovalor	6,947	4,715	7,901	4,809	8,862	4,665
Proporção	0,434	0,295	0,465	0,283	0,521	0,274
Acumulado	0,434	0,729	0,465	0,748	0,521	0,796

PC1 – Componente principal 1, PC2 – Componente principal 2, BS-L12 – Baías sem climatização com 12 horas de luz natural, BS-L16 – Baías sem climatização com 12 horas de luz natural + 4 horas de luz artificial, BS-L18 – Baías sem climatização com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial, BV-L12 – Baías com ventilação e 12 horas de luz natural, BV-L16 – Baías com ventilação e 12 horas de luz natural + 4 horas de luz artificial, BV-L18 – Baías com ventilação e 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial, BR-L12 – Baías com resfriamento adiabático evaporativo e 12 horas de luz natural, BR-L16 – Baías com resfriamento adiabático evaporativo e 12 horas de luz natural + 4 horas de luz artificial, BR-L18 – Baías com resfriamento adiabático evaporativo e 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial.

Os resultados evidenciam que pelo menos 69,70% das informações podem ser explicadas pelas duas primeiras componentes principais do sistema (PC1 e PC2), corroborando com os resultados encontrados por Massari et al. (2015) que utilizaram do mesmo método para avaliar a relação entre o conforto térmico e o padrão comportamental de suínos nas fases de crescimento e terminação. Já Batista et al. (2019) ao utilizar análises de componentes principais para avaliar o efeito térmico na mudança comportamental e fisiológica de novilhas girolando, observaram variância acumulada de 65% para a relação entre as variáveis meteorológicas e comportamentais e 85% para a relação entre as variáveis meteorológicas com as fisiológicas.

Os tratamentos que não receberam climatização (Figura 1A, 1C e 1E) apresentaram padrões similares de agrupamento dos dados. O PC1 foi o que melhor explicou a relação inversamente proporcional entre a temperatura do ar e a umidade relativa do ar, além de agrupar uma série de variáveis que se relacionam positivamente com essas variáveis.

A análise conjunta dos dados permitiu a aplicação da técnica de análise de agrupamentos hierárquicos (HCA) com elementos padronizados e empregando-se distâncias euclidianas, ligações completas e níveis de similaridade, gerou o dendograma (Figura 1B, 1D e 1F), que corrobora o que foi observado nas duas componentes principais (Figura 1A, 1C e 1E), ou seja, a formação de grupos de variáveis relacionadas com a temperatura e a umidade relativa do ar.

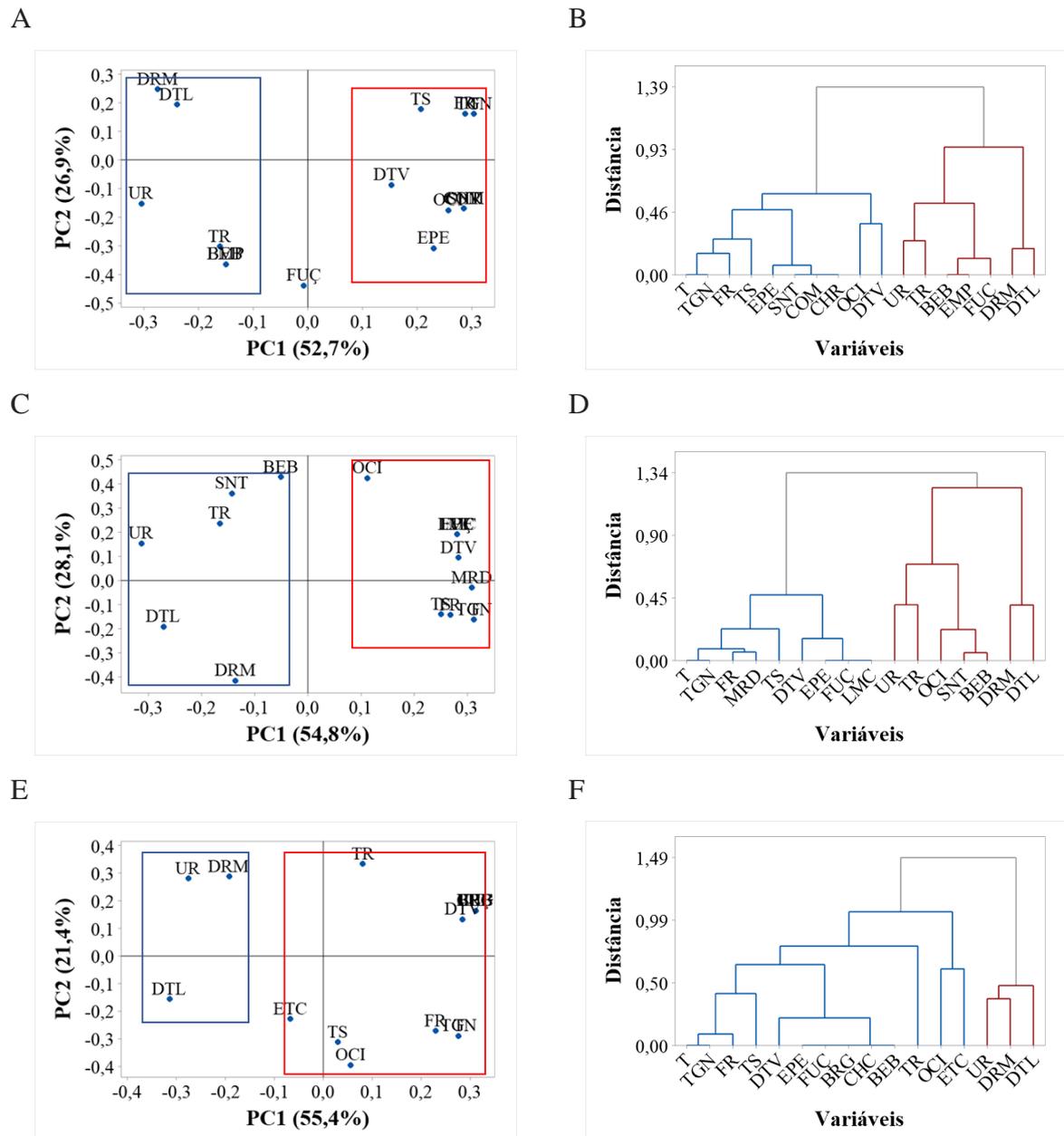


Figura 1. Análise de componentes principais (PCA) e Análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para os tratamentos sem sistema de climatização, 12 horas de luz natural (A e B), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (E e D) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (E e F).

T - Temperatura do ar, TGN – Temperatura de globo negro, UR – Umidade relativa do ar, FR – Frequência respiratória, TS – Temperatura superficial, TR – Temperatura retal, DTV – Deitado ventral, EPE – Em pé, FUÇ – Fuçar, BRG – Brigar, CHC – Cheirar companheiro, ETC – Esticar pescoço, DRM – Dormindo, DTL – Deitado lateral, MRD – Morder, SNT – Sentado, LMC – Lamber companheiro, EMP – Empurrar, COM – Comer, OCI – Ócio, BEB – Beber.

A temperatura do ar está fortemente relacionada com a frequência respiratória, ou seja, quanto maior a temperatura maior será a frequência respiratória. Isso se deve a necessidade do animal dissipar calor para o ambiente, por apresentar limitações no mecanismo de sudorese, esses animais fazem uso da respiração para dissipar energia na forma de calor latente para o ambiente (Chakraborty, 2016).

A temperatura retal se relacionou negativamente com a temperatura do ar para os tratamentos com 12 e 16 horas de iluminação (Figura 1A e 1C, respectivamente), entretanto, a relação entre a temperatura do ar, a frequência respiratória e a temperatura retal foi positiva no tratamento L18 (18 horas de luz). Pathak et al. (2018) trabalhando com suínos no Norte da Índia, observaram que no verão, período mais quente na região, os parâmetros climáticos estiveram fora da zona de conforto térmico para os animais, ocasionando alterações em suas respostas fisiológicas, sendo maiores no período mais quente do dia.

Quando submetidos a temperaturas fora da zona de conforto, os suínos podem apresentar alterações em suas respostas fisiológicas (Pathak et al. 2018) e comportamentais, consequentemente evidencia-se perdas produtivas (Corss et al., 2018). O acionamento da dissipação de energia por evaporação, por meio das vias respiratórias, auxilia na preservação da temperatura retal (Chakraborty, 2016).

O incremento do período de luz diária ocasionou variação sutil no agrupamento das variáveis de estudo, para o tratamento BS-L12 (Figura 1A) a relação entre a temperatura do ar e o comportamento deitado na posição ventral foi menor que nos tratamentos BS-L16 (Figura 1C) e BS-L18 (Figura 1E). Segundo Ocepek et al. (2020) suínos na fase de crescimento passam mais tempo deitados. Esse comportamento amplia a superfície de contato do animal com o ambiente favorecendo a troca de calor com o meio e consequentemente melhora o ganho de peso.

Os dendogramas confirmam a variação nos agrupamentos das variáveis, assim como evidencia a variação que ocorreu com o aumento do tempo de luz diária, levando em consideração que o fator de climatização foi o mesmo para a Figura 1. Segundo Ferreira et al. (2015) estudos que avaliam a relação entre o fornecimento de iluminação suplementar e o bem-estar de suínos são poucos e contraditórios.

A análise de componentes principais referente aos horários de coleta de dados encontra-se na Figura 2. Os horários de coleta podem ser agrupados em relação a PC1

(Figura 2), evidenciando relação inversamente proporcional entre os horários de temperatura mais amena e os que são considerados críticos para os animais, ou seja, H3 e H4 que representam 12h00 e 16h00, respectivamente.

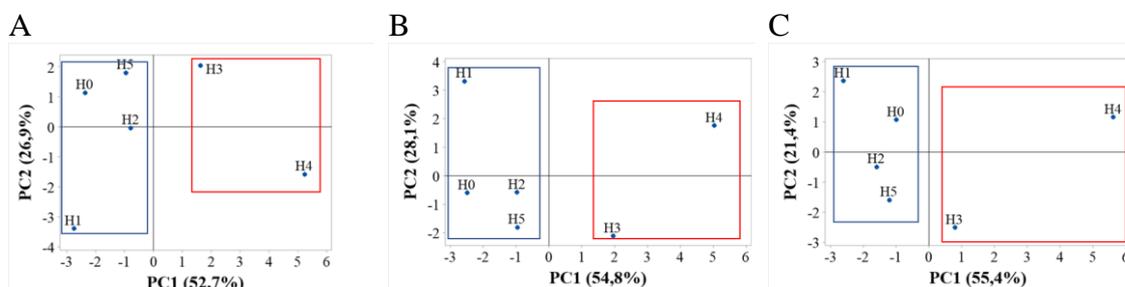


Figura 2. Análise de componentes principais para os horários observação referente aos tratamentos sem climatização, 12 horas de luz natural (A), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (B) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (C). H0 – 00h00, H1 – 04h00, H2–08h00, H3 –12h00, H4 –16h00, H5 - 20h00.

O grupo com temperaturas consideradas críticas está de acordo com Santos et al. (2018) que observaram na região semiárida de Minas Gerais a temperatura do ar ultrapassando o limite crítico para suínos a partir das 9h30 do período da manhã e apresentando redução após as 16h00.

A PC1 foi a componente que melhor explicou a relação inversamente proporcional entre a temperatura e a umidade relativa do ar para os tratamentos com ventilação forçada (Figura 3A, 3C e 3E) e conseqüentemente, o agrupamento das variáveis resultou em dois grupos, sendo um deles formado pelas variáveis que se associaram positivamente com a temperatura do ar e outro com variáveis que se relacionaram positivamente com a umidade relativa do ar. A temperatura do ar tem maior efeito direto nas reações dos suínos do que a umidade relativa do ar (Cecchin et al., 2020)

Os dendrogramas resultantes da análise de agrupamentos hierárquicos (Figura 3B, 3D e 3F) corroboram as observações realizadas na análise de componentes principais. A alteração no padrão comportamental ficou mais evidente por meio do dendrograma.

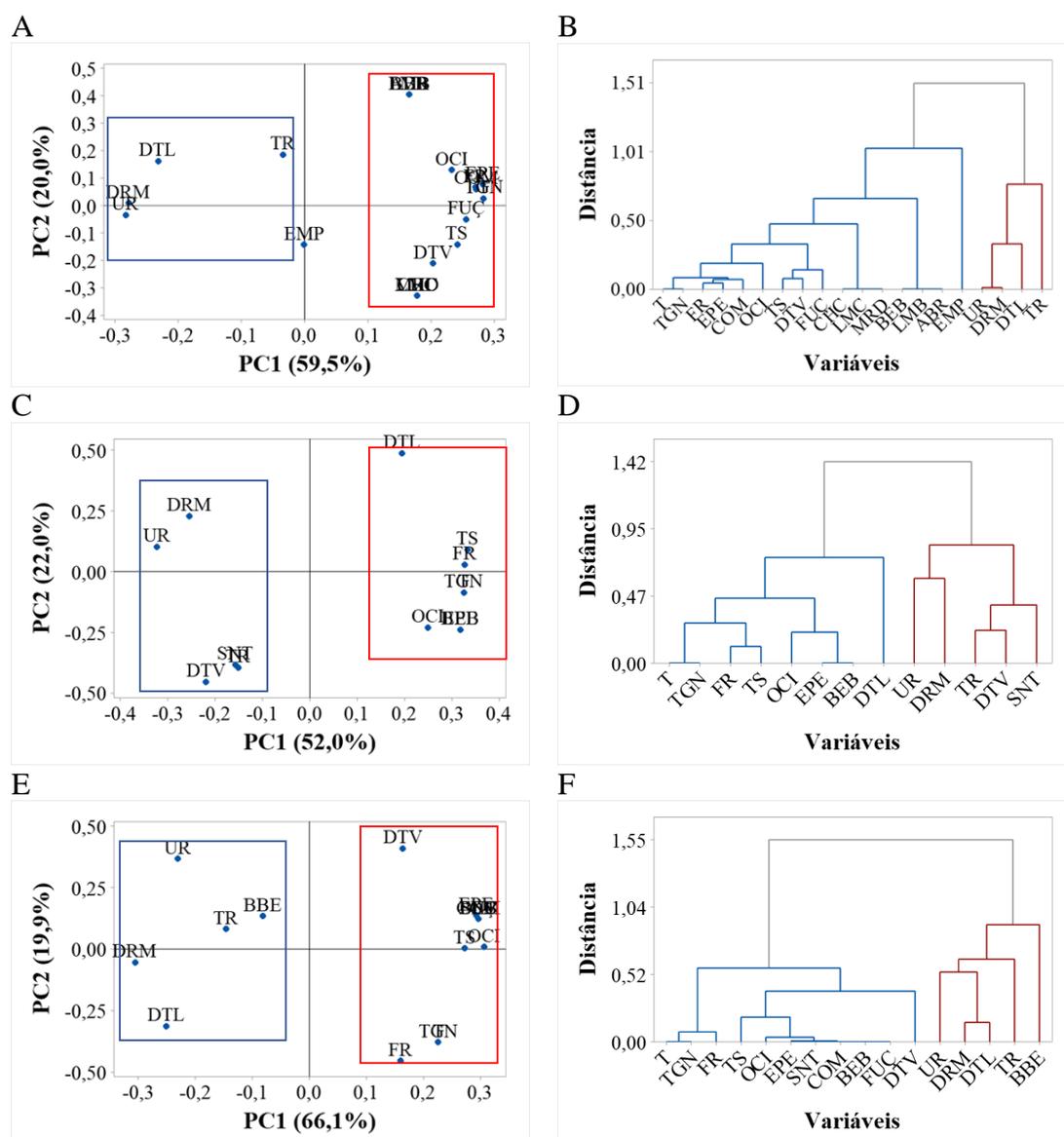


Figura 3. Análise de componentes principais (PCA) e Análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para os tratamentos com ventilação forçada, 12 horas de luz natural (A e B), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (E e D) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (E e F).

T - Temperatura do ar, TGN – Temperatura de globo negro, UR – Umidade relativa do ar, FR – Frequência respiratória, TS – Temperatura superficial, TR – Temperatura retal, DTV – Deitado ventral, EPE – Em pé, FUÇ – Fuçar, CHC – Cheirar companheiro, DRM – Dormindo, DTL – Deitado lateral, MRD – Morder, SNT – Sentado, LMC – Lamber companheiro, EMP – Empurrar, COM – Comer, ABR – Abrir a boca, BBE – Beber estereotipado, BEB – Beber, OCI – Ócio.

Entre as variáveis fisiológicas a temperatura retal foi a única agrupada com a umidade relativa do ar, ou seja, apresentou relação inversamente proporcional com a temperatura do ar que se relacionou fortemente com as demais respostas fisiológicas.

Suínos são animais homeotérmicos, ou seja, necessitam manter a temperatura corporal constante por meio de diversos recursos fisiológicos (Santos et al., 2018).

A relação positiva entre a umidade relativa do ar e a temperatura retal, sugere que o ambiente forneceu condições microclimáticas para a manutenção da homeotermia dos animais. Segundo Bin-jumah et al. (2020) a frequência respiratória é a primeira resposta fisiológica acionada quando a temperatura do ar aumenta, portanto o presente trabalho corrobora aos achados desses autores. Além do mais a temperatura retal sofre alteração em decorrência da ineficiência dos mecanismos termorregulatórios.

O comportamento deitado na posição ventral se relacionou positivamente com a temperatura do ar para os tratamentos BV-L12 (Figura 3A) e BV-L18 (Figura 3E), porém, o tratamento com tempo de luz diária de 16 horas (Figura 3C) teve associação inversa entre a temperatura do ar. Sob temperaturas elevadas os suínos tendem a deitar com os membros esticados, a fim de manter-se afastados dos companheiros de alojamento para que possam transferir o máximo de calor possível para o ambiente (Nasirahmadi et al., 2019).

A iluminação suplementar ocasionou alterações nos comportamentos expressos em cada um dos tratamentos com ventilação forçada, sendo maior o repertório comportamental no tratamento sem iluminação artificial (Figura 3A), as interações sociais foram mais expressivas nas baias sem iluminação suplementar, como cheirar, lambar, empurrar e morder, além de apresentar aerofagia, ou seja, abrir a boca e simular os movimentos de mastigação.

Segundo Mesarek et al. (2021) comportamentos agnósticos leves não podem ser descartados na avaliação da hierarquia social de suínos misturados após o desmame. Entretanto o padrão comportamental encontrado no presente trabalho não mostrou relação com comportamentos relacionados a hierarquia social, esses comportamentos se devem a um ambiente com baixo enriquecimento ambiental.

Conforme observado por Foppa et al. (2020), o fornecimento de substrato no ambiente de confinamento é eficaz para entreter o suíno e assim evita que o animal direcione comportamentos a outro animal ou alguma estrutura do ambiente. Isso explica a presença de comportamentos direcionados a companheiros de alojamento no presente estudo que não contou com o fornecimento de substrato para os animais, entretanto Foppa et al. (2020) destacam que o enriquecimento ambiental não é a solução geral para esse

problema, é preciso levar em consideração todos os fatores que se relacionam com o animal e o ambiente.

O tratamento BV-L16 (Figura 3C), apresentou o menor repertório comportamental para entre os tratamentos com ventilação forçada, em contrapartida esse tratamento não apresentou interações sociais entre os animais. Em ambiente de produção intensiva algumas interações sociais podem ser maléficas aos animais devido à ausência de enriquecimento nos alojamentos. O tratamento BV-L12 (Figura 3A) por sua vez apresentou maior repertório comportamental, entretanto comportamentos direcionado aos companheiros de cela foram observados.

Os resultados demonstram alteração no padrão comportamental dos animais submetidos a iluminação suplementar, entretanto, os resultados são conflitantes com a literatura, enquanto o presente estudo encontrou repertório comportamental mais ativo no tratamento sem iluminação suplementar, Amaral et al. (2012) observaram que suínos na fase de terminação submetidos a iluminação suplementar foram mais ativos durante a noite. Já Ferreira et al. (2015) observaram que não há relação entre a iluminação suplementar e o comportamento de suínos na fase de crescimento.

Apesar de apresentar um dos maiores repertórios comportamentais o tratamento BV-L12 (Figura 3A) apresenta interações agressivas como morder e empurrar o companheiro de alojamento. A mordida em companheiros de alojamento pode ser um indicador de estresse e ou de condições ambientais que não oferecem estímulos, ou seja, que não apresentam enriquecimento ambiental, para que os animais expressem seu comportamento natural.

O presente trabalho forneceu alimento para os animais e não houve presença de material para que os animais explorassem o ambiente, segundo Boumans et al. (2018) observaram a competição por recursos influencia no comportamento social dos animais, entre os fatores está o tipo da alimentação disponível para os animais, já Poirier et al. (2020) observaram os fatores que levam os animais a morder os companheiros de alojamento. Portanto os animais do presente estudo direcionaram comportamento aos companheiros de cela em virtude do tédio experimentado pelos animais no alojamento.

A análise de componentes principais referente aos horários de coleta de dados encontra-se na Figura 4. Os horários de coleta podem ser agrupados em relação a PC1 evidenciando relação inversamente proporcional entre os horários de temperatura mais

amena e os que são considerados críticos para os animais, ou seja, H3 e H4 que representam 12h00 e 16h00, respectivamente.

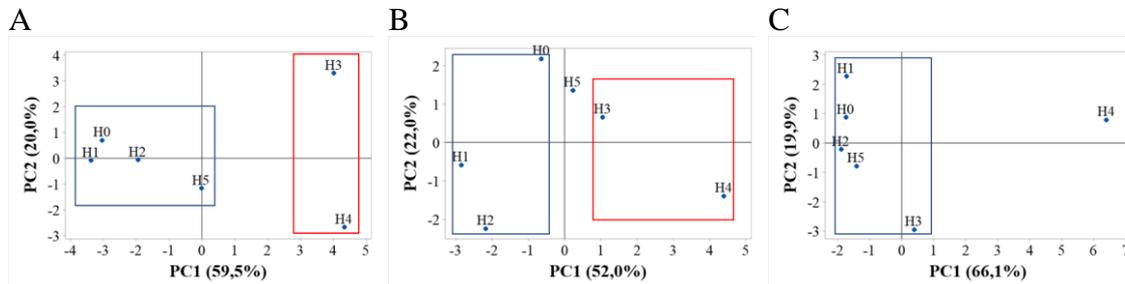


Figura 4. Análise de componentes principais para os horários observação referente aos tratamentos com ventilação forçada, 12 horas de luz natural (A), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (B) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (C). H0 – 00h00, H1 – 04h00, H2–08h00, H3 –12h00, H4 –16h00, H5 - 20h00.

O padrão de agrupamento referente aos horários de observação para os tratamentos com ventilação forçada e sem climatização (Figura 2 e Figura 4, respectivamente) apresentam padrão similar, entretanto o tratamento BV-L18 (Figura 4C) se destaca por apresentar agrupamento diferente, nesse caso o horário das 16h00 não se agrupou com os outros horários. De acordo com Santos et al. (2018) esse horário apresenta maiores temperaturas do ar.

Nos tratamentos com resfriamento adiabático evaporativo a PC1 foi a componente que melhor explicou a relação inversa entre a temperatura do ar e a umidade relativa do ar (Figura 5A, 5C e 5E), agrupando as variáveis em dois grupos conforme observado nos tratamentos anteriores. A análise de agrupamentos hierárquicos dos tratamentos com resfriamento (Figura 5B, 5D e 5F) corroboram as observações feitas por meio da ACP, ou seja, a formação de dois grupos, um formado por variáveis que se relacionam positivamente com a temperatura do ar e outro com as variáveis que se relacionam positivamente com a umidade relativa do ar.

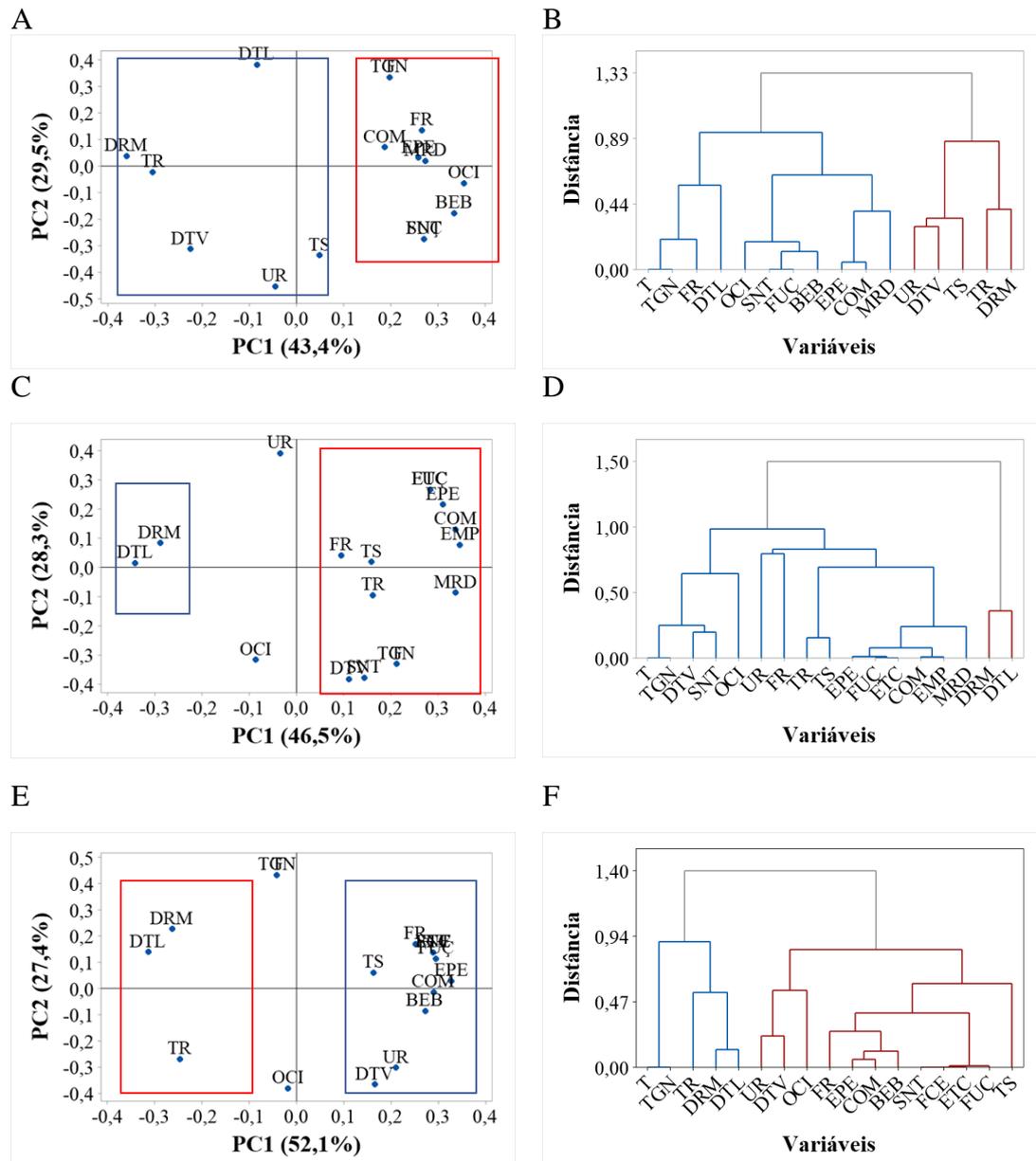


Figura 5. Análise de componentes principais (PCA) e Análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para os tratamentos com resfriamento adiabático evaporativo, 12 horas de luz natural (A e B), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (E e D) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (E e F).

T - Temperatura do ar, TGN – Temperatura de globo negro, UR – Umidade relativa do ar, FR – Frequência respiratória, TS – Temperatura superficial, TR – Temperatura retal, DTV – Deitado ventral, EPE – Em pé, FUÇ – Fuçar, DRM – Dormindo, DTL – Deitado lateral, MRD – Morder, SNT – Sentado, LMC – Lamber companheiro, EMP – Empurrar, COM – Comer, FCE – Fuçar estereotipado, ETC – Esticar o pescoço, BEB – Beber, OCI - Ócio.

A temperatura retal ficou próxima ao eixo de PC2 nos tratamentos BR-L12 (Figura 5A) e BR-L16 (Figura 5C), no segundo tratamento pode-se observar que as demais variáveis fisiológicas apresentaram proximidade com o eixo de PC1, ou seja, sofrem influência semelhante da temperatura do ar e da umidade relativa do ar em relação a PC2. Já o tratamento BR-L18 (Figura 5E), existe relação positiva entre a umidade relativa do ar, a frequência respiratória e a temperatura superficial, enquanto a temperatura retal se relacionou negativamente com essas variáveis.

Moreira et al. (2021) observaram que as variáveis fisiológicas são fortemente influenciadas pela temperatura do ar, ou seja, quando submetidos a temperaturas elevadas os animais apresentam resultados elevados para frequência respiratória e temperatura superficial, já a temperatura retal por sua vez, apresenta aumento quando a frequência respiratória se torna ineficaz na termorregulação do animal.

O tratamento com resfriamento adiabático evaporativo associado a 18 horas de luz (Figura 5E) foi mais bem explicado por meio da PC1, por sua vez essa análise demonstrou que a maior parte dos comportamentos expresso pelos animais se relacionaram positivamente com a umidade relativa do ar. O sistema adiabático evaporativo se mostrou bastante eficiente para a região semiárida, conforme observado no presente estudo já no estudo realizado por Barnabé et al. (2020a), foi observado que o ganho de peso e a conversão alimentar dos animais foi afetado positivamente por esse sistema de climatização. O comportamento comer se relacionou inversamente com a temperatura do ar, logo, o aumento na temperatura reduz a ingestão de alimento.

Cross et al. (2018) observaram que o aumento na temperatura do ar ocasionou alterações no padrão alimentar de suínos, onde a redução observada na ingestão de ração está associada a genética do animal. Animais menos adaptados ao clima tiveram redução maior na ingestão de ração. No presente trabalho os animais apresentam mesma linhagem, ou seja, as alterações no padrão alimentar estão relacionadas as condições microclimáticas de cada tratamento.

O dendrograma evidência a presença de comportamentos tidos como bons indicadores de bem-estar entre os suínos na fase de crescimento. Nessa fase de desenvolvimento é comum que os animais dediquem parte de seu tempo a comportamentos associados a ociosidade (Martínez-Macipe et al. 2020). A ociosidade compreende a soma dos comportamentos repouso e sono, sendo importante na

conservação de energia. Os suínos confinados apresentam maior probabilidade de passar mais tempo descansando e dormindo, quando comparado aos outros animais de criação.

O tratamento com resfriamento adiabático evaporativo associado a 6 horas de iluminação suplementar (Figura 6E) não apresentou o comportamento morder, enquanto os outros dois tratamentos BR-L16 (Figura 6C) e BR-L12(Figura 6A) apresentaram a mordida em seu repertório comportamental. Sendo esse comportamento destinado aos companheiros de baia, configurando uma interação social agressiva.

O comportamento morder pode ser um comportamento estereotipado, quando os animais apenas executam o movimento de mastigação e pode ser considerado um comportamento agressivo quando as mordidas são destinadas a seus companheiros de alojamento. Esse comportamento pode estar associado a qualidade ambiental, ou seja, um ambiente estéril de motivações faz com que os animais expressem esse comportamento (Poirier et al., 2020).

As condições de confinamento a que os animais foram submetidos, geralmente inviabiliza a expressão de seus comportamentos naturais, quando impossibilitados de expressar seu comportamento natural os suínos direcionam seu comportamento para investigar o ambiente e/ou seus companheiros de baia (Cagliari et al., 2021).

A análise de componentes principais referente aos horários de coleta de dados encontra-se na Figura 6. Os horários de coleta podem ser agrupados em relação a PC1.

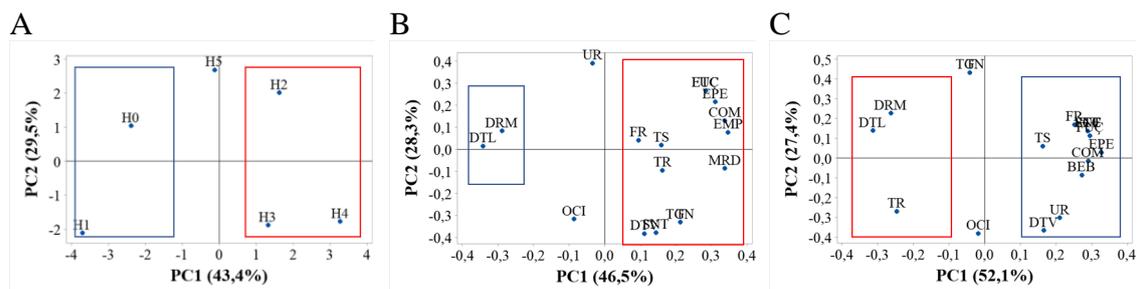


Figura 6. Análise de componentes principais para os horários observação referente aos tratamentos com resfriamento adiabático evaporativo, 12 horas de luz natural (A), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (B) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (C). H0 – 00h00, H1 – 04h00, H2–08h00, H3 –12h00, H4 –16h00, H5 - 20h00.

O BR-L12 (Figura 6A) apresentou agrupamento nos horários das 04h00, 12h00 e 16h00 corroborando com os achados de Barnabé et al. (2020a) que observaram picos na temperatura do ar entre às 9 e 18 horas, nesse intervalo de tempo a temperatura do ar ultrapassou o limite crítico para suínos e atingiu valores máximos às 14 horas (32,6°C).

Apenas o horário das 20h00 não se agrupou os demais horários no tratamento BR-L16 (Figura 5D), enquanto no tratamento BR-L18 (Figura 6C) o horário das 16h00 foi o que se destacou dos demais horários. Esses agrupamentos sugerem que o sistema de resfriamento igualou os horários mais críticos a um horário com temperaturas amenas. Rong et al. (2017) destacaram a eficiência do sistema de resfriamento evaporativo em regiões de clima quente e áridas, além de sugerir a implementação desse sistema na suinocultura.

O efeito isolado dos sistemas de climatização pode ser observado quando analisado a comparação entre os tratamentos que apresentam o mesmo tempo de luz diária como por exemplo, BS-L12 (Figuras 1A e 1B), BV-L12 (Figuras 3A e 3B) e BR-L12 (Figuras 5A e 6B).

Quando observado apenas os tratamentos que não receberam luz artificial (L12), observa-se que a ventilação forçada (Figura 3A) apresentou maior expressão comportamental, comparativamente aos tratamentos com resfriamento evaporativo (Figura 5A) e sem climatização (Figura 1A). Apesar de ter apresentado um repertório comportamental maior o tratamento com ventilação forçada também apresentou maior número de comportamentos estereotipados (ABR, CHC e LMC) além dos comportamentos interações agressivas (EMP e MRD). Já o tratamento com resfriamento adiabático evaporativo apresentou a mordida como o único comportamento agnóstico e o tratamento sem climatização não apresentou estereotípias nem interação agressiva.

Os sistemas de climatização apresentam grande importância em função do estresse térmico. O estresse térmico pode causar perdas produtivas e afetar a saúde dos animais (Li et al., 2018). Fatores estressores fazem com que os animais alterem seu comportamento natural e passe a expressar comportamentos anômalos, estereotipados ou “vícios” (Ceballos e Sant’Anna, 2018). Santos et al. (2018) associaram a ausência de enriquecimento ambiental como fator importante para a presença de comportamentos estereotipados.

Já os tratamentos com 12 horas de luz natural + 4 horas de luz artificial (L16) (Figuras 1C, 3C e 5C) apresentaram os comportamentos estereotipados esticar o pescoço (BR-L16) e lambar companheiro (BS-L16) enquanto as interações agnósticas foram empurrar (BR-L16) e morder (BR-L16 e BS-L16). Nesse contexto o tratamento com ventilação forçada (Figura 3C) não apresentou estereotipias ou comportamentos anômalos.

Nos sistemas com 12 horas de luz natural + 4 horas de luz artificial (L18) (Figura 1E, 3E e 5E) e alternando o sistema de climatização, observa-se as brigas no tratamento sem climatização (Figura 1E), além de comportamentos estereotipados como esticar o pescoço e cheirar companheiro. Esticar o pescoço também foi observado no tratamento com resfriamento evaporativo (Figura 5E) e movimento estereotipado de fuçar piso sólido. No sistema com ventilação forçada (Figura 3E) ocorreu apenas um comportamento anômalo, que foi abrir a boca sem nenhum objetivo (aerofagia).

Entre os animais de produção, os suínos se destacam por apresentar grande facilidade de aprendizado Dawkins (2017). Esses animais se mostram bastantes curiosos e detentores de alta aptidão para aprendizagem e memorização, além de apresentar um complexo e vasto repertório comportamental (Pereira et al., 2021). O confinamento em sistemas intensivos, impõe condições adversas aos animais, portanto eles mudam seu comportamento de forma geral e em especial o comportamento ingestivo que ocasiona redução em seus índices zootécnicos (Oliveira et al., 2017)

Entretanto, a análise de componentes principais mostra que os comportamentos estereotipados e/ou anômalos apresentaram forte relação com a temperatura do ar, ou seja, conforme o aumento da temperatura, maior a expressão desses comportamentos, caracterizando estresse térmico.

Barnabé et al. (2020a), trabalhando com suínos na fase de crescimento na região semiárida de Pernambuco, observaram que sistema de resfriamento adiabático evaporativo atenuou a ação dos agentes estressores e garantiu condições térmicas adequadas para os animais e garantiram a manutenção da homeotermia. Conseqüentemente, esse sistema climatização apresentou efeitos positivos sobre o ganho de peso e a conversão alimentar dos animais.

O sistema de resfriamento adiabático evaporativo é um bom modelo para ser aplicado em sistemas de produção em clima quente e árido, por ser um dos sistemas mais eficiente para o resfriamento e custo-benefício positivo (Rong et al., 2017).

De acordo com a análise de componentes principais e a análise hierárquica de cluster (Figuras 1, 3 e 5) foi possível determinar as principais variáveis preditoras e assim determinar o modelo de regressão múltipla para caracterizar os comportamentos beber “BEB” e comer “COM” (Tabela 4), ou seja, caracterizar o comportamento ingestivo dos animais.

Os coeficientes de determinação para os modelos determinados (Tabela 3) apresentam valores superiores a 0,7208, ou seja, apresentam confiabilidade para serem utilizados. O valor P da regressão para cada modelos foi inferior a 0,05 reafirmando a confiabilidade dos modelos, entretanto o tratamento BV-L12 apresentou p-valor muito acima do considerado confiável para o modelo.

Tabela 3. Modelos de determinação dos comportamentos ingestivos.

Tratamento	Equação	R ²	valor-p
BR-L12	BEB = 0,0598 - 0,002337 FR + 0,2680 OCI	0,9382	0,015
BR-L12	COM = 0,5037 - 1,0297 DRM - 0,958 OCI - 3,377 BEB	0,9934	0,010
BR-L16	COM = 0,0234 - 0,0816 DRM + 0,3616 EPE	0,9727	0,005
BR-L18	BEB = 0,0648 - 0,000500 UR - 0,0595 DTL	0,9097	0,027
BR-L18	COM = -0,049 + 0,00073 UR + 0,590 EPE	0,8942	0,034
BS-L12	BEB = -0,04410 + 0,000527 UR + 0,0799 OCI - 0,02647 DTV	0,9664	0,050
BS-L12	COM = 0,0618 - 0,000925 UR + 0,831 EPE	0,9321	0,018
BS-L16	BEB = 0,29347 + 0,000016 UR - 0,5950 DTV - 0,5884 DTL	0,9990	0,002
BS-L18	BEB = 0,102 - 0,00213 TR - 0,04158 DTL	0,8771	0,043
BV-L12	BEB = 0,1081 - 0,2408 DTV - 0,2104 DTL	0,7208	0,148
BV-L12	COM = 0,3871 - 0,814 DTV - 0,768 DTL	0,8958	0,034
BV-L16	BEB = -0,1466 + 0,00446 TS - 0,02159 DRM	0,8989	0,032
BV-L18	BEB = 0,03746 - 0,000694 FR + 0,2819 OCI	0,9930	0,001
BV-L18	COM = 0,01499 - 0,000278 FR + 0,11276 OCI	0,9930	0,001

BEB- Beber, COM – Comer, FR – Frequência respiratória, OCI – Ôcio, EPE – Em pé, DRM – Dormir, UR – Umidade relativa do ar, DTL – Deitado lateral, DTV – Deitado ventral, TR – Temperatura retal, TS – Temperatura superficial.

Para os tratamentos BR-L12, BR-L18, BS-L12 e BV-L18 foi possível determinar modelos de regressão múltipla referente ao comportamento ingestivo do animal, no entanto, para os tratamentos BR-L16 e BV-L12 só foi possível determinar modelos

relacionados ao comportamento comer, enquanto BS-L16, BS-L18 e BV-L16 só foi possível adequar modelos relacionados ao comportamento beber.

Estimar modelo de regressão para o comportamento comer nos tratamentos BV-L16, BS-L18 e BS-L16 foi impossível em virtude de a ausência do comportamento comer nos horários de observação, esse fato aconteceu também para o comportamento beber no tratamento BR-L16, inviabilizando o ajuste de um modelo de regressão tendo esse comportamento como variável resposta.

O ambiente térmico influencia diretamente no comportamento ingestivo dos animais. Suínos em conforto permanecem mais calmos e consomem mais alimento, enquanto em ambiente com elevadas temperaturas, reduzem o consumo de ração e aumentam o consumo de água (Oliveira et al., 2017).

A superlotação do alojamento favorece a competição por alimento entre os suínos na fase de crescimento. A competição por alimento altera o padrão alimentar dos suínos, ou seja, pode reduzir o número de visitas diárias ao comedouro e alteram o tempo de ingestão de alimentos por visita, influenciando negativamente o ganho de peso e a conversão alimentar (Boumans et al., 2018). O presente trabalho não possui superlotação nas baias assim como não foi observado competição entre os animais por alimento.

Santos et al. (2018), trabalhando com suínos nas fases de crescimento e terminação no semiárido de Minas Gerais observaram, por meio da análise de regressão, que o ganho de peso diário dos animais não foi linear durante o período analisado, além disso os autores observaram que condições de conforto ocasionou maior tempo de visita ao comedouro corroborando os achados de Cross et al. (2018), onde suínos sob condições de estresse térmico reduziram o comportamento ingestivo quando comparado a suínos em condições de conforto.

A análise comportamental por meio da observação de vídeos e etograma, demonstrou que os animais expressaram diversos comportamentos positivos e negativos, entre comportamentos negativos houve briga no tratamento BS-L18 e mordidas nos tratamentos BS-L16, BR-L12 e BR-L16. Esses comportamentos podem reduzir o bem-estar animal em função das lesões resultantes das interações agressivas, reduzindo sua saúde dos suínos.

Houve a expressão de comportamentos estereotipados como esticar pescoço, cheirar companheiro, lamber companheiro, brincar com o bebedor e abrir a boca sem objetivo. Esses comportamentos indicam que a qualidade ambiental pode ser melhorada por meio do enriquecimento ambiental, ou seja, fornecer materiais para que os animais se distraiam e explorem mais as baias.

CONCLUSÕES

A análise exploratória de dados, por meio da análise de componentes principais, mostrou-se eficaz na identificação das variáveis comportamentais de maior importância para caracterização do conforto térmico em suínos na fase de crescimento.

O comportamento ingestivo foi influenciado por diferentes variáveis em cada um dos tratamentos, portanto, os fatores de variação (climatização e iluminação suplementar) estabelecem relação com os comportamentos ingestivos.

Foi estabelecido a relação das variáveis que apresentam maior influência com o comportamento ingestivo e conseqüentemente estabelecer modelos de regressão para determinar o comportamento de suínos na fase de crescimento.

Os tratamentos com resfriamento adiabático evaporativo sem iluminação artificial apresentaram os melhores modelos, sendo então essa combinação uma boa alternativa para os produtores realizarem a caracterização do comportamento ingestivo dos animais e, conseqüentemente, avaliar os indicadores associados a esse comportamento, como desempenho produtivo e bem-estar animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALESSIO, D. R. M., NETO, A. T., VELHO, J. P., PEREIRA, I. B., MIQUELLUTI, D. J., KNOB, D. A., & DA SILVA, C. G. Multivariate analysis of lactose content in milk of Holstein and Jersey cows. *Semina: Ciências Agrárias*, v.37, n.4, p.2641-2652, 2016.

ALMEIDA, G. L. P. D., PANDORFI, H., BAPTISTA, F., GUISELINI, C., FERREIRA, M. D. A., & CRUZ, V. F. Concentrate intake and performance of dairy calves subjected to programs of supplementary lighting. *Ciência Rural*, v.47, 2017.

AMARAL, P. I., CAMPOS, A. T., ESTEVES, R. D. C., ESTEVES, G. F., YANAGI, T., & LEITE, M. E. Behavioral responses of pigs finished in deep bedding and conventional bed systems. *Engenharia Agrícola*, v.41, p.25-33, 2021.

AMARAL, P. I. S. Programa de luz para suínos em terminação. Diamantina. UFVJM, 31p, 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

BARNABÉ, J., PANDORFI, H., GOMES, N. F., DE AMEIDA, G. L., & GUISELINI, C. Performance and welfare of finishing pigs subjected to climatecontrolled environments and supplementary lighting. *Engenharia Agrícola*, v.40, p.294-302, 2020.

BATISTA, P. H., DE ALMEIDA, G. L., PANDORFI, H., DE MELO, A. A., MORAES, A. S., & GUISELINI, C. Multivariate analysis of the behavior and physiology of Girolando heifers in pasture. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.4, p.303-308, 2019.

BIN-JUMAH, M., ABD EL-HACK, M. E., ABDELNOUR, S. A., HENDY, Y. A., GHANEM, H. A., ALSAFY, S. A., KHAFAGA, A.F., NORELDIN, A. E., SHAHEEN, G., SAMAK, D., MOMENAH, M. A., ALLAMI, A. A., ALKAHTANE, A. A., ALKAHTANI, S., ABDEL-DAIMJ, M. M. & ALEYA, L. Potential use of chromium to combat thermal stress in animals: A review. *Science of the Total Environment*, v.707, p.135996, 2020.

BOUMANS, I. J., DE BOER, I. J., HOFSTEDDE, G. J., & BOKKERS, E. A. How social factors and behavioural strategies affect feeding and social interaction patterns in pigs. *Physiology & behavior*, v.194, p.23-40, 2018.

Cagliari, T.P., Fraga, B.N., Oelke, C.A., Garcia, G.G., Oliveira, V., Ceron, M.S. Avaliação do ambiente em pesquisas sobre o comportamento dos suínos em crescimento e terminação: uma revisão sistemática. In: Carlos Alexandre Oelke; Giovanna Faria de Moraes; Rosemary Laís Galati. (Org.). *Zootecnia: pesquisa e práticas contemporâneas - Volume 1*. 1ed. Guarujá: Editora Científica Digital, 2021, v.1, p.208-227.

CEBALLOS, M. C., & SANT'ANNA, A. C. Evolução da ciência do bem-estar animal: Aspectos conceituais e metodológicos. *Rev. Acad. Ciênc. Anim*, v.16, p.1-24, 2018.

CECCHIN, D., CAMPOS, A. T., AMARAL, P. I. S., SOUSA, F. A., FERRAZ, P. F. P., HÜTHER, C. M., PEREIRA, C. R. & DA CRUZ, V. M. F. Behavior of swine hosted in

facilities with different construction typologies. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v.7, n.1, p.6-10, 2020.

CHAKRABORTY, A. Biomolecular expression on melatonin and vitamin E supplementation during summer and winter in pig. 2016. Tese de Doutorado. Assam Agricultural University, Khanapara, Guwahati.

CROSS, A. J., KEEL, B. N., BROWN-BRANDL, T. M., CASSADY, J. P., & ROHRER, G. A. Genome-wide association of changes in swine feeding behaviour due to heat stress. *Genetics Selection Evolution*, v.50, n.1, p.1-12, 2018.

CROSS, A. J., BROWN-BRANDL, T. M., KEEL, B. N., CASSADY, J. P., & ROHRER, G. A. Feeding behavior of grow-finish swine and the impacts of heat stress. *Translational Animal Science*, 2020, 4.2: txaa023.

DALTRO, D. D. S., FISCHER, V., ALFONZO, E. P. M., DALCIN, V. C., STUMPF, M. T., KOLLING, G. J., SILVA, M. V. G. B. & MCMANUS, C. Infrared thermography as a method for evaluating the heat tolerance in dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 46, p. 374-383, 2017.

DAWKINS, M. S. Animal welfare and efficient farming: is conflict inevitable?. *Animal Production Science*, v.57, n.2, p.201-208, 2016.

FERREIRA, R. A.; FASSANI, E. J.; RIBEIRO, B. P. V. B.; OLIVEIRA, R. F.; CANTARELLI, V. S.; ABREU, M. L. T. Programas de luz para suínos em crescimento. *Archives of Veterinary Science*, v.20, n.3, p.65-70, 2015.

FERREIRA, R. A.; FASSANI, E. J.; ROCHA, L. F.; OLIVEIRA, R. F.; RIBEIRO, B. P. V. B.; ABREU, M. L. T.; CANTARELLI, V. S. Desempenho e comportamento de suínos em fase de terminação submetidos a diferentes programas de luz. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.17, n.2, p.272-279, 2016.

GALAN, E., LLONCH, P., VILLAGRÁ, A., LEVIT, H., PINTO, S., & DEL PRADO, A. A systematic review of non-productivity-related animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle. *PloS one*, v.13, n.11, p.e0206520, 2018.

HÄRDLE W.K., SIMAR L. Multidimensional scaling. In: *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2015. p.455-472.

JOLLIFFE, I. T. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, v.21, n.2, p.160-173, 1972.

JOLLIFFE, I. T. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, v.22, n.1, p.21-31, 1973.

KAISER, HENRY F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 1958, 23.3: 187-200.

KIEFER, C.; MOURA, M. S.; SILVA, E. A.; SANTOS, A. P.; SILVA, C. M.; DA LUZ, M. F. & NANTES, C. L. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, n.2, p.496-504, 2010.

LI, H., RONG, L., & ZHANG, G. Guoqiang. Numerical study on the convective heat transfer of fattening pig in groups in a mechanical ventilated pig house. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.149, p.90-100, 2018.

LI, W., LIU, Z., WANG, C., & LI, B. Impact of unit width of swine bed and social hierarchy on behavior of pregnant sows. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, v.33, n.22, p.248-254, 2017.

MACCIOTTA, N. P. P., CECCHINATO, A., MELE, M., & BITTANTE, G. Use of multivariate factor analysis to define new indicator variables for milk composition and coagulation properties in Brown Swiss cows. *Journal of Dairy Science*, v.95, n.12, p.7346-7354, 2012.

MARTÍNEZ-MACIPE, M., MAINAU, E., MANTECA, X., & DALMAU, A. Environmental and management factors affecting the time budgets of free-ranging Iberian pigs reared in Spain. *Animals*, v.10, n.5, p.798, 2020.

MASSARI, J. M., CURI, T. M. D. C., MOURA, D. J., MEDEIROS, B. B., & SALGADO, D. Características comportamentais de suínos em crescimento e terminação em sistema “Wean to finish”. *Engenharia Agrícola*, v.35, p.646-656, 2015.

MOREIRA, V. E., VERONEZE, R., TEIXEIRA, A. D. R., CAMPOS, L. D., LINO, L. F. L., SANTOS, G. A., SILVA, B. A. N. & CAMPOS, P. H. R. F. Effects of Ambient

Temperature on the Performance and Thermoregulatory Responses of Commercial and Crossbred (Brazilian Piau Purebred Sires× Commercial Dams) Growing-Finishing Pigs. *Animals*, v.11, n.11, p.3303, 2021.

MÓS, J. V.N, NASCIMENTO, S. T., MURATA, L. S., DOS SANTOS, V. M., NETO, A. J. S., DE OLIVEIRA, E. M., LISBOA, A. S. & SILVA, L.F. Thermal comfort of sows in free-range system in Brazilian Savanna. *Journal of thermal biology*, v.88, p.102489, 2020.

NASIRAHMADI, A., STURM, B., OLSSON, A. C., JEPPSSON, K. H., MÜLLER, S., EDWARDS, S., & HENSEL, O. Automatic scoring of lateral and sternal lying posture in grouped pigs using image processing and Support Vector Machine. *Computers and electronics in agriculture*, v.156, p.475-481, 2019

OCEPEK, M., NEWBERRY, R. C., & ANDERSEN, I. L. Trade-offs between litter size and offspring fitness in domestic pigs subjected to different genetic selection pressures. *Applied Animal Behaviour Science*, v.193, p.7-14, 2017.

OLIVEIRA, A. C. D. F., VANELLI, K., SOTOMAIOR, C. S., WEBER, S. H., & COSTA, L. B. Impacts on performance of growing-finishing pigs under heat stress conditions: a meta-analysis. *Veterinary research communications*, v.43, n.1, p.37-43, 2019.

OLIVEIRA, R. F. Estresse por calor em suínos machos castrados. Lavras: UFLA. Dissertação (mestrado acadêmico) Universidade Federal de Lavras, 2016.

OLIVEIRA, R. F. D., FERREIRA, R. A., ABREU, L. H., YANAGI, T., & LOURENÇONI, D. Estimation of respiratory frequency and rectal temperature on pigs in heat stress by fuzzy logic1. *Engenharia Agrícola*, v.38, p.457-470, 2018.

PATHAK, P. K., ROYCHOUDHURY, R., SAHARIA, J., BORAH, M. C., DUTTA, D. J., BHUYAN, R., & KALITA, D. Impact of seasonal thermal stress on physiological and blood biochemical parameters in pigs under different dietary energy levels. *Tropical animal health and production*, v.50, n.5, p.1025-1032, 2018.

PEREIRA, T. L., TITTO, E. A. L., CONTE, S., DEVILLERS, N., SOMMAVILLA, R., DIESEL, T., COSTA, F. A. D., GUAY, F. FRIENDSHIP, R., CROWE, T. & FAUCITANO, L. Application of a ventilation fan-misting bank on pigs kept in a

stationary trailer before unloading: Effects on trailer microclimate, and pig behaviour and physiological response. *Livestock Science*, v.216, p.67-74, 2018.

POIRIER, C., & BATESON, M. Pacing stereotypies in laboratory rhesus macaques: Implications for animal welfare and the validity of neuroscientific findings. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v.83, p.508-515, 2017.

ROMA JÚNIOR, L. C.; MAC-LEAN, P. A. B.; SALLES, M. S. V.; SALLES, F. A.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Programa de suplementação de luz artificial para bezerros em aleitamento. *Pesquisa & Tecnologia*, v.8, n.2, 2011.

RONG, L., PEDERSEN, P., JENSEN, T. L., MORSING, S., & ZHANG, G. Dynamic performance of an evaporative cooling pad investigated in a wind tunnel for application in hot and arid climate. *Biosystems Engineering*, v.156, p.173-182, 2017.

ROSTAGNO, H. S. ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e 2017 exigências nutricionais / Editor: Horacio Santiago Rostagno 4. Ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 2017 p.451 -488.

SANTOS, T. C., CARVALHO, C. D., DA SILVA, G. C., DINIZ, T. A., SOARES, T. E., MOREIRA, S. D. J. M., & CECON, P. R. Influence of the thermal environment on the behavior and performance of pigs. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.17, n.2, p.241-253, 2018.

SILVA, I. C., BREMM, B., TEIXEIRA, J. L., COSTA, N. S., BARCELLOS, J. O., BRACCINI, J., CESCNETO, R. J. & MCMANUS, C. Spatialization of Brazilian pig production: relationship between productive, physical, environmental, and socio-economic variables. *Tropical animal health and production*, v.49, n.5, p.951-958, 2017.

SILVA, I. J. O.; LIMA, G.; DELAGRACIA, M. *Ambiência na Produção de Suínos. Suinocultura: uma saúde e um bem-estar*. 1ed. Brasília: MAPA e II CA, 2020, v.1, p.205-223.

SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; MOURA, M. S. B.; SILVA, S. M. S.; MORAIS, J. E. F.; PEREIRA, P. C.; SOUZA, C. A. A. Soil water dynamics and evapotranspiration of

forage cactus clones under rainfed conditions. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.50, n.7, p.515-525, 2015. 10.1590/S0100-204X2015000700001

CAPÍTULO II

INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DO COMPORTAMENTO INGESTIVO DE SUÍNOS NA FASE DE TERMINAÇÃO EM AMBIENTE CLIMATIZADO

RESUMO

Suínos são animais sensíveis a variação climática, na fase de terminação a sensibilidade a altas temperaturas é maior em decorrência do maior peso e conseqüentemente, maior acúmulo de gordura, portanto, regiões semiáridas são altamente desafiadoras para esses animais. Objetivou-se com esta pesquisa realizar o monitoramento por imagens e inferir análise exploratória de fatores abióticos, respostas fisiológicas e indicadores comportamentais de suínos na fase de crescimento e terminação, submetidos a programas de iluminação suplementar em ambientes climatizados. O experimento foi realizado no Biotério de Experimentação com Suínos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (BES-UAST/UFRPE), localizado no Sertão do estado de Pernambuco, Brasil. Foram utilizados 27 suínos (machos e fêmeas) em fase de terminação, de linhagem comercial 3/4 Duroc e 1/4 Pietrain, cobertas por macho Duroc (Puro de Origem). O experimento foi realizado de novembro a dezembro de 2018, totalizando 30 dias. Os animais foram submetidos a baias sem climatização (BS), baias com ventilação forçada (BV) e baias equipadas com sistema de resfriamento adiabático evaporativo (BR), associado a diferentes programas de suplementação de luz: 12 h de luz natural (L12), L12 + 4 h de luz artificial (L16) e L12 + 8 h de luz artificial (L18). Foram registradas as variáveis meteorológicas no interior de cada baia, no ambiente externo, as respostas fisiológicas e comportamentais dos animais. O comportamento dos animais foi identificado por meio de imagens (640 × 480 pixels), feitos uma vez por semana, no decorrer de 24 horas, durante toda fase de terminação. As imagens foram analisadas em intervalo de 10 min. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×3, distribuídos aleatoriamente em nove baias, com três repetições. A análise comportamental foi realizada pela determinação da frequência de eventos em cada comportamento e determinação da probabilidade de ocorrência pelo teste Qui-Quadrado (X^2). A análise de dados foi a multivariada, pelo método de agrupamento (diagrama de árvore) e da análise de componentes principais (ACP), a fim de estabelecer as principais variáveis preditoras dos comportamentos ingestivos dos suínos, por meio de

modelos de regressão linear múltipla. A análise de componentes principais apresentou resultados satisfatórios atendendo ao critério de Kaiser (1958), onde o menor autovalor observado foi 2,82 e a variância acumulada para os tratamentos variou entre 69,70 a 94%, para as duas primeiras componentes principais. A ACP estabeleceu relações entre as variáveis climáticas e o comportamento do animal, além de expor quais variáveis comportamentais tinham relação com o comportamento ingestivo e a partir daí estabelecer modelos de regressão que tiveram bons coeficientes de ajuste, R^2 , acima de 93,26%. Os fatores bióticos e abióticos do presente estudo exerceram influência sobre o comportamento animal, sendo refletido nos modelos de regressão onde o tratamento BR-L18 foi o que apresentou melhor caracterização completa do comportamento ingestivo.

Palavras-chave: Análise multivariada, Iluminação suplementar, Suinocultura, Terminação.

EXPLORATORY INFERENCE OF THE INGESTIVE BEHAVIOR OF PIGS IN THE FINISHING PHASE IN A CLIMATIZED ENVIRONMENT

ABSTRACT

Pigs are sensitive animals to climate variation, in the finishing phase the sensitivity to high temperatures is greater due to the greater weight and, consequently, greater accumulation of fat, therefore, semi-arid regions are highly challenging for these animals. The objective of this research was to carry out image monitoring and infer exploratory analysis of abiotic factors, physiological responses and behavioral indicators of swine in the growing and finishing phase, submitted to supplementary lighting programs in air-conditioned environments. The experiment was carried out in the Experimental Animal Facility with Swine of the Serra Talhada Academic Unit (BES-UAST/UFRPE), located in the Sertão of the state of Pernambuco, Brazil. Twenty-seven swine (males and females) in the finishing phase, of commercial lineage 3/4 Duroc and 1/4 Pietrain, mated by male Duroc (Pure of Origin) were used. The experiment was carried out from November to December 2018, totaling 30 days. The animals were submitted to pens without air conditioning (BS), pens with forced ventilation (BV) and pens equipped with an adiabatic evaporative cooling system (BR), associated with different light supplementation programs: 12 h of natural light (L12), L12 + 4 h of artificial light (L16) and L12 + 8 h of artificial light (L18). The meteorological variables inside each pen, in the external environment, the physiological and behavioral responses of the animals were recorded. The behavior of the animals was identified through images (640 × 480 pixels), taken once a week, during 24 hours, during the entire finishing phase. The images were analyzed at 10 min intervals. The experimental design used was completely randomized, in a 3×3 factorial scheme, randomly distributed in nine pens, with three replications. Behavioral analysis was performed by determining the frequency of events in each behavior and determining the probability of occurrence using the Chi-Square (X^2) test. Data analysis was multivariate, using the grouping method (tree diagram) and principal component analysis (PCA), in order to establish the main predictors of pig ingestive behavior, using multiple linear regression models. The principal components analysis showed satisfactory results, meeting the criterion of Kaiser (1958), where the lowest eigenvalue observed was 2.82 and the accumulated variance for the treatments ranged from 69.70 to 94% for the first two principal components. The PCA established relationships between the climatic

variables and the behavior of the animal, in addition to exposing which behavioral variables were related to the ingestive behavior and, from there, establishing regression models that had good adjustment coefficients, R^2 , above 93.26%. The biotic and abiotic factors of the present study exerted an influence on the animal behavior, being reflected in the regression models where the BR-L18 treatment was the one that presented the best complete characterization of the ingestive behavior.

Keywords: Multivariate analysis, Supplementary lighting, Pig farming, Termination.

INTRODUÇÃO

O bem-estar animal vem ganhando destaque em todas as etapas da produção de suínos, pois a adoção de boas práticas possibilita a conquista de mercados mais exigentes, além de possibilitar redução das perdas econômicas ocasionadas por falhas no manejo e inadequação das instalações e equipamentos, que resultam no sofrimento dos animais e aumento de problemas na qualidade das carcaças e da carne (Van Staaveren et al., 2017).

O estresse térmico altera o comportamento e a qualidade da produção animal (Nasirahmadi et al., 2017), ou seja, o ambiente térmico atua diretamente no desempenho zootécnico (Navas et al., 2016), conseqüentemente é um dos principais fatores de perdas de produtividade e perdas econômicas na cadeia produtiva (Jackson et al., 2018).

A região semiárida do Brasil impõe grande desafio a exploração suinícola em virtude do estresse térmico causado pelo clima e faz com que os produtores tenham que buscar soluções e mecanismos adequados para controle do ambiente térmico, ou seja, cuidados com a ambiência para adequar as instalações e atender as exigências dos animais em todas as fases de criação (Silva et al., 2020).

As condições climáticas das instalações podem causar desequilíbrio no corpo animal. Em especial a temperatura do ar impõe grandes desafios na produção de suínos, já que seu sistema de sudorese é pouco desenvolvido (Yu et al., 2020). Sob estresse térmico esses animais apresentam alterações em suas respostas fisiológicas, sendo a frequência respiratória e a temperatura retal as principais a apresentarem incremento, além de ser as variáveis mais utilizadas para estimar a tolerância dos animais a climas quentes (Galan et al., 2018)

Entender a relação entre o animal e o ambiente auxilia o conhecimento das variações diárias e sazonais, das respostas fisiológicas, comportamentais e produtivas e assim, permite definir a utilização de recursos de climatização que atenuem a ação de variáveis estressoras, no sentido de promover maior conforto aos animais, melhor desempenho e produção sustentável (Silva et al., 2020).

Nesse sentido surge a necessidade de aperfeiçoar as tecnologias disponíveis para minimizar o desconforto causado pelo confinamento inerente dos sistemas modernos. Entre as tecnologias disponíveis está o uso de luz suplementar para suínos (Ferreira et al., 2015). Segundo Ferreira et al. (2016) o uso de iluminação suplementar, pode fazer com que os animais se alimentem em horários em que as condições climáticas estejam mais favoráveis, ou seja, horários com temperaturas mais brandas.

Sob o ponto de vista biológica a luz apresenta importante na secreção de melatonina e conseqüentemente no controle termorregulatório (Glanzmann et al., 2019). Conhecido como “hormônio da escuridão”, sintetizado principalmente pela glândula pineal, esse hormônio é fundamental em diversos processos fisiológicos além de regular o ritmo circadiano (Vainer et al., 2021).

Em virtude do número elevado de variáveis que o ambiente de produção engloba, a análise multivariada se apresenta como um método estatístico que possibilita a análise conjunta, identificando qual ou quais variáveis têm influência no fenômeno estudado (Macciotta et al., 2012). Dentre os métodos de análise multivariada, destaca-se a análise de componentes principais (ACP).

Massari et al. (2015) por meio da análise multivariada por componentes principais identificou as características comportamentais de suínos alojados em baias com divisão de sexo na fase de crescimento e de terminação, no sistema “wean to finish”.

Nesse sentido, esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de aplicar a análise exploratória e modelagem associada aos fatores abióticos, respostas fisiológicas e indicadores comportamentais de suínos na fase de terminação, submetidos a programas de iluminação suplementar em ambientes climatizados, no semiárido do Estado de Pernambuco, Brasil.

METODOLOGIA

Obtenção de dados

Os dados foram provenientes de pesquisa realizada no Biotério de Experimentação com Suínos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (BES-UAST) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no município de Serra Talhada, estado de Pernambuco, Brasil (07,98°S; 38,28°W e altitude de 444 m).

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região foi caracterizado como BShw' semiárido, quente e seco, com as chuvas ocorrendo entre os meses de dezembro a maio. As médias anuais de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar é de 642,1 mm; 24,8°C e 62,5%, respectivamente (Silva et al., 2015).

A pesquisa foi aprovada pela CEUA/UFRPE (Comissão de Ética no Uso de Animais). O experimento foi realizado de novembro a dezembro de 2018, totalizando 30 dias de registro de dados. Os animais foram submetidos aos seguintes fatores de variação: baias sem climatização (BS), baias com ventilação forçada (BV) e baias com sistema de resfriamento adiabático evaporativo (BR), associado a diferentes programas de suplementação de luz: 12 h de luz natural (L12), 12 h de luz natural + 4 h de luz artificial (L16) e 12 h de luz natural + 8 h de luz artificial (L18).

A climatização foi acionada diariamente nos horários das 8h00 às 18h00; e os programas de iluminação das 18h00 às 22h00 (L16) e das 23h00 às 5h00 (L18), acionados por meio de *timers* analógicos. O sistema de iluminação suplementar foi composto por lâmpadas fluorescentes compactas, suave cálida de 15 W, instaladas no centro geométrico das baias, a 1,83 m do piso e iluminância de 40 Lx.

A ventilação forçada foi realizada por meio de ventiladores axiais com vazão de 1200 m³ h⁻¹ a 1.780 rpm e diâmetro da hélice de 11'', que fornecia o fluxo de ar a uma velocidade média de 3,4 m s⁻¹.

Para o sistema de resfriamento adiabático evaporativo foram utilizados climatizadores evaporativos, em que a formação da névoa ocorria pelo efeito centrífugo de um disco central com vazão média de 7 L h⁻¹. Motores independentes com rotação da hélice de 1.750 rpm e do disco central de 3.450 rpm, com velocidade média de fluxo de 2,5 m s⁻¹.

Foram utilizados 27 suínos (3/4 Duroc, 1/4 Pietrain) na fase de terminação, com peso médio inicial de $65 \pm 0,12$ kg e final de $105,6 \pm 0,95$ kg, alojados em um galpão experimental de alvenaria, composto por 30 baias, com corredor central coberto com telhas de fibrocimento de 6 mm. As baias eram cobertas com telhas cerâmicas em uma água, com 15° de inclinação e piso concretado. Cada baia apresentava $6,0 \text{ m}^2$ de área, pé direito de 2,2 m, e muretas de contenção de 1,1 m, equipadas com um comedouros semiautomático e um bebedouro tipo chupeta. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em nove baias, sendo três animais (machos e fêmeas) por baia ($2 \text{ m}^2 \text{ animal}^{-1}$).

As variáveis meteorológicas, temperatura do bulbo seco (Tbs; $^\circ\text{C}$), umidade relativa do ar (UR; %) e temperatura de globo negro (Tg; $^\circ\text{C}$) foram registradas a cada hora, no interior do galpão e no ambiente externo, por meio de *dataloggers* modelo HOBO U12-12 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA), instalados no centro geométrico de cada baia, a 1,0 m do piso e, no ambiente externo, no interior de um abrigo meteorológico a 1,5 m do solo.

Para avaliação das respostas fisiológicas, de todos os animais em seus respectivos tratamentos, foram registradas a frequência respiratória (FR; mov min^{-1}), a temperatura retal (TR; $^\circ\text{C}$) e a temperatura de superfície (TS; $^\circ\text{C}$). Os registros foram realizados nos horários das 08h00, 12h00, 16h00, 20h00, 00h00, 4h00, uma vez por semana, durante todo o período experimental.

Os registros da temperatura da superfície da pele dos animais foram obtidos por meio de imagens térmicas coletadas por um termovisor, modelo Flir E60.

A análise das imagens foi realizada utilizando o programa computacional FLIR QuickReport®, no qual foram inseridos os valores da emissividade (0,98) (Daltro et al., 2017), da temperatura e umidade relativa do ar obtidas no instante do registro da imagem e a distância padrão entre o animal e a câmera (1,5 m).

O manejo nutricional dos animais seguiu o conceito de proteína ideal, por fase de desenvolvimento, atendendo às exigências nutricionais descritas por Rostagno et al. (2017). A ração foi fornecida à vontade, onde os comedouros foram reabastecidos duas vezes ao dia (manhã e tarde). Água para os animais também foi fornecida a vontade durante todas as fases de criação, onde foi mantida a vazão e com vazão adequada (acima de $3,0 \text{ L min}^{-1}$) nos bebedouros.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3×3 com três fatores de variação relacionados a climatização (sem climatização, ventilação forçada e resfriamento adiabático evaporativo) e três programas de iluminação (12 horas e luz natural, 12 horas de luz natural + 4 horas de luz artificial e 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial). em que os 27 animais utilizados foram distribuídos aleatoriamente nas nove baias, sendo considerados três repetições por tratamento.

Monitoramento comportamental

O comportamento dos animais foi registrado por microcâmeras coloridas CCD (Charge Coupled Device), com lente de 3,6 mm e imagens de 640 × 480 pixels, instaladas no interior das baias. Os registros foram feitos uma vez por semana, no decorrer de 24 horas, durante toda fase de criação, descartando-se apenas a primeira semana de análise, visto que os animais estavam em período de adaptação aos ambientes, conforme sugerido por Kiefer et al. (2010). As imagens foram analisadas ao longo das 24 horas, sendo considerado um intervalo de 10 minutos a cada hora.

As variáveis comportamentais foram qualificadas por meio de um etograma (Tabela 1) baseado em pesquisas realizadas por Amaral et al. (2021) e Barnabé et al. (2020b). A frequência e a porcentagem do tempo despendido em cada comportamento e sua probabilidade de ocorrência foi quantificada pelo teste Qui-quadrado (X^2).

Tabela 1. Etograma comportamental para suínos durante a fase de terminação.

Comportamento	Descrição
Inatividade	
Inativo	Animal totalmente deitado (ventral e/ou lateralmente) com os olhos fechados e sem nenhuma atividade oral.
Inativo (alerta)	Parado em pé, deitado ou sentado com os olhos abertos.
Postura	
Deitar na posição ventral	Apoiar a barriga sobre o piso com todas as pernas debaixo do corpo.
Deitar na posição lateral	Deitar de lado com todas as pernas estiradas horizontalmente.
Em pé	Corpo apoiado nas quatro pernas (não caminhando).
Sentar	Apoiar sobre os membros dianteiros e sentar sobre os membros traseiros.
Ajoelhar	Membros dianteiros dobrados e traseiros estirados na vertical.
Atividade	
Comer	Consumir alimento fornecido.
Cheirar	Cheirar o piso realizando movimentos circulares.
Beber	Manipular o bebedouro verificando-se consumo de água.
Fuçar	Fuçar o solo, explorar o ambiente.
Estereotipia	
Movimentar a língua	Aerofagia e mostrar a língua repetitivamente.
Lamber	Lambendo o piso, a língua toca o piso.
Abrir e fechar a boca	Abrir e fechar a boca mantendo a mandíbula estirada durante alguns segundos.
Beber	Acesso ao bebedouro e/ou chupeta obsessivamente.
Esticar o pescoço	Esticar o pescoço e observar o ambiente a sua volta.
Fuçar	Fuçar cocho de alimentação e/ou piso repetidas vezes, sem que exista alimento.
Interação Social	
Lambiscar	Pequenos movimentos de mastigação, enquanto toca outro animal com a boca.
Cheirar	Cheirar outro animal, movimentos circulares fuçando ao longo do animal.
Lamber	Lamber outro animal, a língua toca o animal.
Interação agressiva	
Empurrar	Bater ou empurrar outro animal com a cabeça, mordendo ou não.
Morder	Morder em uma parte do corpo de outro animal.
Brigar	Empurrar-se mutuamente com a cabeça, em paralelo ou na perpendicular, mordendo ou não, em rápidas sucessões.

Perseguir	Mover-se rapidamente em perseguição a outro animal.
Ameaçar	Contato intimidador, cabeça com cabeça, com refugio de um dos animais.

Descrição das técnicas estatísticas utilizadas

A análise de dados consistiu em um conjunto de técnicas que possibilitou correlacionar duas ou mais variáveis, resolver problemas da estrutura de covariância do vetor aleatório, resumida na matriz de covariância ou de correlação. Análises por meio do método de agrupamento, árvore de decisão e análise de componentes principais são técnicas promissoras e que vem apresentando resultados satisfatórios no âmbito da ciência e pesquisa; e por fim, o ajuste de modelos de regressão linear múltipla para determinação das variáveis resposta, acesso dos suínos ao comedouro e bebedouro em seus respectivos tratamentos (Härdle e Simar L. 2015).

Para determinar a similaridade entre as variáveis (meteorológicas, índices de conforto, fisiológicas e comportamentais) e os fatores de variação do experimento (climatização e iluminação artificial) foi aplicada a técnica de análise de agrupamento via dendograma, a partir do método de Média e com base na distância Euclidiana (Ward, 1963). As similaridades foram atribuídas as variáveis por meio do cálculo da distância Euclidiana (d_{ij}) entre dois objetos (i e j), em que, quanto menor for a sua distância maior será a similaridade quantitativa entre os indivíduos (Ward, 1963), conforme descrito na Eq. (1).

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (1)$$

em que,

d_{ij} - distância Euclidiana;

x_{ik} e x_{jk} - dados do ambiente e respostas dos animais nas baias de criação para cada fator de variação i e j , respectivamente.

O empregado da análise de componentes principais (ACP) permitiu agrupar a maior quantidade da informação contida nas variáveis originais (meteorológicas, fisiológicas e comportamentais), transformando-as em duas ou mais variáveis latentes ortogonais, denominadas componentes principais (CP1, CP2, CP3, ..., CP_n), que são combinações lineares das variáveis originais criadas com os maiores autovalores da

matriz de covariância dos dados. Para isso, foi utilizada a matriz de covariância dos dados, em que foram extraídos os autovalores que originam os autovetores (Componentes Principais; CPs) (Kaiser, 1958).

Essa análise foi realizada para identificar as principais variáveis que explicassem a maior parte da influência associada aos fatores de climatização e iluminação artificial. Foi empregado o critério de Kaiser, considerando os autovalores acima de 1, que geram componentes com quantidade relevante de informação contida nos dados originais, fazendo o descarte das componentes que apresentarem autovalor inferior a 1 (Kaiser, 1958).

A ACP abordou três etapas primordiais: geração, seleção e a interpretação das componentes estudadas. Todavia, após a definição do número de componentes principais ideais foi efetuada a análise da contribuição de cada variável nos componentes principais mais significativos (Jolliffe, 1972; Jolliffe, 1973). A geração da matriz de componentes principais (MCP).

Determinou-se modelos de regressão linear múltipla fundamentado nos resultados provenientes da ACP. Tais modelos foram baseados nas variáveis de maior correlação com as Componentes Principais (CPs), admitindo a maior representatividade do conjunto de dados.

Com a identificação das variáveis (meteorológicas, fisiológicas e comportamentais) e suas correlações com o comportamento ingestivos dos suínos em seus respectivos tratamentos, associados aos fatores de variação (climatização e iluminação artificial) foi equacionada a frequência de acesso ao comedouros e ao bebedouros. Para o desenvolvimento dessas funções foi utilizado o método estatístico de regressão linear múltipla, que utilizou o acesso ao comedouros e bebedouros como variáveis resposta e as variáveis meteorológicas, fisiológicas e comportamentais como variáveis preditoras. O modelo de regressão adotado baseou-se na representação matemática expresso pela Eq. (2).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \varepsilon \quad (2)$$

em que,

Y - Variável resposta (acesso ao comedouros e/ou bebedouros);

x_1 , x_2 , x_3 e x_4 - variáveis preditoras (variáveis meteorológicas, índices de conforto, fisiológicas e comportamentais);

ε - erro experimental;

β_0 , β_1 , β_2 , β_3 e β_4 - coeficientes de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de componentes principais (Tabela 2) apresenta os parâmetros das variáveis ambientais, fisiológicas e comportamentais dos suínos na fase de terminação para todos os tratamentos. Os autovalores foram superiores a 1 obedecendo o critério de Kaiser (1958), onde o menor valor observado foi para o tratamento BV-L12, 2,816, e o maior para o tratamento BR-L18, 10,08. Já a variância acumulada apresentou resultados superiores a 69,70%, tratamento BR-L12 e a máxima no tratamento BS-L12 com acumulado de 94%.

Tabela 2. Componentes principais das variáveis ambientais, fisiológicas e parâmetros comportamentais para a fase de terminação.

Fase de terminação						
Variável	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
Tratamento	BS-L12		BS-L16		BS-L18	
Autovalor	6,879	4,432	6,984	3,288	9,044	6,933
Proporção	0,573	0,369	0,582	0,274	0,502	0,385
Acumulado	0,573	0,943	0,582	0,856	0,502	0,888
Tratamento	BV-L12		BV-L16		BV-L18	
Autovalor	9,182	2,816	8,369	3,067	7,094	3,517
Proporção	0,612	0,188	0,558	0,204	0,473	0,234
Acumulado	0,612	0,800	0,558	0,762	0,473	0,707
Tratamento	BR-L12		BR-L16		BR-L18	
Autovalor	6,933	3,523	7,391	3,699	10,08	3,030
Proporção	0,462	0,235	0,528	0,264	0,630	0,189
Acumulado	0,462	0,697	0,528	0,792	0,630	0,819

PC1 – Componente principal 1, PC2 – Componente principal 2, BS-L12 – Baías sem climatização com 12 horas de luz natural, BS-L16 – Baías sem climatização com 12 horas de luz natural + 4 horas de luz artificial, BS-L18 – Baías sem climatização com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial, BV-L12

– Baías com ventilação e 12 horas de luz natural, BV-L16 – Baías com ventilação e 12 horas de luz natural + 4 horas de luz artificial, BV-L18 – Baías com ventilação e 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial, BR-L12 – Baías com resfriamento adiabático evaporativo e 12 horas de luz natural, BR-L16 – Baías com resfriamento adiabático evaporativo e 12 horas de luz natural + 4 horas de luz artificial, BR-L18 – Baías com resfriamento adiabático evaporativo e 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial.

Os resultados encontrados mostram por meio da variância acumulada que pelo menos 69,70% das informações podem ser explicadas pelas duas primeiras componentes principais, ou seja, PC1 e PC2, os resultados são satisfatórios e corroboram com os resultados encontrados, na análise de componentes principais, por Gomes et al. (2021) que encontraram variância acumulada de 100% ao avaliar a influência dos sistemas de climatização no comportamento de suínos nas fases de crescimento e terminação, enquanto Vemeer et al. (2018) ao analisarem as condições de conforto nas instalações de suínos nas fases finais de desenvolvimento, encontraram variância acumulada da ordem de 70,86%.

A PC1 foi a componente principal que melhor explicou os dados para os tratamentos sem climatização associados a 16 e 18 horas de luz (Figuras 1C e 1E), sendo a relação entre as variáveis meteorológicas, fisiológicas e comportamentais superiores a 80% para os tratamentos. Enquanto o tratamento sem climatização com 12 horas de luz (Figura 1A) a PC2 foi a que melhor explicou os dados, sendo essa componente responsável por 36,9% das informações.

A análise hierárquica de agrupamentos (Figura 1) corrobora o padrão de agrupamento das variáveis observados na Figura 1, sendo importante destacar que apenas o BS-L18 (Figura 2E) apresentou o comportamento empurrar, que pode ser considerado uma interação social, mas que pode ocasionar brigas e outros tipos de comportamentos agressivos. Interações negativas apresentam potencial para reduzir o bem-estar dos animais (Liu et al., 2020).

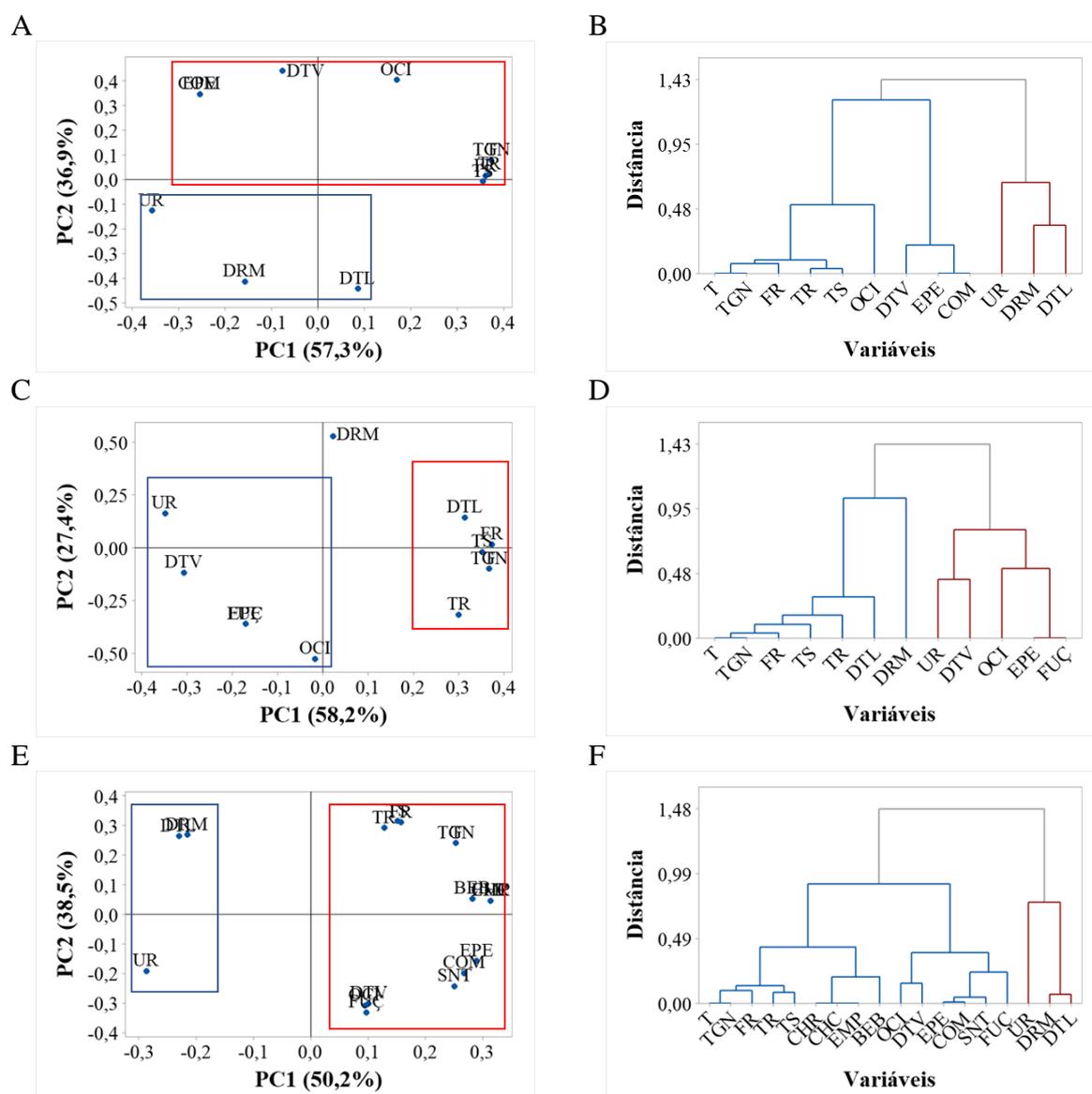


Figura 1. Análise de componentes principais (PCA) e Análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para os tratamentos sem sistema de climatização, 12 horas de luz natural (A e B), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (E e D) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (E e F).

T - Temperatura do ar, TGN – Temperatura de globo negro, UR – Umidade relativa do ar, FR – Frequência respiratória, TS – Temperatura superficial, TR – Temperatura retal, DTV – Deitado ventral, EPE – Em pé, FUC – fuçar, DRM – inativo, DTL – deitado lateral, CHE – cheirar, CHC – Cheirar companheiro, SNT – sentado, EMP – empurrar, COM – comer, BEB – Beber, OCI - Ócio.

Observa-se que para os tratamentos sem climatização (Figura 1) todas as respostas fisiológicas tiveram relação positiva com a temperatura do ar, sendo sensíveis a alterações térmicas os suínos acionam os mecanismos fisiológicos em resposta a aumentos na temperatura do ar. A temperatura do ar costuma apresentar um desafio complexo

relacionado a termorregulação dos suínos, pois, seu mecanismo de troca de energia com o ambiente é limitado, sendo assim, os animais utilizam estratégias comportamentais e fisiológicas para se adaptarem as condições adversas impostas pelo clima.

Conforme observado na Figura 1, a temperatura do ar se relacionou positivamente com o comportamento deitado na posição lateral, enquanto deitado na posição ventral se relacionou fortemente com a umidade relativa do ar, esses achados ficam mais evidentes na análise de componentes hierárquicos (Figura 1B, 1D e 1F) e estão de acordo com o que foi analisado por Nasirahmadi et al. (2019) que observaram animais deitados na posição lateral em condições onde a temperatura está mais elevada, e em temperaturas mais amenas os animais apresentaram comportamento deitado com a barriga para baixo, ou seja, na posição ventral.

Os tratamentos BS-L12 e BS-L16 (Figuras 1B e 1D), apresentaram menor repertório comportamental em relação ao tratamento BS-L18 (Figura 2F). Acréscimo no tempo de luz diária faz com que o animal permaneça mais tempo ativo durante a noite e como as condições climáticas nesse horário são mais amenas os animais podem expressar maior número de comportamentos.

Os resultados da presente pesquisa estão de acordo com os achados de Riaz et al. (2021), que ao avaliarem o efeito da ampliação no tempo de luz diária em novilhas, observaram que essa ampliação tem efeito significativo no comportamento do animal, em especial no comportamento ingestivo, onde os autores observaram aumento no consumo de matéria seca, ingestão de água e conseqüentemente no ganho de peso.

A análise de componentes principais para os horários de coleta de dados (Figura 2) demonstra que os horários das 12h00 e 16h00 formam um grupo a parte, com exceção do tratamento BS-L18 (Figura 2C).

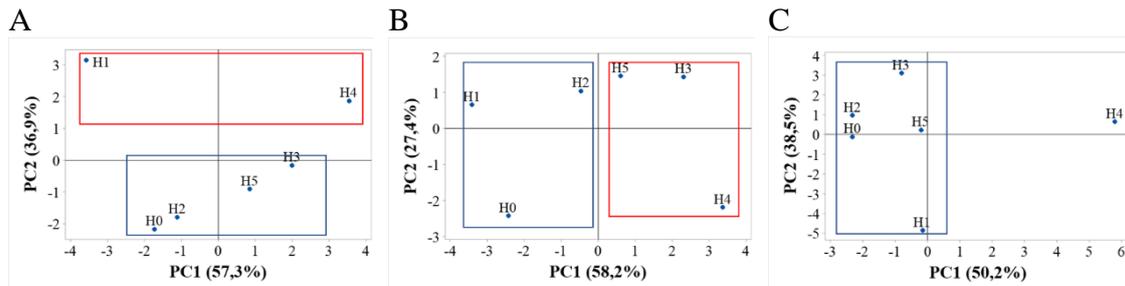


Figura 2. Análise de componentes principais para os horários observação referente aos tratamentos sem climatização, 12 horas de luz natural (A), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (B) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (C). H0 – 00h00, H1 – 04h00, H2–08h00, H3 –12h00, H4 –16h00, H5 - 20h00.

No que diz respeito aos horários de observação, nota-se a formação de dois grupos, exceto no tratamento BS-L18 (Figura 2C), nesse tratamento o horário das 16 horas se destacou dos demais horários de observação, indicando particularidades nesse horário. Gomes et al. (2020) trabalhando com suínos na região semiárida de Pernambuco, observaram que a temperatura do ar ultrapassou o limite crítico para os animais entre às 9 e 18 horas, sendo o maior valor encontrado as 14 horas (32,6° C). Portanto o horário das 16 horas no presente trabalho se destacou dos demais por como sendo o mais quente.

Os dados provenientes dos tratamentos com ventilação forçada na fase de terminação foram reduzidos em duas componentes por meio da análise de componentes principais (Figura 3), sendo a PC1 a componente que melhor explicou a relação inversamente proporcional entre a temperatura do ar e a umidade relativa do ar, além do mais, a relação entre as variáveis meteorológicas, fisiológicas e comportamentais foi superior a 70%.

A análise hierárquica de agrupamentos (Figura 3) corrobora o agrupamento encontrado na Figura 3, portanto, sendo mais evidente a relação entre algumas variáveis com a postura, por exemplo, em pé e comendo, pois, o ato de se alimentar está comumente associado a postura em pé.

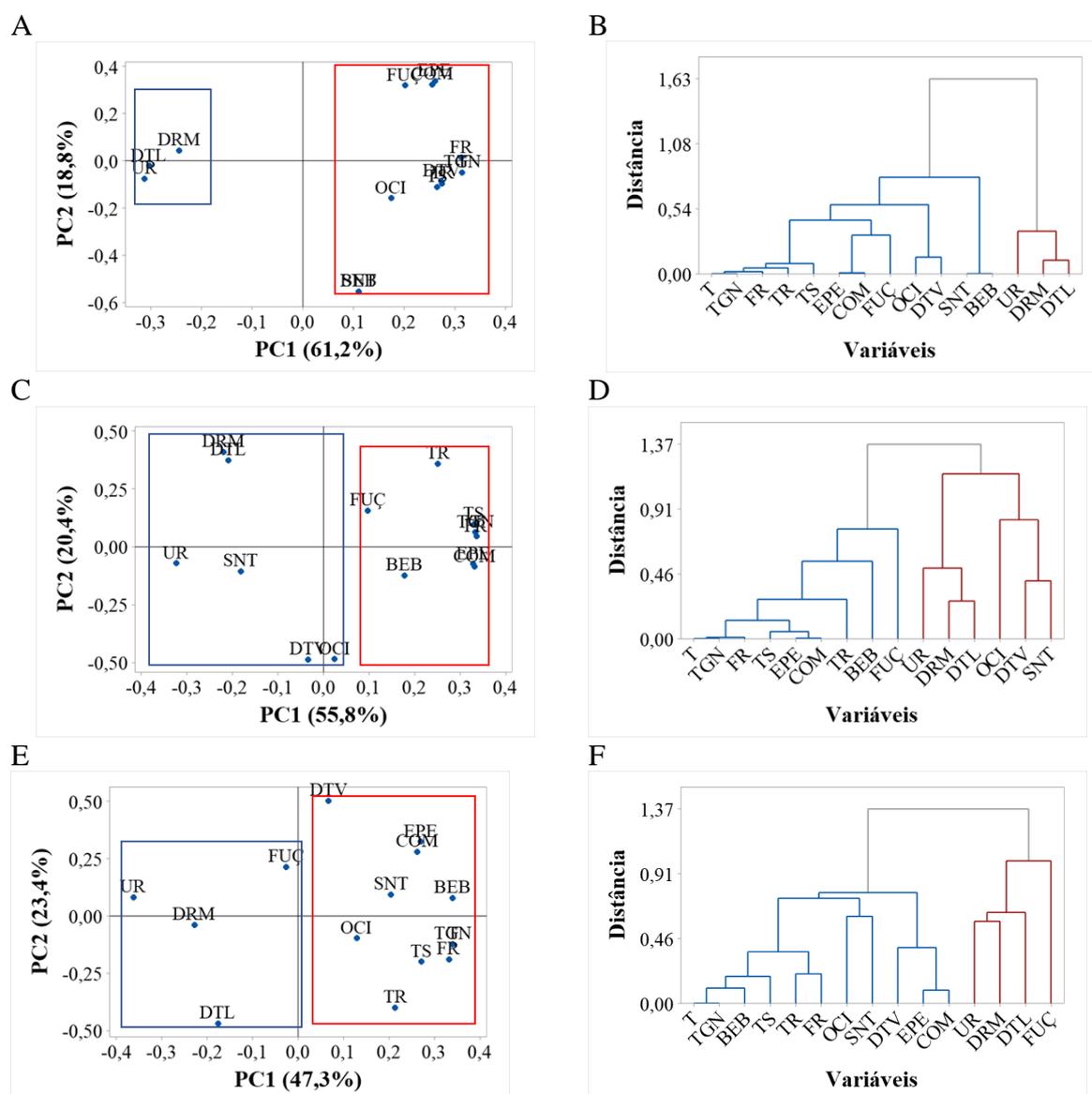


Figura 3. Análise de componentes principais (PCA) e Análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para os tratamentos com ventilação forçada, 12 horas de luz natural (A e B), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (C e D) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (E e F).

T - Temperatura do ar, TGN – Temperatura de globo negro, UR – Umidade relativa do ar, FR – Frequência respiratória, TS – Temperatura superficial, TR – Temperatura retal, DTV – Deitado ventral, EPE – Em pé, FUÇ – Fuçar, DRM– Inativo, DTL – Deitado lateral, SNT – Sentado, Com – comer, BEB – Beber, OCI – Ócio. H0 – 00h00, H1 – 04h00, H2–08h00, H3 –12h00, H4 –16h00, H5 - 20h00.

A relação entre as respostas fisiológicas e a temperatura do ar, observada no tratamento sem climatização (BS) se manteve no tratamento com ventilação forçada. A umidade relativa do ar apresentou relação diretamente proporcional com poucas

variáveis, no tratamento BV-L12 (Figura 3A), apenas dois comportamentos, inativo e deitado lateral, se relacionaram positivamente com a umidade relativa do ar, entretanto, vale a pena ressaltar que um está relacionado a postura do animal, enquanto o outro, é uma atividade, ou seja, o animal pode executar ambos simultaneamente. Esse padrão comportamental pode estar associado a uma conservação de energia pelo animal.

Na fase de terminação os animais permanecem por mais tempo deitados, conforme observado na presente pesquisa, e de acordo com Cecchin et al. (2019) que estudaram o comportamento de suínos em diferentes tipos de instalações, com condições térmicas de conforto, observaram que os animais passaram aproximadamente 53% do tempo em ócio. Ocepek et al. (2020) observaram que o comportamento exploratório foi o segundo mais comumente observado em suínos nas fases de crescimento e terminação, o primeiro foi deitado/dormindo.

Já o comportamento sentado apresentou relação diretamente proporcional com a temperatura do ar apenas no tratamento BV-L18 (Figura 3E), ou seja, esse comportamento é considerado natural da espécie, entretanto Liu et al. (2020b) destacam que esse comportamento pode matar os leitões, isso não acontece na presente pesquisa em virtude da idade dos animais no alojamento, pois todos apresentam idade e tamanho semelhantes.

A temperatura do ar apresenta forte relação com a temperatura de globo negro em todos os tratamentos, entretanto nos BR-L12 e BR-L16 (Figura 3B e 3D, respectivamente), essas variáveis apresentaram forte relação com a frequência respiratória, isso é um sinal de que um leve incremento na temperatura do ar ocasiona aumento na frequência respiratória, pois, essa resposta fisiológica é a forma mais eficiente para os suínos dissiparem energia na forma de calor latente para o ambiente.

Os achados no presente trabalho vão de encontro ao que foi encontrado por Moreira et al. (2021) que ao avaliarem os efeitos da temperatura ambiente no desempenho e nas respostas termo regulatórias, observaram relação diretamente proporcional entre a temperatura do ar e a frequência respiratória, essa relação esteve presente tanto para animais de raça comercial quanto para animais mestiços (raça piauiense de genótipos comerciais) nas fases de crescimento e terminação.

A análise de componentes principais para os horários de coleta (Figura 4) apresentou padrão similar ao tratamento sem climatização (Figura 2), onde a PC1

permitiu o agrupamento formando dois grupos um com os horários mais quente e outro com horários onde as temperaturas são mais amenas.

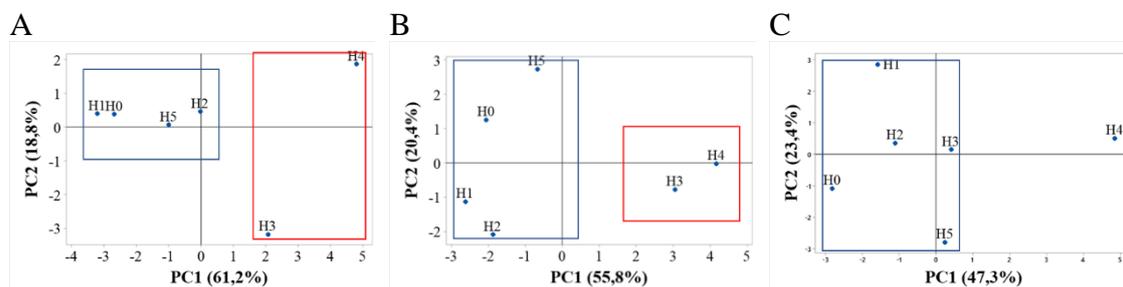


Figura 4. Análise de componentes principais para os horários observação referente aos tratamentos com ventilação forçada, 12 horas de luz natural (A), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (B) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (C). H0 – 00h00, H1 – 04h00, H2–08h00, H3 –12h00, H4 –16h00, H5 - 20h00.

Em relação aos horários de coleta houve agrupamento similar nos tratamentos BV-L12 (Figura 4A) e BV-L16 (Figura 4B), em que os horários mais críticos, compreendidos das 12h00 às 16h00 formaram um grupo. No tratamento BV-L18 (Figura 4C) o horário das 16h00 não se agrupou com os outros horários. Esses horários estão dentro do intervalo considerado mais crítico para os animais conforme observado por Gomes et al. (2021) que encontraram valores mais elevados para a temperatura do ar entre 9h00 e 18h00.

A análise de componentes principais dos dados provenientes dos tratamentos com resfriamento adiabático evaporativo (Figura 5) apresentou relação entre as variáveis fisiológicas, meteorológicas e comportamentais acima de 70%, ou seja, as duas primeiras componentes principais contêm mais de 70% das informações dos dados. A análise hierárquica de agrupamentos para os tratamentos com resfriamento na fase de terminação (Figura 5) evidenciou a correlação entre as variáveis.

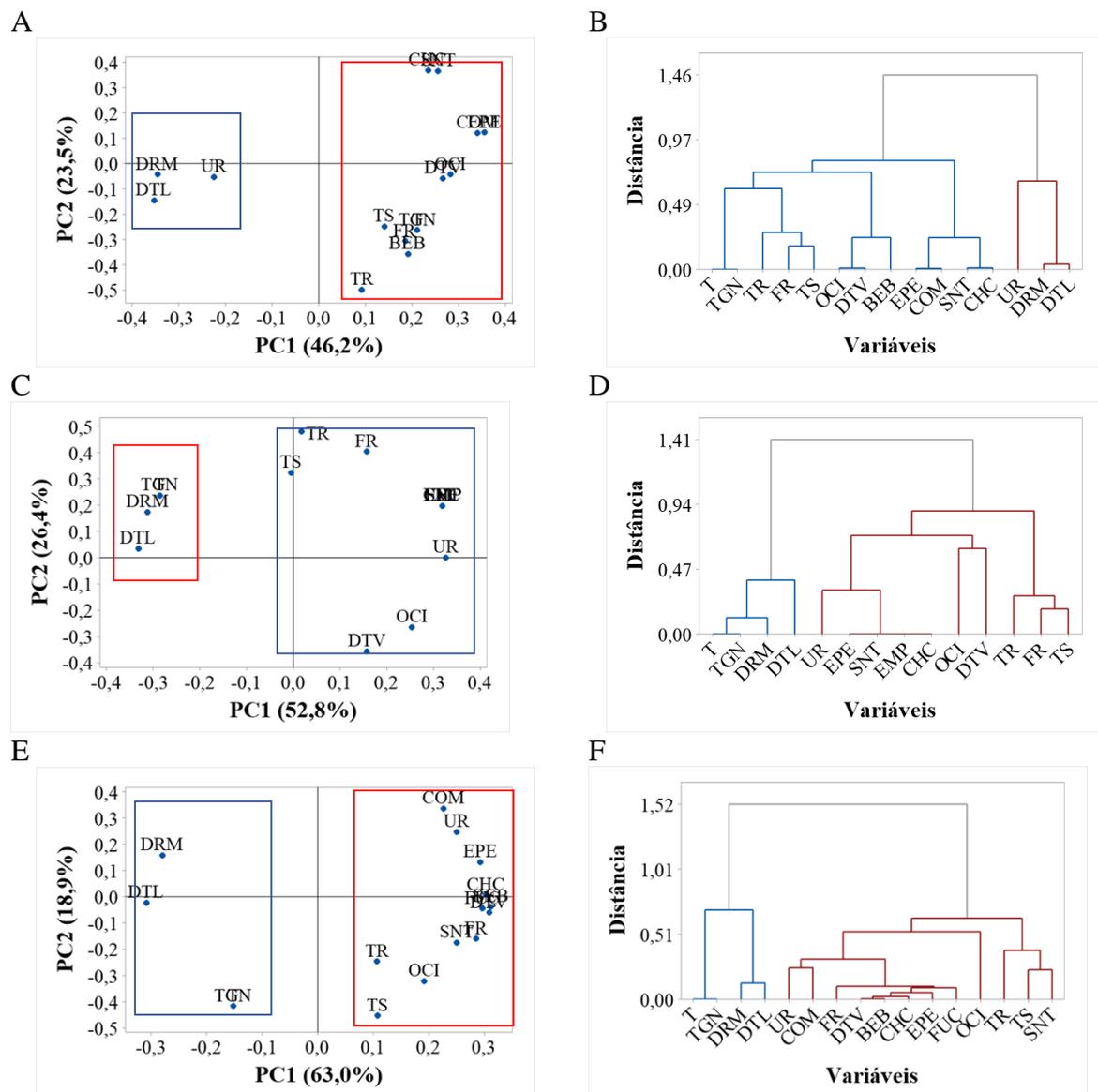


Figura 5. Análise de componentes principais (PCA) e Análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para os tratamentos com resfriamento adiabático evaporativo, 12 horas de luz natural (A e B), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (E e D) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (E e F).

T - Temperatura do ar, TGN – Temperatura de globo negro, UR – Umidade relativa do ar, FR – Frequência respiratória, TS – Temperatura superficial, TR – Temperatura retal, DTV – Deitado ventral, EPE – Em pé, FUÇ – Fuçar, DRM – Dormindo, Dei L – deitado lateral, SNT – Sentado, COM – Comer, CHC – Cheirar companheiro, EMP – Empurrar, BEB – Beber, OCI - Ócio.

Observa-se uma forte relação entre as variáveis comportamentais, em pé, sentado, empurrar e cheirar companheiro (Figura 5D), sendo que as variáveis em pé e sentado são expressões comportamentais antagônicas, logo os animais não conseguem expressar ao

mesmo tempo o comportamento sentado e em pé. Entretanto, esses comportamentos podem ser expressos simultaneamente com cheirar companheiro ou empurrar.

Cheirar companheiro e empurrar são interações sociais que podem acarretar outros comportamentos agressivos entre os animais e conseqüentemente trazer perdas produtivas. Apesar do amplo repertório comportamental, os suínos podem apresentar problemas relacionados ao comportamento quando há discordância entre eles e o ambiente em que estão inseridos (Mós et al., 2020). Os mesmos autores observaram ainda que interações sociais positivas e negativas entre as matrizes foram abaixo de 5% do total de comportamentos observados.

Condições térmicas estressantes são capazes de alterar o comportamento dos suínos, reduzir o bem-estar e afetar a qualidade da produção (Ferrari et al., 2013). Os suínos apresentam dificuldades para dissipar calor para o ambiente em função de diversos fatores como o sistema termoregulatório pouco desenvolvido e a limitada capacidade de dissipação de calor por meio da sudorese e como consequência apresentam dificuldade de se adaptar a ambientes quentes (Rodrigues et al., 2010b).

Os sistemas de climatização são importantes por atuarem na minimização dos efeitos do clima sobre a produção, de modo que ao analisar os tratamentos com mesmo tempo de luz diária é possível observar os efeitos do sistema de climatização em cada um dos tratamentos. Observa-se que houve pouca incidência de comportamentos anômalos ou agressivos. Em todos os tratamentos com sistema de resfriamento adiabático evaporativo os animais cheiraram os companheiros, sendo esse comportamento classificado como uma interação social.

Observou-se na presente pesquisa que o tratamento BR-L18 (Figura 5E e 5F) apresentou maior repertório de comportamento, o que implica dizer que os animais foram mais ativos ao receberem ampliação do período de luz diária, corroborando com Amaral et al., (2014) que observara alterações no comportamento de suínos submetidos a iluminação suplementar em suas instalações, além disso os autores observaram que os animais expostos a 23 horas de luz apresentaram maior temperatura superficial durante a tarde em comparação aos tratamentos com 12 e 16 horas de luz, enquanto que a frequência respiratória foi maior nos tratamentos com iluminação suplementar durante a tarde, a temperatura retal não foi influenciada pelo tempo de luz.

Barnabé et al. (2020b) observaram que o sistema de resfriamento adiabático evaporativo foi o sistema de climatização que conseguiu manter a temperatura interna das instalações abaixo do limite considerado crítico para suínos na fase de terminação, ou seja, abaixo de 27°C, de acordo com Baeta e Souza (2010).

O tratamento BR-L12 (Figura 6B) apresentou agrupamento nos horários de coleta, no qual os horários mais críticos do ponto de vista térmico se agruparam com o último horário de observação, ou seja, 12h00, 16h00 e 20h00, entretanto o emprego de iluminação suplementar ocasionou um agrupamento diferente, em que o horário das 16h00 apresentou relação inversamente proporcional aos demais horários de análise.

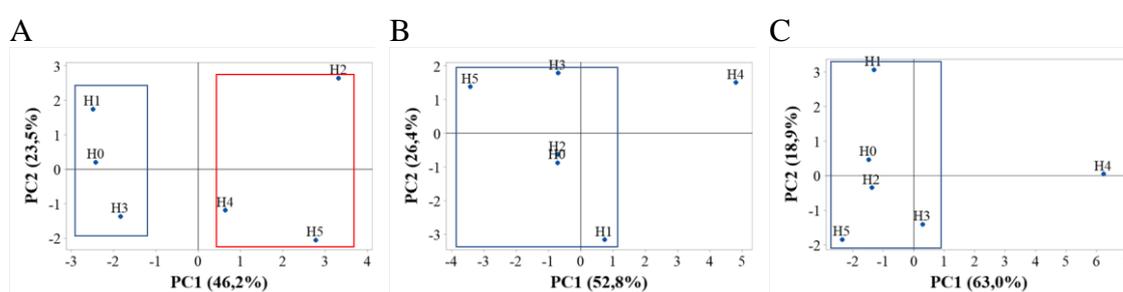


Figura 6. Análise de componentes principais para os horários observação referente aos tratamentos com resfriamento adiabático evaporativo, 12 horas de luz natural (A), com 12 horas de luz natural + 4 horas luz artificial suplementar (B) e com 12 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial (C). H0 – 00h00, H1 – 04h00, H2–08h00, H3 –12h00, H4 –16h00, H5 - 20h00.

Santos et al. (2018) trabalhando com suínos na região semiárida de Minas Gerais observaram que no período a partir de 8h30 a temperatura do ar ultrapassou o limite crítico superior para suínos nas fases de crescimento e terminação, atingindo temperatura máxima por voltas de 13h30 enquanto a redução na temperatura do ar teve início a partir das 16h00.

Entre os comportamentos agnósticos, o empurrar foi observado nos tratamentos BR-L16 (Figura 5C) e BS-L18 (Figura 1E). Os demais tratamentos (BR-L12, BR-L18, BV-L12, BV-L16, BV-L18, BS-L12 e BS-L16) foram isentos de comportamentos agnósticos e interações sociais, sejam elas positivas ou negativas. Em pesquisa realizada por Ocepek et al. (2020), os autores observaram que na fase de terminação os animais passam mais tempo deitados. Nessa fase de desenvolvimento os animais apresentam excesso de peso e isso explica a baixa incidência de interações sociais entre os tratamentos.

Barnabé et al. (2020b) trabalhando com suínos na fase de terminação no semiárido de Pernambuco, observaram que o sistema de resfriamento adiabático evaporativo promoveu melhor desempenho produtivo, além do mais os animais expostos a esse sistema de climatização apresentaram maior frequência de comportamentos de conforto e maior frequência da atividade ingestiva.

Por meio da análise de componentes principais e das análises de componentes hierárquicos (Figuras 1, 3 e 5) foi possível filtrar as variáveis preditoras e selecionar as melhores e assim determinar modelos de regressão por meio da análise de regressão múltipla (Tabela 3), onde é possível verificar que alguns modelos apresentaram coeficientes de determinação baixos, como BS-L18 e BV-L16, ambos tendo o comportamento beber como variável resposta. Em relação ao p-valor, houve modelos com valor acima de 0,05, ou seja, modelos com baixa confiabilidade como os já citados BS-L18 e BV-L16 além do BR-L12 onde esses modelos tem como variável resposta o comportamento comer.

Tabela 3. Modelos de determinação dos comportamentos ingestivos.

Tratamento	Equação	R ²	valor-p
BR-L12	BEB = 0,828 + 0,00253 FR - 0,00535 TS	0,6700	0,190
BR-L12	COM = 0,2491 - 0,002365 UR - 0,1357 DTL	0,9917	0,001
BR-L18	BEB = -0,2454 + 0,001152 UR + 0,003894 FR	0,9569	0,009
BR-L18	COM = 0,1625 + 0,5482 EPE - 0,003765 FR	0,9658	0,006
BS-L12	COM = 0,00496 + 0,000202 UR - 0,04189 DTL	0,9326	0,017
BS-L18	BEB = 0,0807 - 0,00099 UR	0,6377	0,057
BS-L18	COM = -0,02273 + 0,000322 UR + 0,7196 EPE	0,9557	0,000
BV-L12	BEB = 0,00417 - 0,250 FUÇ	0,1000	0,854
BV-L12	COM = -0,1614 + 0,00376 FR + 1,89 FUÇ	0,7284	0,142
BV-L16	BEB = -0,18 - 0,000111 UR + 0,0048 TR - 0,367 FUÇ	0,2281	0,891
BV-L16	COM = 4,75 + 0,0799 TS - 0,1936 TR	0,9573	0,009
BV-L18	BEB = 0,906 - 0,000935 UR - 0,02164 TR	0,9728	0,004
BV-L18	COM = 0,1335 - 0,304 DTL	0,6402	0,056

BEB- Beber, COM – Comer, FR – Frequência respiratória, EPE – Em pé, UR – Umidade relativa do ar, DTL – Deitado lateral, TR – Temperatura retal, TS – Temperatura superficial.

Os modelos encontrados se mostraram bastante promissores para caracterizar o comportamento ingestivo dos animais, sendo interessante observar que as variáveis fisiológicas e climáticas se mostraram ótimas variáveis preditoras. Entre as variáveis

comportamentais apenas três comportamentos se mostraram úteis para serem utilizados como variáveis preditoras.

Apenas o tratamento com resfriamento adiabático evaporativo com 6 horas de iluminação suplementar possibilitou a determinação de dois modelos de regressão, ou seja, beber “BEB” e comer “COM” como sendo as variáveis respostas. Já os tratamentos BR-L12, BS-L12, BS-L18, BV-L16 e BV-L18 permitiram a determinação de pelo menos um modelo, seja para a variável beber ou para a variável comer. Os tratamentos BS-L16, BV-L12, BR-L16 e BR-L18 não permitiram a determinação de um modelo de determinação ora por não apresentarem comportamento ingestivo ora pela falta de ajuste do modelo.

Em estudo realizado na região semiárida de Minas Gerais, no qual suínos na fase de terminação foram alojados em dois tipos de alojamento, um com lâmina de água e outro sem, Santos et al. (2018) observaram que suínos na fase de terminação que receberam a lâmina de água passaram mais tempo comendo, ou seja, os autores concluíram que a lâmina de água proporcionou conforto térmico aos animais, além disso os autores conseguiram estimar modelos de regressão para caracterizar o ganho médio de peso diário.

O bem-estar pode ser estimado por meios objetivos medindo os níveis de glicocorticoides ou de forma subjetiva através da expressão de comportamentos agressivos, presença de lesões, análise de imagens e de vocalização (Massari et al., 2015).

Por meio da análise subjetiva onde foram analisadas as imagens de vídeo e o etograma, não foi observado a presença de comportamentos como mordida e briga entre os animais, no entanto, foram observados empurrões nos tratamentos BR-L16 e BS-L18, esses comportamentos podem comprometer o bem-estar animal caso resulte em brigas, pois as lesões causadas em função de brigas podem comprometer a saúde dos animais.

CONCLUSÕES

A relação entre o comportamento ingestivo e as variáveis bióticas e abióticas variou conforme o tratamento, portanto, os programas de iluminação assim como os de climatização exercem influência no comportamento ingestivo dos animais. Além de

permitir estimar o conforto térmico por meio da expressão comportamental e sua relação com as variáveis climáticas.

A análise exploratória dos dados permitiu observar a influência entre as variáveis meteorológicas e no comportamento ingestivo e a partir dessa relação, estabelecer modelos de regressão para estimar o comportamento ingestivo dos animais.

O tratamento resfriamento adiabático evaporativo associado a 12 horas de luz natural + 6 de luz artificial apresentou modelos de equação para ambos os comportamentos ingestivos, permitindo a caracterização do comportamento ingestivo dos animais no sistema produtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, P. I., CAMPOS, A. T., ESTEVES, R. D. C., ESTEVES, G. F., YANAGI, T., & LEITE, M. E. Behavioral responses of pigs finished in deep bedding and conventional bed systems. *Engenharia Agrícola*, v.41, p.25-33, 2021.

AMARAL, P. I. S.; FERREIRA, R. A., PIRES, A. V.; FONSECA, L. S.; GONÇALVES, S. A.; SOUZA, G. H. C. Desempenho, comportamento e respostas fisiológicas de suínos em terminação submetidos a diferentes programas de luz. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v.2, n.2, p.54-59, 2014.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C.F. *Ambiência em edificações rurais: Conforto animal*. 2º ed. Viçosa: UFV. p.246, 2010.

BARNABÉ, J., PANDORFI, H., GOMES, N. F., DE AMEIDA, G. L., & GUISELINI, C. Performance and welfare of finishing pigs subjected to climatecontrolled environments and supplementary lighting. *Engenharia Agrícola*, v.40, p.294-302, 2020b.

BARNABÉ, J., PANDORFI, H., GOMES, N. F., HOLANDA, M. A., HOLANDA, M. C., & CARVALHO, J. L. Performance of growing pigs subjected to lighting programs in climate-controlled environments. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.24, p.616-621, 2020a.

CARVALHO, C. M. C., ANTUNES, R. C., CARVALHO, A. P., & CAIRES, R. M. Bem-estar na suinocultura. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.11, n.2, p.2272-2286, 2013.

CECCHIN, D., CAMPOS, A. T., AMARAL, P. I. S., SOUSA, F. A., FERRAZ, P. F. P., HÜTHER, C. M., PEREIRA, C. R. & DA CRUZ, V. M. F. Behavior of swine hosted in

facilities with different construction typologies. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v.7, n.1, p.6-10, 2020.

DALTRO, D. D. S., FISCHER, V., ALFONZO, E. P. M., DALCIN, V. C., STUMPF, M. T., KOLLING, G. J., SILVA, M. V. G. B. & MCMANUS, C. Infrared thermography as a method for evaluating the heat tolerance in dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 46, p. 374-383, 2017.

FERRARI, S., COSTA, A., & GUARINO, M. Heat stress assessment by swine related vocalizations. *Livestock Science*, v.151, n.1, p.29-34, 2013.

FERREIRA, R. A.; FASSANI, E. J.; RIBEIRO, B. P. V. B.; OLIVEIRA, R. F.; CANTARELLI, V. S.; ABREU, M. L. T. Programas de luz para suínos em crescimento. *Archives of Veterinary Science*, v.20, n.3, p.65-70, 2015.

FERREIRA, R. A.; FASSANI, E. J.; ROCHA, L. F.; OLIVEIRA, R. F.; RIBEIRO, B. P. V. B.; ABREU, M. L. T.; CANTARELLI, V. S. Desempenho e comportamento de suínos em fase de terminação submetidos a diferentes programas de luz. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.17, n.2, p.272-279, 2016.

GALAN, E., LLONCH, P., VILLAGRÁ, A., LEVIT, H., PINTO, S., & DEL PRADO, A. A systematic review of non-productivity-related animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle. *PloS one*, v.13, n.11, p.e0206520, 2018.

GLANZMANN, R., MOREIRA, L. F., DE ALMEIDA MARQUES, S., SILVA, K. C., & SOARES, V. C. G. O uso da melatonina como indutor do sono—uma revisão bibliográfica. *Uningá Journal*, v.56, n.1, p.157-167, 2019.

GOMES, N.F, PANDORFI, H., BARNABÉ, J. M. C., GUISELINI, C., DE ALMEIDA, G. L. P., DE HOLANDA, M. C. R., HOLANDA, M. A. C. & DA SILVA, M. V. Behavior of pigs subjected to climate control system in the Semiarid Region of Pernambuco, Brazil. *Dyna*, v.88, n.218, p.34-38, 2021.

HÄRDLE W.K., SIMAR L. Multidimensional scaling. In: *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2015. p.455-472.

JACKSON, P., GUY, J. H., STURM, B., BULL, S., & EDWARDS, S. A. An innovative concept building design incorporating passive technology to improve resource efficiency and welfare of finishing pigs. *Biosystems Engineering*, v.174, p.190-203, 2018.

JOLLIFFE, I. T. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, v.21, n.2, p.160-173, 1972.

JOLLIFFE, I. T. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, v.22, n.1, p.21-31, 1973.

KAISER, HENRY F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 1958, 23.3: 187-200.

LIU, D., OCZAK, M., MASCHAT, K., BAUMGARTNER, J., PLETZER, B., HE, D., & NORTON, T. A computer vision-based method for spatial-temporal action recognition of tail-biting behaviour in group-housed pigs. *Biosystems Engineering*, v.195, p.27-41, 2020.

LIU, J., SHI, C., SUN, G., & MA, P. Automatic Pig's maternal ability evaluation system based on behavior data of sensor. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2020. p.012013.

MACCIOTTA, N. P. P., CECCHINATO, A., MELE, M., & BITTANTE, G. Use of multivariate factor analysis to define new indicator variables for milk composition and coagulation properties in Brown Swiss cows. *Journal of Dairy Science*, v.95, n.12, p.7346-7354, 2012.

MASSARI, J. M., CURI, T. M. D. C., MOURA, D. J., MEDEIROS, B. B., & SALGADO, D. Características comportamentais de suínos em crescimento e terminação em sistema "Wean to finish". *Engenharia Agrícola*, v.35, p.646-656, 2015.

MOREIRA, V. E., VERONEZE, R., TEIXEIRA, A. D. R., CAMPOS, L. D., LINO, L. F. L., SANTOS, G. A., SILVA, B. A. N. & CAMPOS, P. H. R. F. Effects of Ambient Temperature on the Performance and Thermoregulatory Responses of Commercial and Crossbred (Brazilian Piau Purebred Sires× Commercial Dams) Growing-Finishing Pigs. *Animals*, v.11, n.11, p.3303, 2021.

MÓS, J. V.N, NASCIMENTO, S. T., MURATA, L. S., DOS SANTOS, V. M., NETO, A. J. S., DE OLIVEIRA, E. M., LISBOA, A. S. & SILVA, L.F. Thermal comfort of sows in free-range system in Brazilian Savanna. *Journal of thermal biology*, v.88, p.102489, 2020.

NASIRAHMADI, A., HENSEL, O., EDWARDS, S. A., & STURM, B. A new approach for categorizing pig lying behaviour based on a Delaunay triangulation method. *Animal*, v.11, n.1, p.131-139, 2017.

NASIRAHMADI, A., STURM, B., OLSSON, A. C., JEPPSSON, K. H., MÜLLER, S., EDWARDS, S., & HENSEL, O. Automatic scoring of lateral and sternal lying posture in grouped pigs using image processing and Support Vector Machine. *Computers and electronics in agriculture*, v.156, p.475-481, 2019.

NAVAS, T. D. O., OLIVEIRA, H. D., CARVALHO, F. D., STRINGHINI, J. H., CAFÉ, M. B., & HELLMEISTER FILHO, P. Estresse por calor na produção de frangos de corte. *Revista Nutritime*, v.13, p.4550-4557, 2016.

OCEPEK, M., GOOLD, C. M., BUSANČIĆ, M., & AARNINK, A. J. Maize silage as enrichment material improves the welfare of growing-finishing pigs in environmentally-friendly pens. *Applied Animal Behaviour Science*, p.105043, 2020.

RIAZ, M., AHMAD, G., KAREEM, I., & RAZA, S. H. Effects of prolonged photoperiod on growth performance, serum lipids and meat quality of Jinjiang cattle in winter. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2021.

ROSTAGNO, H. S. ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e 2017 exigências nutricionais / Editor: Horacio Santiago Rostagno 4. Ed. – Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 2017 p.451 -488.

SANTOS, T. C., CARVALHO, C. D., DA SILVA, G. C., DINIZ, T. A., SOARES, T. E., MOREIRA, S. D. J. M., & CECON, P. R. Influence of the thermal environment on the behavior and performance of pigs. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.17, n.2, p.241-253, 2018.

SILVA, I. J. O.; LIMA, G.; DELAGRACIA, M. *Ambiência na Produção de Suínos. Suinocultura: uma saúde e um bem-estar*. 1ed. Brasília: MAPA e II CA, 2020, v.1, p.205-223.

SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; MOURA, M. S. B.; SILVA, S. M. S.; MORAIS, J. E. F.; PEREIRA, P. C.; SOUZA, C. A. A. Soil water dynamics and evapotranspiration of

forage cactus clones under rainfed conditions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.50, n.7, p.515-525, 2015. 10.1590/S0100-204X2015000700001.

VAINER, A. M., ROCHA, V. S., & JUVENALE, M. Melatonina e sistema imune: uma relação com duas vias regulatórias. *Brazilian Journal of Health Review*, v.4, n.1, p.2906-2929, 2021.

VAN STAAVEREN, N., DOYLE, B., MANZANILLA, E. G., CALDERÓN DÍAZ, J. A., HANLON, A., & BOYLE, L. A. Validation of carcass lesions as indicators for on-farm health and welfare of pigs. *Journal of Animal Science*, v.95, n.4, p.1528-1536, 2017.

VERMEER, H. M., & HOPSTER, H. Operationalizing principle-based standards for animal welfare—indicators for climate problems in pig houses. *Animals*, v.8, n.4, p.44, 2018.

WARD JR, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American statistical association*, v.58, n.301, p.236-244, 1963.

YU, T. Y., YONG, Y. H., LI, J. Y., FANG, B., HU, C. Y., WU, L. Y., LIU, X., YU, Z., MA, X., PATIL Y., GOONERATNE, R. & JU, X. H. Proteomic study of hypothalamus in pigs exposed to heat stress. *BMC veterinary research*, v.16, n.1, p.1-11, 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na fase de crescimento o repertório comportamental foi maior em relação ao observado na fase de terminação, incluindo os comportamentos que compõe o comportamento ingestivo dos animais, ou seja, comer e beber. Na fase de terminação a ausência desses comportamentos dificultaram a caracterização com comportamento ingestivo dos animais.

A fase de terminação, por sua vez, os animais destinam maior parte de seu tempo descansando, que apresentou um número reduzido de modelos para caracterizar o comportamento ingestivo dos animais, quando comparado com o número de modelos estabelecidos na fase de crescimento, isso se deve a maior expressão comportamental dos suínos na fase de crescimento.

O tratamento com resfriamento adiabático evaporativo apresentou melhores modelos de regressão para ambas as fases de desenvolvimento, entretanto, o programa de

iluminação foi diferente para as fases de desenvolvimento, na fase de crescimento o tratamento com melhores modelos não tinha iluminação suplementar, enquanto na fase de terminação o tratamento com melhores modelos foi o tratamento com 18 horas de luz. Recomenda-se mais estudos a respeito do uso de iluminação suplementar na produção de suínos na região semiárida de Pernambuco.