

MONIQUE DE OLIVEIRA VILELA

**COMPORTAMENTO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE CODORNAS
JAPONESAS SUBMETIDAS A DIFERENTES REGIMES DE CALOR E
UMIDADE, COMBINADOS COM DIFERENTES
NÍVEIS DE VELOCIDADE DO AR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2016

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

V699c
2016 Vilela, Monique de Oliveira, 1990-
Comportamento e desempenho produtivo de codornas
japonesas submetidas a diferentes regimes de calor e umidade,
combinados com diferentes níveis de velocidade do ar. /
Monique de Oliveira Vilela. – Viçosa, MG, 2016.
xi, 90f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Richard Stephen Gates.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Ave - Criação - Instalações. 2. Controle ambiental -
Temperatura - Ar. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22 ed. 636.5

MONIQUE DE OLIVEIRA VILELA

**COMPORTAMENTO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE CODORNAS
JAPONESAS SUBMETIDAS A DIFERENTES REGIMES DE CALOR E
UMIDADE, COMBINADOS COM DIFERENTES
NÍVEIS DE VELOCIDADE DO AR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 15 de julho de 2016.

Fernando da Costa Baêta
(Coorientador)

Marcos Oliveira de Paula

Richard Stephen Gates
(Orientador)

Aos meus pais, irmãs, namorado, avós, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram durante o mestrado, alguns mesmo de longe.

OFEREÇO

Em especial, ao meu avô Antenor (in memorian), que já não está entre nós, mas comigo ficarão as boas lembranças, os momentos alegres, o seu sorriso no rosto, e tudo que nosso professor nos ensinou. Sobre as estrelas, os planetas, os aviões, a origem da vida, a história do mundo, o francês, o incentivo desde pequenininha pra que eu fosse professora... As primeiras explicações científicas de tudo que eu tinha dúvida, quem me deu foi ele. Eu não sei como vou me sentir quando chegar em casa e não vê-lo assistindo Chaves, morrendo de dar risadas, e me chamando de Monicota.. Não sei como vai ser olhar pela janela de casa e não ver o senhor deitado na rede... Muito do que sou é parte do senhor, e eu agradeço a Deus por ter sido sua neta, por ter morado quase toda a minha vida com o senhor... Por ter sido sua quinta filha e o senhor, meu segundo pai. Agradeço por tudo o que fez por nossa família... Lembrarei e vou rezar por você todos os dias de minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que fez com que tudo me trouxesse a este caminho... Que mudou minha rota, meus planos, meus objetivos... Que me trouxe a oportunidade de chegar até aqui... E agradeço a minha madrinha, minha Nossa Senhora Aparecida, por interceder por mim, por velar por mim, por estar comigo no coração e em pensamento em todos os momentos...

Agradeço meus pais, Lucenyr e Washington, por todo o amor e por estarem sempre comigo, mesmo à distância. Por não medirem esforços para fazer com que eu e minhas irmãs sempre realizemos os nossos sonhos. Agradeço por todo o sacrifício, dedicação, amor, e por confiarem em mim.

As minhas maninhas Monisa, Mariana e Giovana. Obrigada por tanto amor e por deixar isso sempre tão claro durante toda a vida. Obrigada pela amizade, pelo companheirismo, por me fazer sorrir, por me deixar com saudades... Junto com minha mãe, minhas melhores amigas! Agradeço ao meu cunhado, Luiz Gustavo, que sempre que precisei, desde a graduação, me auxiliou com as disciplinas e continua sempre disposto a ajudar. Agradeço a amizade e o carinho que temos um com o outro. Afinal, você também é meu irmão agora!

Aos meus avós, Jadiro, Lindalva, Alenir e Antenor, que são também meus pais e cuidaram de mim boa parte da minha vida! Agradeço pelo carinho, pelo cuidado, pelas ligações, pelas orações, pelas comidinhas quando vou ao MT, e por todo o amor que vocês têm por mim. Em especial, agradeço ao meu avô-pai querido, Antenor (in memoriam), que com certeza está orgulhoso de mim agora.

Ao meu namorado Robson, que está sempre comigo, e com certeza foi uma das pessoas que mais me ajudou no mestrado! Ele sabe bem como é essa experiência, e com certeza viu todos os meus momentos, tanto de alegria quanto de tristeza. Agradeço o companheirismo, a amizade e o amor que tem por mim. Sem dúvidas, ele é um dos presentes mais maravilhosos que Viçosa me deu. Agradeço ainda, à família do Robson, que me acolheu de braços abertos e sempre me trataram tão bem.

A toda a minha família, meus tios e primos, de quem eu sinto tanta saudade! Obrigada por todo o apoio e por todo o amor e carinho que vocês têm por mim.

Ao meu orientador, Professor Gates, pela paciência, pela orientação, pelos ensinamentos, pela confiança, e pelo auxílio na elaboração e realização deste trabalho.

A Professora Ilda, pela oportunidade concretizar o sonho de ser pós graduanda da UFV e integrante do Ambíagro. Obrigada pela amizade, por estar sempre à disposição, pelos sábios ensinamentos e por me ensinar a crescer, tanto pessoalmente quanto profissionalmente.

Aos professores Cecília, Fernando, Jadir, Delly, Fátima Baptista, Marcos e todos os outros professores do curso pelo conhecimento a mim transmitido e por toda a contribuição durante o mestrado.

Ao Professor Jofran e Professora Conceição, pela amizade, pela paciência, pelas lições tanto acadêmicas quanto de vida, e por serem fundamentais na minha formação e para que eu chegasse até a UFV.

Ao professor Sérgio Zolnier e a Tatiany, pelo auxílio no desenvolvimento deste projeto, principalmente pela construção do protótipo.

Aos amigos do Ambiaagro: Marcia, Letícia, Luís Gustavo, Jadson, Tania, Tatiany, Rafaella, Robinson, Lina, Martin, Mucio, Diogo, Fatinha, Kelle, Fernanda e Svet por fazer parte do meu dia a dia e pelos momentos de partilha.

Agradeço em especial ao meu irmão Carlos, que está presente desde o início, na graduação, e além da amizade, me ajudou em praticamente todas as fases da minha formação acadêmica.

Ao grande amigo Rafael Costa, pela disposição para trocar ideias, pelos conselhos, pelo incentivo nos momentos mais difíceis e pela amizade.

Ao Keller, Damiana e Guilherme, que foram pessoas essenciais para a elaboração do projeto e na análise e discussão dos dados obtidos ao longo do período experimental. Apreendi muito com eles e serei eternamente grata!

A todos os estagiários que contribuíram para a realização deste projeto, em especial agradeço a Vitória e ao Caio, que trabalharam diretamente comigo, e trabalharam muito! Vocês foram essenciais no experimento!

Dizem que amigos verdadeiros são poucos, mas eu sou agraciada, pois: Adrielle, Laysa, Nathaly, Quizzi, Viviane, Clara, Mayara, Adriana, Cândido, Carlos, Nayara, Nayra, Fran, Renan, Rodrigo, Rogério, Otávio, Marcel, Diego Vasconcelos, Clarinha, Cadu, Lelo, Damaris, Jocasta, Heitor, Diego Beber, Renan, Leonardo, Vagner, Gabriel, Ana, Roberto, Diego Borges, Jussara, Leandro, Márcia (in memorian) Débora, Blandon, Fernanda, Paola, Dáblío e Fran, Josi, agradeço a todos vocês pela amizade de tantos anos e pelo apoio sempre que eu precisei. Agradeço às amadas Lucia Cipriano e Professora Laci Araújo, que sempre se dispuseram a me ajudar e ficaram tão felizes quando souberam que eu seguiria pela área acadêmica.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola e seus funcionários.

A CAPES, CNPq e Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro a esta pesquisa e pela concessão da bolsa de estudos.

Obrigada a todos que acompanharam minha trajetória e torcem sempre por mim!

BIOGRAFIA

MONIQUE DE OLIVEIRA VILELA, filha de Washington Vilela de Freitas e Lucenyr Pereira de Oliveira, nasceu em Rondonópolis, Mato Grosso, em 25 de agosto de 1990.

Em março de 2009, ingressou no curso de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental na Universidade Federal de Mato Grosso.

Em fevereiro de 2014, submeteu-se à defesa de sua monografia “Avaliação dos índices de conforto térmico em instalação comercial de aves de corte no município de Nova Mutum – MT”, sob a orientação do Professor Jofran Luiz de Oliveira, assim concluindo o curso de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Em agosto de 2014, ingressou no Programa de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, em nível de mestrado, na área de Construções Rurais e Ambiente, sob a orientação do Professor Richard S. Gates.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1: SISTEMA PARA O AJUSTE DA VELOCIDADE DO AR EM ESTUDOS COM AVES, EM AMBIENTE CONTROLADO	7
Resumo.....	7
Abstract	8
1.1 INTRODUÇÃO	9
1.2 METODOLOGIA	10
1.2.1 Considerações Gerais	10
1.2.2 Etapa pré-experimental.....	11
1.2.3 Análise dos dados	16
1.2.3.1 Mapeamento e distribuição do fluxo de ar.....	16
1.2.3.2 Teste t-pareado	19
1.2.3.3 Análise de Correlação	20
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
1.4 CONCLUSÕES	39
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
CAPÍTULO 2: INFLUÊNCIA DE DUAS CONDIÇÕES DE CALOR E UMIDADE ASSOCIADAS A DOIS NÍVEIS DE VELOCIDADE DO AR SOBRE O COMPORTAMENTO, DESEMPENHO PRODUTIVO E VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DE CODORNAS JAPONESAS	42
Resumo.....	42
Abstract	43
2.1 INTRODUÇÃO	45

2.2	METODOLOGIA	47
2.2.1	Considerações Gerais	47
2.2.2	Características da Instalação	47
2.2.3	Descrição do experimento e manejo das aves	48
2.2.4	Coleta de dados	49
2.2.4.1	Ambiente de criação	49
2.2.4.2	Análise do padrão comportamental das aves	50
2.2.4.3	Parâmetros de desempenho zootécnico e fisiológico	51
2.2.4.4	Temperatura Superficial Média (TSM)	55
2.2.5	Delineamento experimental.....	55
2.2.6	Análise Estatística	58
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
2.3.1	Caracterização do ambiente de criação	62
2.3.2	Avaliação comportamental.....	65
2.3.3	Avaliação dos parâmetros de desempenho zootécnico	78
2.3.4	Avaliação da temperatura superficial média (TSM)	82
2.4	CONCLUSÕES	85
2.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86

RESUMO

VILELA, Monique de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2016. **Comportamento e desempenho produtivo de codornas japonesas submetidas a diferentes regimes de calor e umidade, combinados com diferentes níveis de velocidade do ar.** Orientador: Richard Stephen Gates. Coorientadores: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Fernando da Costa Baêta e Cecília de Fátima Souza.

Em condições térmicas desfavoráveis, as aves necessitam ajustar seus padrões comportamentais e fisiológicos, a fim de realizar o balanço de calor. Elementos climáticos como: temperatura e umidade relativa do ar, vento e radiação solar são fatores preponderantes por afetarem diretamente a capacidade produtiva, reprodutiva e de sobrevivência das codornas. Neste sentido, objetivou-se, a partir desta pesquisa, avaliar a performance de um sistema projetado para o controle dos níveis de velocidade do ar, destinado à utilização em experimentos com aves em câmaras climáticas; e avaliar a influência de duas condições de estresse por calor (seco e úmido), combinadas com dois níveis de velocidade do ar (baixa velocidade – 0 m.s^{-1} e alta velocidade – $2,3 \text{ m.s}^{-1}$), nos aspectos comportamentais de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em pré-pico de postura. O presente trabalho foi desenvolvido em câmaras climáticas localizadas no Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO), pertencente ao setor de Construções Rurais e Ambiente do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Os resultados obtidos foram reportados em dois capítulos, sendo o primeiro intitulado: “Sistema para o ajuste da velocidade do ar em estudos com aves, em ambiente controlado” e o segundo: “Influência de duas condições de calor e umidade associadas a dois níveis de velocidade do ar sobre o comportamento, desempenho produtivo e variáveis fisiológicas de codornas japonesas”. Em relação à avaliação do protótipo de controle da velocidade do ar, os resultados foram apresentados com base no mapeamento da distribuição espacial do fluxo do ar em toda a gaiola e na região próxima ao comedouros, demonstrando características de intensidade de fluxo semelhantes para as gaiolas submetidas ao mesmo nível de velocidade. Não houve diferença significativa ($P>0,05$) na diferença média pareada dos dados aferidos para a porção frontal dos pares de gaiolas com níveis de velocidade similares. Verificou-se correlação significativa ($P<0,001$) entre os dados de velocidade do ar mensurados nas gaiolas submetidas à mesma velocidade do

ar. A partir dos resultados da análise da influência da interação “ambiente térmico *versus* velocidade do ar” sobre o comportamento, desempenho produtivo e temperatura média superficial das codornas, conclui-se que os padrões comportamentais das aves no que diz respeito ao ato de COMER e FICAR PARADO apresentaram diferenças estatísticas significativas na interação entre os dois fatores ($P < 0,05$). Já para a categoria BEBER, houve diferenças significativas em ambos os fatores, avaliados isoladamente ($P < 0,05$), contudo a interação dos mesmos não foi significativa. O padrão comportamental FICAR ATIVO apresentou diferença estatística somente no fator ambiente térmico ($P < 0,05$), e para o padrão comportamental que representa expressões de conforto, ABRIR ASAS/ ARREPIAR, notou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$). Em relação às variáveis de desempenho produtivo das codornas, não houve influência significativa de fatores principais ou sua interação ($P > 0,05$) sobre o consumo de ração, massa de ovos e conversão alimentar. Por outro lado, os diferentes ambientes térmicos afetaram significativamente o consumo de água ($P = 0,003$). Houve aumento significativo de 29% e 48% no consumo de água das aves expostas ao calor seco e calor úmido, respectivamente, quando comparadas ao ambiente termoneutro. Contudo o fator “velocidade do ar” e a interação entre ambos (ambiente térmico \times velocidade do ar) não afetaram este parâmetro ($P > 0,05$). Observou-se ainda que tanto o ambiente térmico quanto a velocidade do ar influenciaram significativamente ($P < 0,05$) na variação da temperatura superficial média (TSM) das codornas, com aumento de aproximadamente $13,5^{\circ}\text{C}$ na TSM para ambas as condições de estresse por calor, quando comparadas à condição de termoneutralidade; e pela redução de $1,5^{\circ}\text{C}$ na TSM de aves submetidas a altas velocidades em relação àquelas expostas a baixos valores deste fator.

ABSTRACT

VILELA, Monique de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2016. **Behavior and performance of Japanese quails under different heat and humidity regimes combined with different levels of air speed.** Adviser: Richard Stephen Gates. Co-advisers: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Fernando da Costa Baêta and Cecília de Fátima Souza.

Under unfavorable thermal conditions, poultry need to adjust their behavioral and physiological patterns in order to maintain a heat balance. Environmental influences such as temperature, relative humidity, wind and radiation are important factors that directly affect the productive capacity, reproduction and survival of quails. This study aimed to evaluate the performance of a system designed for air velocity control, intended for use in experiments with birds in climate chambers; and to evaluate the influence of two conditions of heat stress (dry and wet), combined with two air velocity levels (low speeds - 0 m.s^{-1} , and high speeds - 2.3 m.s^{-1}) on the behavioral aspects of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) in pre-peak of posture. This study was conducted in climatic chambers located in Center for Research in Environment and Agroindustrial Systems Engineering (AMBIAGRO) belonging to the sector of Rural Buildings and Environment of Department of Agricultural Engineering of Federal University of Viçosa. The results were reported in two sections, the first entitled "Variable Velocity System for Evaluating Effects of Air Velocity on Japanese Quail" and second "Influence of two heat and humidity conditions combined with two air velocity levels on behavior, productive performance and physiological variables of Japanese quails. " Regarding the evaluation of the air velocity control prototype, results were presented by mapping the spatial distribution of air flow across the cage and in the region closest to the feeder, showing characteristics similar for flow to the cages subjected to same level of speed. There was no significant difference ($P>0.05$) in mean paired difference between the measured data for the front portion of the pairs of cages with similar air velocity set points. A significant correlation was found ($P<0.001$) between measured air velocity data in cages subjected to the same treatment. From the results of the influence of the interaction "thermal environment x air speed" on behavior, production performance and average surface temperature of the quails, it can be concluded that the categories EATING and STOPPED/RESTING show statistically significant differences in the interaction between two factors

($P < 0.05$). As for DRINKING category, there were significant differences in the behavior of birds for the two main factors (thermal environment and air velocity) ($P < 0.05$), but their interaction was not significant. The category ACTIVE was statistically significant for thermal environment ($P < 0.05$) but for OPEN WINGS/BRISTLE there was no significant difference between treatments ($P > 0.05$). Regarding the quails' performance variables, there was no significant influence of main factors and their interaction ($P > 0.05$) on feed intake, egg mass and feed conversion. On the other hand, different thermal environments significantly affected the water intake ($P = 0.003$). There was a significant increase of 29% and 48% in water consumption of poultry exposed to dry heat and moist heat, respectively, when compared to the thermoneutral environment. However, the factor air speed and the interaction between them (thermal environment \times speed air) did not affect this parameter ($P > 0.05$). It was also observed that both the thermal environment as the airspeed influenced significantly ($P < 0.05$) in the average surface temperature variation of the quails, an increase of approximately 13.5°C at average surface temperature for both conditions of heat stress when compared to the thermoneutral condition; and a reduction of 1.5°C in the TSM birds subjected to high speeds compared to those exposed to low values of this factor.

INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas, a avicultura brasileira tem apresentado avanços significativos e números expressivos dentro do complexo da produção de proteína animal. Diante de toda a modernização do setor, a coturnicultura vem se destacando no mercado agropecuário brasileiro por ser uma atividade bastante rentável ao produtor que deseja investir profissionalmente na exploração de ovos e carne (ALBINO e BARRETO, 2012).

Segundo dados do (IBGE, 2013), a produção de ovos de codorna em 2014 foi estimada em 392,73 milhões de dúzias, representando um aumento de 14,7% em relação a 2013. A região Sudeste concentra a maior parte da produção (82,1%), com destaque para o estado de São Paulo, que representou 59,3% do total nacional de ovos produzidos.

O aumento da procura por ovos de codorna pode ser explicado pelas mais recentes formas de comercialização dos mesmos. Atualmente, além de ser ofertado em sua forma “*in natura*”, é possível encontrar no mercado os produtos processados (em conserva ou descascados) e, com isso, a comercialização se expande a restaurantes, bares, churrascarias, entre outros (RIBEIRO e RIBEIRO JR, 2015).

A fim de atender a demanda e reduzir custos, o sistema de produção em alta densidade foi inevitável para o setor e, diante disto, surgiu a necessidade de reduzir os efeitos excessivos das variáveis climáticas e a sensação de desconforto ao animal, impostos por flutuações térmicas do ambiente (TINÔCO, 2001). Assim, o manejo do ambiente térmico deve ser visto como uma preocupação primária do ponto de vista produtivo, uma vez que todo o progresso biotecnológico resultou em maior produtividade do animal e, conseqüentemente, em maior produção de calor devido à sua alta atividade metabólica. Um ambiente termicamente confortável é essencial para que as aves possam dissipar o calor excedente e, desta forma, expressar seu real potencial produtivo (FERREIRA, 2016). Sousa (2013) afirma que a faixa de temperatura do ar que melhor caracteriza a zona de conforto térmico para codornas de corte é de 24°C a 26°C. Em relação à umidade relativa ideal perante esta faixa de temperatura, Oliveira (2007) afirma que deve permanecer por volta de 65% e 70%.

As aves são animais homeotermos, ou seja, conseguem manter a temperatura do núcleo corporal estável, dentro de certos limites, independente da variação da temperatura do ambiente, permanecendo em constante troca de energia com o meio

no qual estão inseridas (BAÊTA e SOUZA, 2010). Contudo, a otimização deste processo só é possível quando o ambiente se encontra em uma faixa de temperatura ambiental efetiva dentro da zona de termoneutralidade, onde se verifica o mínimo dispêndio de energia com o processo de manutenção da homeotermia e a máxima produtividade. Por isso, quando expostas a condições térmicas desfavoráveis, a ave necessita ajustar seus padrões comportamentais e fisiológicos, a fim de realizar o balanço de calor. Elementos climáticos como temperatura, umidade relativa, vento e radiação são fatores preponderantes por afetarem diretamente a capacidade produtiva, reprodutiva e de sobrevivência das codornas (AMARAL, 2012; TINÔCO, 2001). Em geral, a condição térmica verificada no interior de uma instalação é derivada do tipo de material usado e das características construtivas da edificação. Além disso, depende da espécie e do número de animais alojados, como também do manejo e das modificações oriundas tanto dos equipamentos que compõe o sistema produtivo quanto daqueles designados ao acondicionamento térmico ambiental e, principalmente, das condições climáticas locais (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Notoriamente, um dos maiores problemas na avicultura brasileira é o estresse por calor, uma vez que as aves não possuem glândulas sudoríparas e apresentam o corpo recoberto por penas. A troca de calor com o ambiente ocorre através do aumento da frequência respiratória, o que resulta em perdas de CO₂ e afeta a disponibilidade de bicarbonatos (HCO₃) (FURLAN et al., 2008), utilizados na formação da casca do ovo, comprometendo a formação da mesma. Ainda, observa-se que aves mantidas sob calor intenso apresentam redução na taxa de produção de ovos e na massa de ovos (BOZKURT et al., 2012), além da redução na espessura, peso e densidade da casca (EBEID; SUZUKI; SUGIYAMA, 2012; FRANCO-JIMENEZ et al., 2007).

Costa et al. (2012) afirmam que, quando submetidas à condição de temperatura e umidade relativa do ar elevadas, as aves apresentam dificuldade em transferir o excesso de calor corporal produzido para o ambiente, provocando a elevação de sua temperatura interna, e conseqüentemente, queda na produtividade. Nesse caso, apenas uma parte da energia dos alimentos ingeridos pelas aves é convertida para a produção, sendo o restante empregado na conservação dos mecanismos de manutenção dos animais.

Outro fator a ser considerado é a velocidade do ar, uma vez que, no Brasil, as instalações utilizadas para a criação de codornas são predominantemente abertas, sujeitas à ação da ventilação natural, da temperatura e umidade relativa do ar exterior. Sem o controle ambiental desejado, as condições climáticas do meio externo são facilmente transferidas aos interiores, expondo as aves a situações de desconforto tanto por frio quanto por calor, podendo comprometer essencialmente o seu desempenho.

Um dos primeiros sinais de desconforto térmico dos animais consiste na alteração das respostas comportamentais dos mesmos frente às adversidades ambientais. Santos et al. (2012) descrevem que, ao serem submetidas a altas temperaturas, as aves apresentam redução no consumo de alimentos e tendem a permanecer prostradas com as asas abertas, como uma estratégia para tentar dissipar calor corporal para o ambiente. Já ao serem submetidas a temperaturas abaixo do limite inferior da zona de conforto, as aves tendem a se agrupar, a reduzir o consumo de água e a aumentar a ingestão de alimentos, como uma estratégia para melhorar a termorregulação, visando regular sua taxa de calor corporal perdida para o ambiente (NAVAS, 2014).

Por meio da avaliação comportamental, pode-se verificar a influência do ambiente de criação sobre o bem-estar e desempenho dos animais. Porém, é necessária a utilização de técnicas adequadas para o monitoramento dos padrões comportamentais das aves, buscando uma análise mais precisa sobre a relação ambiente \times comportamento \times bem-estar animal (SALTORATTO et al., 2013).

A utilização de recursos visuais pode constituir-se em uma importante ferramenta para a identificação de problemas relacionados à ambiência, uma vez que os animais exercem comportamentos característicos em resposta às condições térmicas impostas (AMARAL, 2012).

Jones (1996) pressupõe que o estresse pode comprometer seriamente o bem estar e a produtividade das aves e, dependendo do nível deste estresse, a ocorrência de comportamentos indesejáveis, como agressividade e pânico, pode causar lesões e até mesmo a morte das mesmas. Portanto, a avaliação comportamental dos animais é de extrema importância para garantir melhorias no bem estar e, conseqüentemente, obter maior produtividade.

Neste contexto, o estudo do efeito do ambiente térmico sobre o comportamento animal, juntamente com os aspectos fisiológicos e produtivos, torna-se um parâmetro

eficiente para a mitigação de problemas correlatos à ambiência, auxiliando os produtores no aprimoramento de suas técnicas de manejo ambiental.

Com base no exposto, objetivou-se:

1) Avaliar a performance de um sistema projetado para o controle de variação da velocidade do ar, destinado à utilização em experimentos com aves em ambiente controlado;

2) Avaliar a influência da interação de duas condições de calor (calor seco e calor úmido), associado a dois níveis de velocidade do ar (baixa velocidade – 0 m.s^{-1} ; e alta velocidade – $2,3 \text{ m.s}^{-1}$), nos aspectos comportamentais de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em pré-pico de postura.

A fim de reportar os resultados da presente pesquisa, a dissertação se apresenta em dois capítulos, intitulados:

- Capítulo I – Sistema para ajuste da velocidade do ar em estudos com aves em ambiente controlado.
- Capítulo II – Influência de duas condições de calor e umidade associadas a dois níveis de velocidade do ar sobre o comportamento, desempenho produtivo e variáveis fisiológicas de codornas japonesas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, L. F. T.; BARRETO, S. L. DE T. **Criação de codornas para produção de ovos e carne**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2012.

AMARAL, A. G. Processamento de Imagens Digitais para Avaliação do Comportamento e Determinação do Conforto Térmico de Codornas de Corte. 82 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2012.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em Edificações Rurais**. 2^a. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010.

BOZKURT, M. et al. Performance, egg quality, and immune response of laying hens fed diets supplemented with mannan-oligosaccharide or an essential oil mixture

under moderate and hot environmental conditions. **Poultry Science**, v. 91, n. 6, p. 1379–1386, 2012.

COSTA, E. M. DA S.; DOURADO, L. R. B.; MERVAL, R. R. Medidas para avaliar o conforto térmico em aves. **PUBVET**, v. 6, n. 31, 2012.

EBEID, T. A.; SUZUKI, T.; SUGIYAMA, T. High ambient temperature influences eggshell quality and calbindin-D28k localization of eggshell gland and all intestinal segments of laying hens. **Poultry Science**, v. 91, n. 9, p. 2282–2287, 2012.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente - para aves, suínos e bovinos**. 3ª edição ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2016.

FRANCO-JIMENEZ, D. J. et al. Differential effects of heat stress in three strains of laying hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, n. 4, p. 628–634, 2007.

FURLAN, R. L.; SILVA, A. V. .; BORGES, S. A. Equilíbrio ácido básico. In: **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2ª. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2008.

IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro: 2013. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2013/ppm2013.pdf>.

JONES, R. B. Fear and adaptability in poultry: insights, implications and imperatives. **World's Poultry Science Journal**, v. 52, p. 131–174, 1996.

NAVAS, T. DE O. **Estresse por calor na produção de frangos de corte**. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 2014.

OLIVEIRA, B. L. **Manejo em granjas automatizadas de codornas de postura comercial**. Simpósio Internacional de Coturnicultura. **Anais...**Lavras: Núcleo de Estudos em Ciência e Tecnologia Avícolas, 2007.

RIBEIRO, C. L. N.; RIBEIRO JR, V. **Codornas: Como produzir estas “máquinas**

de ovos”?Estratégias para a sustentabilidade da cadeia agropecuária. **Anais...Viçosa:** Anais... VII Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável, 2015

SALTORATTO, A. Y. K. et al. Monitoramento De Avicultura a Partir De Técnicas De Visão Computacional. **Colloquium Exactarum**, v. 5, n. 2, p. 47–66, 2013.

SANTOS, M. J. B DOS.; RABELLO, C. B.; PANDORFI, H.; TORRES, T. R.; SANTOS, P. A DO.; CAMELO, L. C. L. Fatores que interferem no estresse térmico em frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, p. 1779 – 1786, 2012.

SOUSA, M. S. **Determinação das faixas de conforto térmico para codornas de corte de diferentes idades.** 87 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2013.

TINÔCO, I. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 3, n. 1, p. 01–26, jan. 2001.

CAPÍTULO I

Sistema para o ajuste da velocidade do ar em estudos com aves, em ambiente controlado

Resumo: A manutenção de um ambiente térmico confortável e produtivo para as aves é um dos maiores desafios da avicultura em climas tropicais e quentes. O ambiente térmico abrange uma série de fatores que interagem entre si e refletem a sensação térmica real dos animais, incluindo a radiação solar, temperatura de bulbo seco, umidade relativa e velocidade do ar. Essas variáveis caracterizam o microclima das aves e influenciam o seu comportamento, desempenho e bem-estar. A indústria sugere que a produção de ovos de codorna fica comprometida durante os períodos de inverno com ventos fortes nas regiões montanhosas do Brasil. Este estudo descreve a concepção e avaliação de um sistema destinado a controlar a velocidade do ar, aplicado a codornas japonesas durante experimentos em câmaras climáticas, utilizado para avaliar o efeito da velocidade, temperatura e umidade relativa do ar. O sistema foi desenvolvido para simular condições de campo observadas em regiões de ventos fortes, onde codornas são criadas em galpões abertos, com a presença apenas de cortinas laterais. O desempenho do sistema experimental foi avaliado com base em perfis de distribuição de velocidade do ar em gaiolas experimentais, com fluxo de ar direcionado na frente das mesmas. Cada protótipo foi composto por dois ventiladores acoplados a um tubo de PVC de 25 cm de diâmetro, um em cada extremidade deste, com o fluxo de ar direcionado ao longo de todo o comedouro instalado na frente das gaiolas. Oito protótipos foram construídos e avaliados. A velocidade do ar foi medida em 275 pontos uniformemente dispostos ao longo das três dimensões (comprimento, largura e altura) de oito gaiolas, sendo duas para cada velocidade do ar nominal (0; 1; 2 e 3 m.s⁻¹). A distribuição espacial da velocidade foi analisada por meio do mapeamento e da estatística descritiva, com atenção para a zona mais próxima do comedouro. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) na diferença média pareada de dados de velocidade do ar medida nas porções dianteiras das gaiolas com velocidades similares. Correlação significativa foi encontrada ($P < 0,001$) entre a velocidade do ar medida em pontos pareados nas gaiolas sujeitas ao mesmo tratamento de velocidade. A comparação entre a velocidade média do ar mensurada e os valores nominais pré-determinados usados no experimento com

codornas indicou a necessidade de atenção ao ajuste da velocidade de saída do ar, especialmente no tratamento com velocidades nominais mais elevadas, como 3 m.s^{-1} .

Palavras-chave: Ambiente controlado; estresse por frio; estresse por calor

Abstract: Maintaining a comfortable and productive thermal environment for birds is one of the biggest challenges facing poultry production in tropical and hot climates. The indoor thermal environment covers a range of factors that interact with each other and reflect the real thermal sensation of animals, including dry bulb temperature, relative humidity, solar radiation and air velocity. These variables characterize a bird's microclimate and influence its behavior, performance and welfare. Anecdotal evidence from industry suggests that Japanese quail egg production is compromised during winter periods with strong winds in mountainous regions of Brazil. This study describes the design and evaluation of a system designed to control air velocity applied to Japanese quail during experiments in controlled environment research chambers, used to evaluate the effect of velocity, temperature and humidity. The system was developed to simulate observed field conditions encountered in regions of high winds where quail are raised in curtain-sided housing. The experimental system performance was evaluated by characterizing air velocity distribution in cages, with the air flux directed at the front of the cages. Each system consists of two fans coupled to a 25 cm PVC tube, one at each end, with the outlet airflow directed over the cage front at the feeder. Eight such systems were built and evaluated. Air velocity was measured at 275 points uniformly arranged along the three dimensions (length, width and height) in eight cages with zero, 1, 2 or 3 m.s^{-1} nominal velocity setpoints. Spatial distribution of velocity was analyzed by mapping and from descriptive statistics, with attention to the zone closest to the feeder. There was no significant difference ($P>0.05$) in mean paired difference of air speed data measured for pairs of front portion cages with similar velocities. A significant correlation was found ($P<0.001$) between the measured air velocity at paired points in the cages subjected to the same velocity treatment. A comparison of measured mean air velocity to the nominal setpoint values used for experiments indicated that careful attention to outlet adjustment is important, especially at higher nominal velocity setpoint as 3 m.s^{-1} .

Key-words: Controlled environment; cold stress; heat stress

1.1 INTRODUÇÃO

O ambiente térmico engloba um complexo de fatores que interagem entre si e refletem na temperatura ambiental efetiva, ou seja, na real sensação térmica dos animais (CURTIS, 1983). Logo, a temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, bem como a radiação solar, são as principais variáveis que caracterizam o microclima de um local e influenciam no comportamento, desempenho e bem estar das aves.

Apesar de todo o progresso tecnológico do setor avícola, o ambiente térmico continua sendo um dos principais fatores que interferem diretamente no desempenho das aves, especialmente no Brasil, onde a tipologia construtiva dos aviários é, em grande parte, aberta. Assim, é primordial o planejamento para a concepção de projetos de instalações animais em função da necessidade ambiental da espécie, do tipo de manejo e das características climáticas de cada região (SANTOS et al., 2012), incluindo-se a direção e velocidade do ar, de modo que a mesma possa ser controlada de acordo com a necessidade. A variação dos níveis de velocidade do ar no interior de uma edificação favorece a transferência de calor corporal através dos mecanismos de convecção e evaporação (BAËTA e SOUZA, 2010) e, dentro de certos limites, permite controlar a temperatura e umidade relativa do ar, sendo elemento fundamental na atenuação dos efeitos negativos causado pelo estresse térmico nas aves (ABREU et al., 2011; BIANCHI et al., 2015). Em adição, contribui para a manutenção da qualidade do ar, eliminando gases nocivos que comprometem tanto a saúde dos animais quanto dos trabalhadores (MENEGALI et al., 2013), atuando, por exemplo, na remoção do excesso de calor e umidade, o que auxilia no controle da concentração de amônia dentro do galpão (MANNO et al., 2011).

Blakely et al. (2007) afirmam que as variações térmicas do ambiente de criação são fortemente influenciadas pela velocidade do ar, acometendo significativamente a performance das aves. Altas velocidades diminuem a temperatura efetiva; sendo assim, a presença de correntes de ar é prejudicial em ambientes frios. No entanto, em ambientes quentes, certos valores de velocidade do ar podem amenizar o calor. Ruzal et al. (2011) relatam que altas taxas de ventilação (3 m.s^{-1}) afetam positivamente a produção de ovos. Vigoderis et al. (2010) avaliaram a influência da ventilação mínima no conforto térmico, qualidade do ar e no desempenho de frangos de corte durante o inverno, utilizando um sistema constituído

de três ventiladores com vazão de $300 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, posicionados próximos ao forro, paralelamente ao piso e insuflando ar para o interior do galpão. Nestas condições, concluíram que o sistema de ventilação mínima reduziu significativamente a temperatura no interior do aviário, refletindo no comprometimento da conversão alimentar, peso de abate e eficiência produtiva dos animais.

Uma das regiões de maior interesse para a análise da influência da velocidade do ar sobre o bem-estar e desempenho das aves é a zona próxima ao comedouro. A importância do estudo da intensidade e distribuição do fluxo de ar nesta região se dá pela sua influência sobre o comportamento ingestivo dos animais, sendo este um aspecto intimamente relacionado ao desempenho dos mesmos. Deste modo, Yahav et al. (2001), estudando o efeito da velocidade do ar no desempenho de frangos de corte submetidos a estresse por calor, concluíram que as aves expostas a velocidades do ar mais elevadas ($2,5$ e $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) obtiveram melhores resultados para o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar quando comparadas às aves submetidas a velocidade do ar de $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Em vista da relevância de mais estudos relacionando a influência da velocidade do ar sobre o bem-estar e desempenho de animais de criação, e considerando a dificuldade prática muitas vezes encontradas para execução desse tipo de experimento em condições de campo, é de suma importância o desenvolvimento de protótipos de controle dessa variável. Assim, este equipamento pode ser utilizado em experimentos com animais em ambientes controlados, como, por exemplo, o sistema desenvolvido por Yanagi Jr et al. (2002) para o controle e medição da temperatura de bulbo seco, umidade relativa e velocidade do ar em pesquisas que avaliam o efeito do estresse por calor em aves. Portanto, o objetivo do presente estudo consistiu em avaliar a performance de um sistema projetado para o controle de variação da velocidade do ar, para utilização em experimentos com aves em ambiente controlado.

1.2 METODOLOGIA

1.2.1 Considerações Gerais

A presente pesquisa foi realizada em câmaras climáticas localizadas na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO), do setor de Construções Rurais e Ambiência, no

Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa - Viçosa-MG. A avaliação do sistema foi feita com base na caracterização e distribuição do fluxo de ar no interior de gaiolas, onde os animais foram alojados, para a padronização das condições experimentais.

No presente estudo, foram utilizadas três câmaras climáticas, com dimensões individuais de 3,2 metros de comprimento por 2,44 metros de largura, e pé direito de 2,38 metros. Todas possuem sistema de aquecimento, umidificação e refrigeração, como demonstrado na Figura 1.1.

O sistema de controle de velocidade do ar utilizado é constituído por ventiladores Micro Motor Elgin $1/25$ MM – 20B Bivolt, frequência de 60 Hz, 11,93 W e diâmetro de 25 cm. O conjunto consiste em dois ventiladores acoplados em um tubo PVC, sendo um em cada extremidade, com o fluxo de saída de ar direcionado para as aves. A vazão volumétrica máxima do sistema, de acordo com as especificações do fabricante, é de $950 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Desta forma, através da regulagem da frequência da potência, as velocidades do ar dos ventiladores puderam ser manipuladas e ajustadas em diferentes níveis, de acordo com o que foi pré-determinado para o experimento.

1.2.2 Etapa pré-experimental

Para cada nível de velocidade, foram utilizadas duas gaiolas com dimensões de 1 m x 0,42 m x 0,42 m. Em cada uma delas foi instalado um protótipo de controle de velocidade do ar (Figura 1.1), com possibilidade de ajuste para diferentes velocidades, ao nível das aves. Para a validação do sistema concebido, cada protótipo foi ajustado de modo a fornecer às aves velocidades do ar o mais próximo possível às desejadas (velocidades nominais), que correspondem a: $0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ e $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Figura 1.1: Vista interna das câmaras climáticas, onde 1: ar condicionado; 2: umidificador de ar; 3: controlador eletrônico de temperatura e umidade relativa do ar (MT – 531R plus); 4 e 5: tubos de ventilação; 6: aquecedor de ar; 7 e 8: gaiolas; 9 e 10: comedouros; 11 e 12: reservatórios de água.

A regulagem da velocidade do ar foi realizada por meio de um dispositivo (dimmer) que, ao ser conectado em cada ventilador, possibilitou ajustar a intensidade de fluxo de ar de acordo com o nível desejado. Para prover níveis de velocidade do ar semelhantes, com o mínimo de variação entre os pontos de calibração, e para alcançar as intensidades de velocidade do ar pré-determinadas para os tratamentos, as mesmas foram ajustadas por meio da redução parcial da área de entrada de ar, de acordo com a direção e a localização de saída do fluxo. Os pontos adotados para a calibração da velocidade do ar foram localizados na saída do tubo, na região central de cada comedouro, como pode ser visto na Figura 1.2.

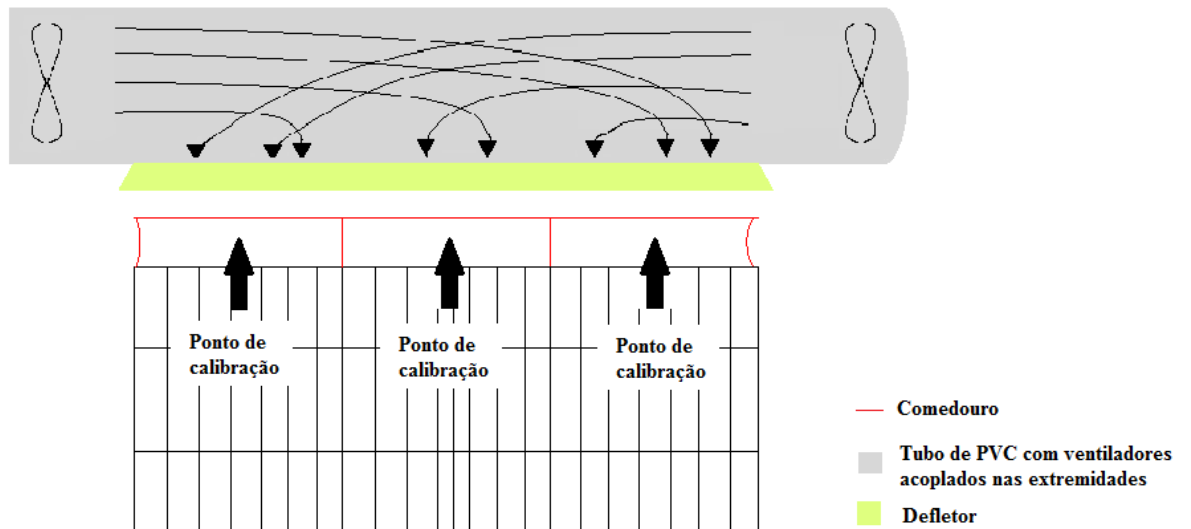


Figura 1.2: Rotas do fluxo de ar no interior dos tubos de PVC e localização dos pontos de calibração para o ajuste da velocidade do ar.

Para a análise da distribuição do fluxo de ar em cada gaiola, foram coletados dados de velocidade do ar, antes do alojamento das aves, em 275 pontos dispostos uniformemente ao longo das três dimensões (largura, comprimento e altura) da gaiola, ordenados a partir do marco (0,0,0), conforme apresentado nas Figuras 1.3 e 1.4.

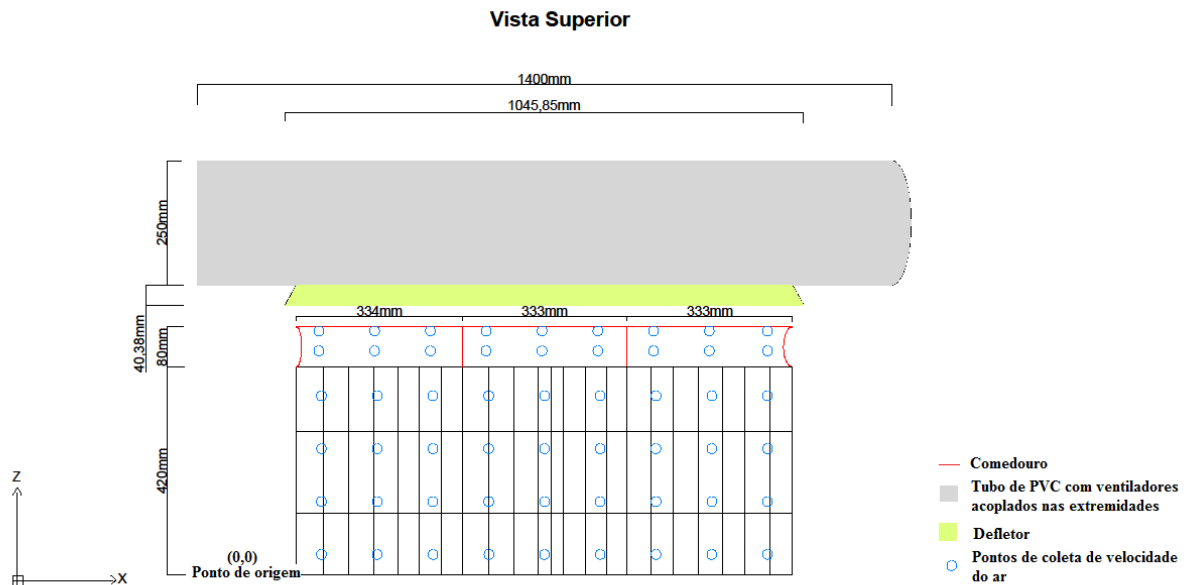


Figura 1.4: Vista superior do conjunto gaiola - protótipos de ventilação e detalhamento da distribuição dos pontos de coleta de dados de velocidade do ar.

Os pontos de medição de velocidade do ar apresentados nas Figuras 1.3 e 1.4 foram distribuídos conforme as cotas apresentadas na Tabela 1.1. No eixo Z, destaca-se que houve menor distanciamento entre os pontos localizados na região do comedouro (parte exterior da gaiola):

Tabela 1.1: Distanciamento (mm) entre pontos de medição da velocidade do ar nas gaiolas em cada eixo (x, y e z).

Distâncias (mm)	Eixo		
	X	Y	Z
Interior gaiola	112	87	107
Exterior gaiola	112	87	40

*Deve-se levar em consideração a variação de ± 10 mm sobre as distâncias apresentadas

Para aferir a velocidade do ar em cada ponto fixado, utilizou-se o termoanemômetro Testo 425 com sonda de velocidade fixa (Figura 1.5), que apresenta as seguintes especificações: cabeça da sonda 7,5 mm de diâmetro, faixa de medição de 0,0 a $+20,0 \text{ m.s}^{-1}$, resolução de $0,01 \text{ m.s}^{-1}$ e intervalo para a média móvel de 2 segundos. Os dados foram coletados durante o período de 1 minuto, totalizando 30 amostras por ponto, e, por fim, registrou-se a média fornecida no visor. É

importante ainda ressaltar que as medições foram realizadas por um único pesquisador, com o propósito de garantir fidedignidade dos dados.



Figura 1.5: Termoanemômetro Testo 425 com sonda fixa. Fonte: www.testo.com (catálogo do produto), 2015.

1.2.3 Análise dos dados

Os dados médios de velocidade do ar foram avaliados com base em três concepções: 1) Por meio do mapeamento, buscou-se exibir a distribuição do fluxo do ar em toda a gaiola e na região próxima ao comedouro; 2) A partir do teste t-pareado, objetivou-se comparar, estatisticamente, as médias de velocidade do ar em um mesmo ponto, dadas por dois diferentes tubos de controle de velocidade do ar, a fim de verificar se estes apresentaram a mesma regulação; 3) Utilizando-se a análise de correlação, buscou-se estudar o grau de relacionamento linear entre os dados médios de velocidade do ar medidos no interior de duas diferentes gaiolas, onde foram inseridos, na parte frontal de cada uma delas, tubos com ventiladores ajustados para prover o mesmo valor de velocidade do ar. Além disso, também foi analisada a correlação entre os dados de velocidade do ar medidos na saída de cada tubo, para verificar se estes apresentaram o mesmo ajuste de velocidade.

1.2.3.1 Mapeamento e distribuição do fluxo de ar

Para o estudo da distribuição do fluxo do ar no interior da gaiola e na região próxima ao comedouro, esta foi subdividida em quatro níveis de altura (Tabela 1.2). Além disso, para a avaliação do comportamento do ar em cada um dos níveis de altura estudados, nas diferentes gaiolas, foram gerados gráficos de contorno por meio do software SIGMAPLOT® 12.0 (Systat Software, Inc., San Jose, CA, USA). Com o objetivo de definir uma nomenclatura, a coordenada Y (referente à altura) foi denominada camada. Assim, a uniformização dos gráficos foi realizada adotando-se a mesma escala para as quatro camadas, em todas as gaiolas.

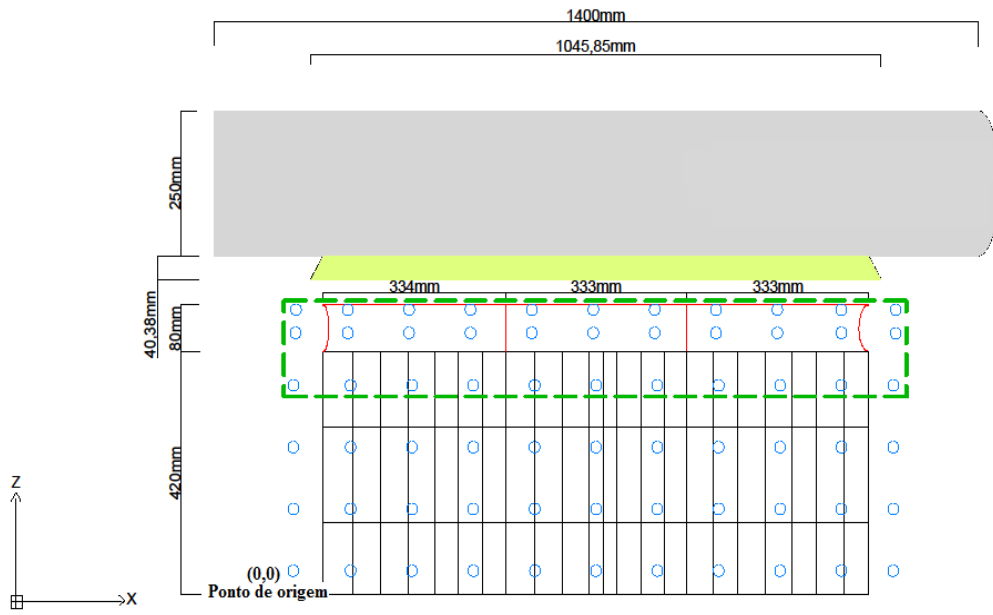
Partindo do pressuposto que, neste trabalho, os protótipos de ventilação foram desenvolvidos para experimentação com codornas de postura, foram também avaliadas as camadas Y0 e Y1, que correspondem ao nível da altura dos animais (aproximadamente 13 cm), apenas na região mais próxima ao comedouros, como destacado na Figura 1.6.

Tabela 1.2: Relação entre a nomenclatura adotada para cada camada estudada e sua respectiva altura, tomando-se como referência o nível do piso da gaiola.

Nível	Y	Altura - acima do nível do piso (mm) *	
		Próximo ao comedouros	Região posterior da gaiola
<i>Camada 1</i>	Y0	94	55
<i>Camada 2</i>	Y1	180	142
<i>Camada 3</i>	Y2	267	229
<i>Camada 4</i>	Y3	354	316

*Deve-se considerar desnível de 12% no piso das gaiolas em relação à região anterior e posterior da mesma.

A



B

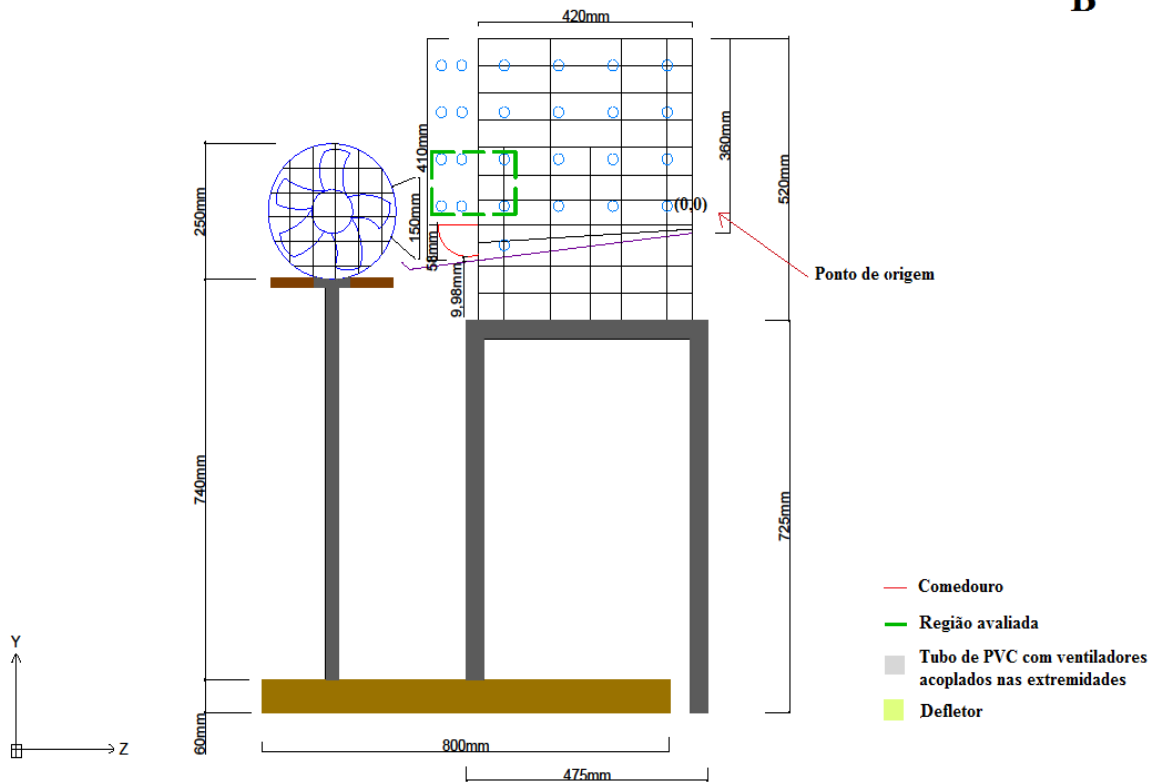


Figura 1.6: Indicação da localização dos pontos utilizados para o mapeamento do fluxo de ar na região próxima ao comedouro, onde: A) vista superior e B) vista lateral.

1.2.3.2 Teste t-pareado

A comparação estatística entre os valores médios de velocidade do ar em um mesmo ponto, estabelecidos por dois diferentes pares de tubos de controle do fluxo de ar, foi realizada a partir do teste t-pareado. Esta análise foi executada com o intuito de verificar se os pares de protótipos utilizados, para um mesmo nível de velocidade, apresentaram o mesmo ajuste de vazão e intensidades semelhantes no mesmo ponto, para os pares correspondentes de gaiolas. Segundo Callegari-Jacques (2007), as hipóteses testadas pelo teste t-pareado são:

$$\begin{cases} H_0 : \bar{d} = 0 \\ H_a : \bar{d} \neq 0 \end{cases}$$

Onde \bar{D} - média das diferenças pareadas.

Para a determinação do valor crítico “t tabelado”, deve-se levar em consideração o grau de liberdade e o nível de significância. A estatística t é calculada por meio da Equação 1.1:

$$t_{calc} = \frac{\bar{d}}{\frac{S_{\bar{d}}}{\sqrt{n}}} \quad (1.1)$$

Onde:

t_{calc} - valor calculado do teste t-pareado;

\bar{d} - diferença média na amostra;

$S_{\bar{d}}$ - desvio padrão das diferenças amostrais;

n - tamanho das amostras.

Sendo que $S_{\bar{d}}$ é dado pela Equação 1.2:

$$S_d = \frac{\sqrt{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}}{n-1} \quad (1.2)$$

Onde:

d - diferença pareada da amostra;

$n-1$ - graus de liberdade.

O t_{calc} é distribuído com $n-1$ graus de liberdade. Caso o valor de t calculado esteja no intervalo de $-t_{\text{tab}}$ a $+t_{\text{tab}}$, se aceita a hipótese H_0 e conclui-se que não há diferença estatística significativa entre os tratamentos.

1.2.3.3 Análise de Correlação

Os resultados registrados para as duplas de gaiolas submetidas ao mesmo tratamento (mesmo nível de velocidade do ar) foram comparados por meio de análise de correlação, realizada em diagramas de dispersão, onde os eixos x e y correspondem à velocidade do ar encontrada em cada uma das gaiolas. O grau de associação entre as mesmas foi obtido pelo coeficiente de correlação de Pearson (r de Pearson), conforme a Equação 1.3:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \times \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1.3)$$

Onde:

r – Coeficiente de correlação de Pearson;

x_i – Valor da amostra do grupo x na posição i ;

y_i – Valor da amostra do grupo y na posição i ;

\bar{x} – Média das amostras do grupo x ;

\bar{y} – Média das amostras do grupo y .

Do mesmo modo, foi avaliada a correlação entre os dados de velocidade do ar mensurados na saída de cada protótipo, na região mais próxima ao comedouro.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição de frequência dos dados de velocidade do ar em cada um dos conjuntos de gaiolas está descrita nos diagramas de caixa (boxplots) apresentados na Figura 1.7.

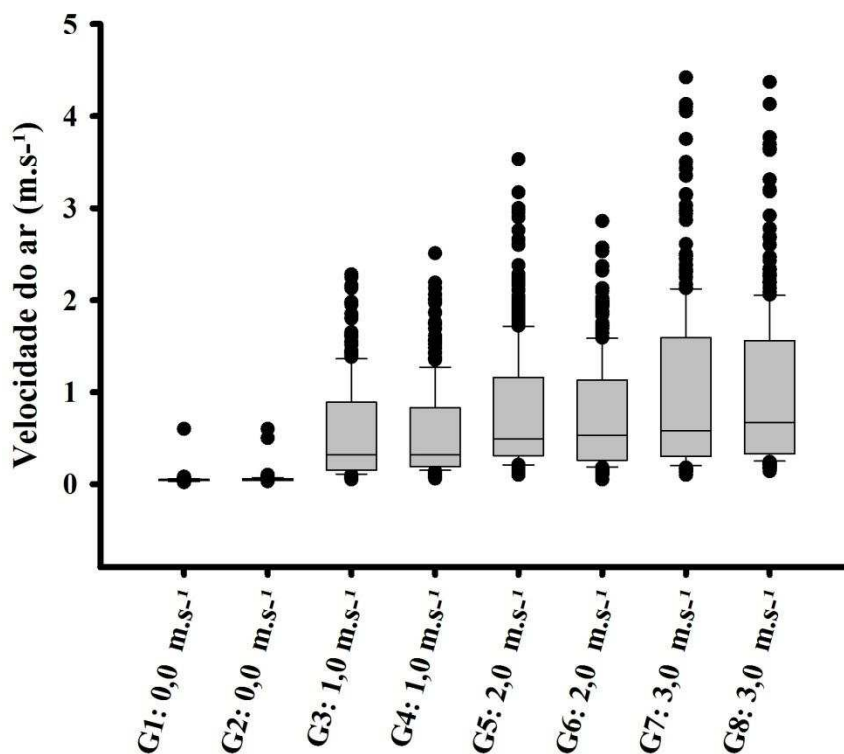


Figura 1.7: Diagramas de caixa (boxplots) representando a distribuição dos dados de velocidade do ar em cada conjunto (gaiola - protótipo de ventilação) estudado, onde: G1) gaiola 1 (0 m.s⁻¹); G2) gaiola 2 (0 m.s⁻¹); G3) gaiola 3 (1 m.s⁻¹); G4) gaiola 4 (1 m.s⁻¹); G5) gaiola 5 (2 m.s⁻¹); G6) gaiola 6 (2 m.s⁻¹); G7) gaiola 7 (3 m.s⁻¹); G8) gaiola 8 (3 m.s⁻¹).

Analisando a Figura 1.7, observam-se distribuições de valores muito consistentes entre gaiolas submetidas ao mesmo nível de velocidade do ar. Verifica-se que 50% dos dados para velocidade nominal de 0 m.s⁻¹, encontram-se na faixa de 0,04 e 0,06 m.s⁻¹; de 1 m.s⁻¹ encontram-se entre 0,150 e 0,890 m.s⁻¹; para 2 m.s⁻¹, entre 0,26 e 1,16 m.s⁻¹; e para velocidade de 3 m.s⁻¹, entre 0,30 e 1,59 m.s⁻¹. Nota-se, também, que as distribuições são assimétricas à esquerda.

O mapeamento do fluxo e intensidade do ar no interior das gaiolas foi realizado por camadas, e está apresentado nas Figuras 1.8 a 1.15.

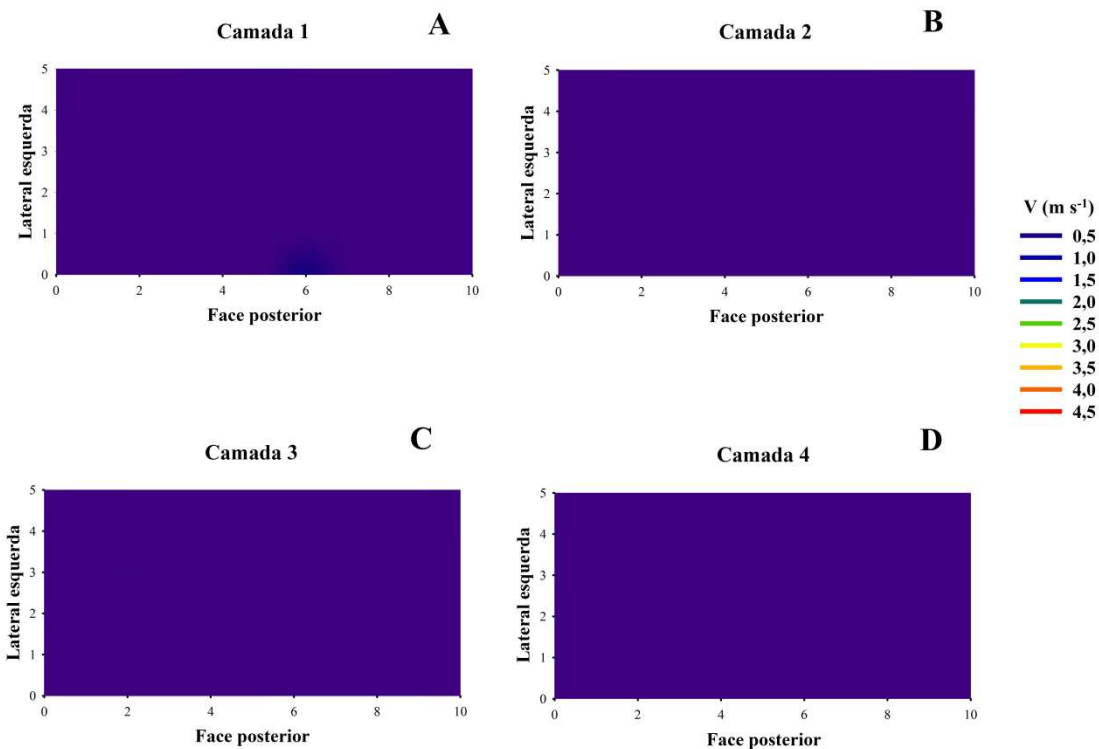


Figura 1.8: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na gaiola 1 (velocidade nominal de 0 m.s^{-1}), em 4 níveis de altura, sendo: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1; C) camada 3 – Y2; D) camada 4 – Y3.

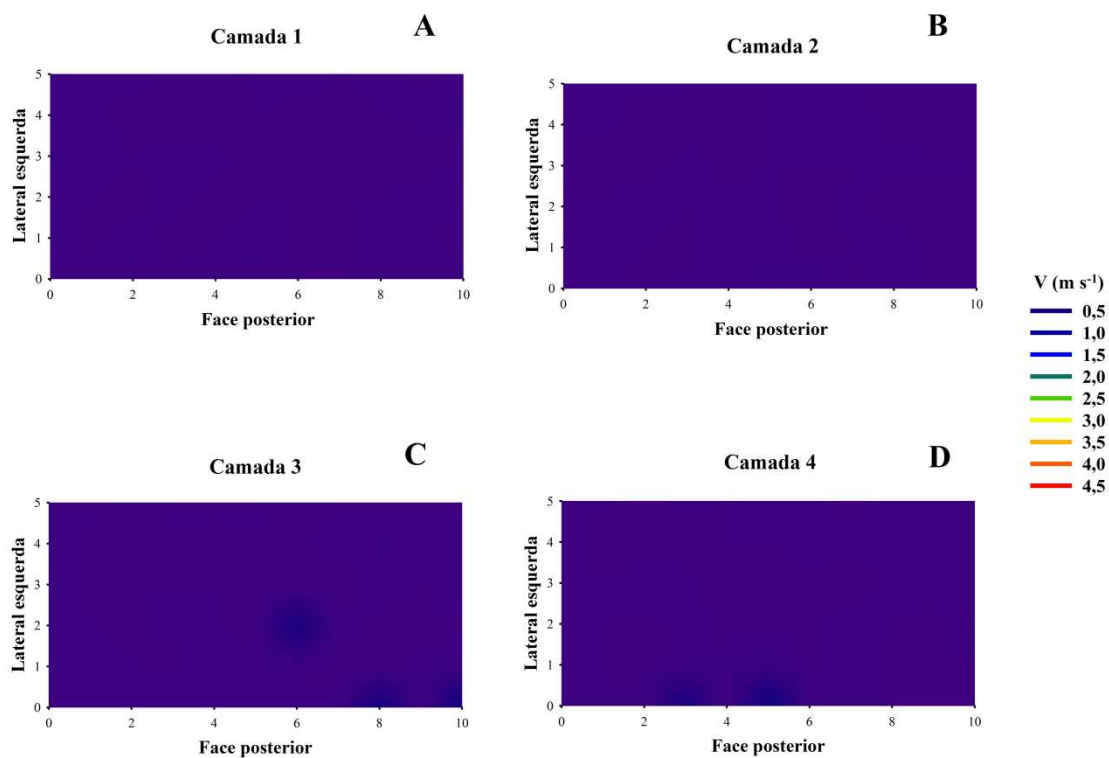


Figura 1.9: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na gaiola 2 (velocidade nominal de 0 m.s^{-1}), em 4 níveis de altura, sendo: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1; C) camada 3 – Y2; D) camada 4 – Y3.

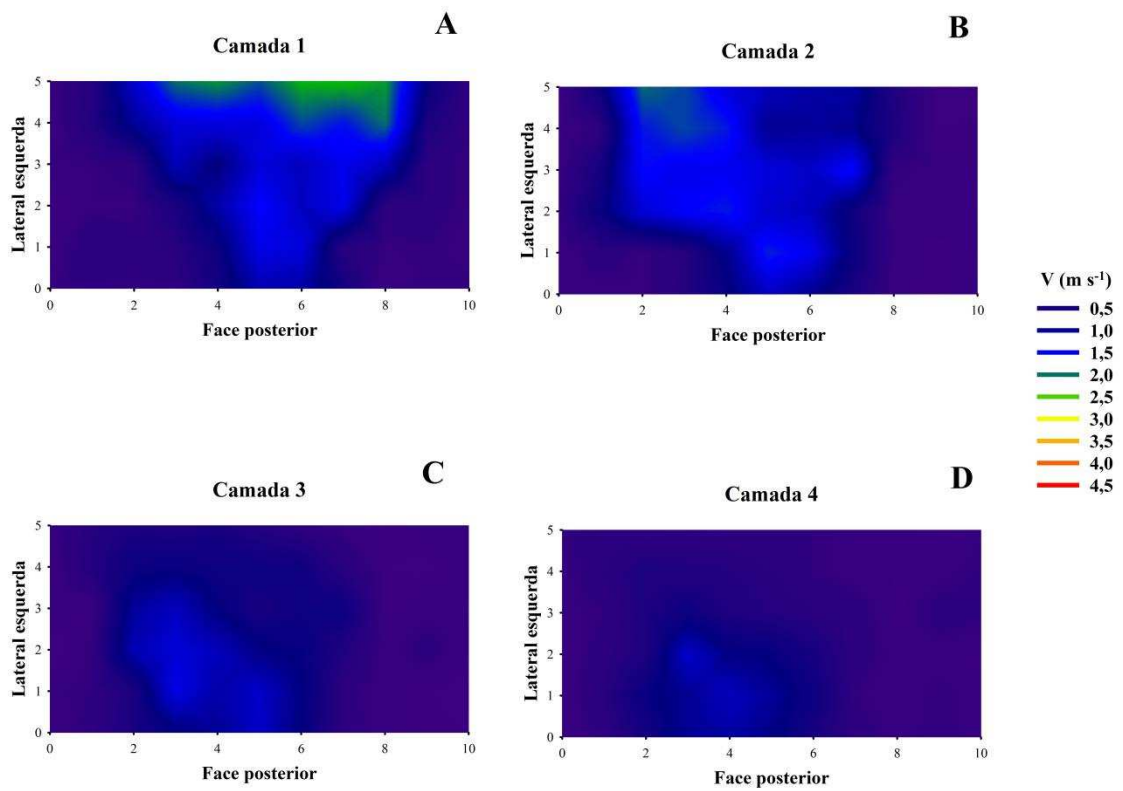


Figura 1.10: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na gaiola 3 (velocidade nominal de $1\ m\ s^{-1}$), em 4 níveis de altura, sendo: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1; C) camada 3 – Y2; D) camada 4 – Y3.

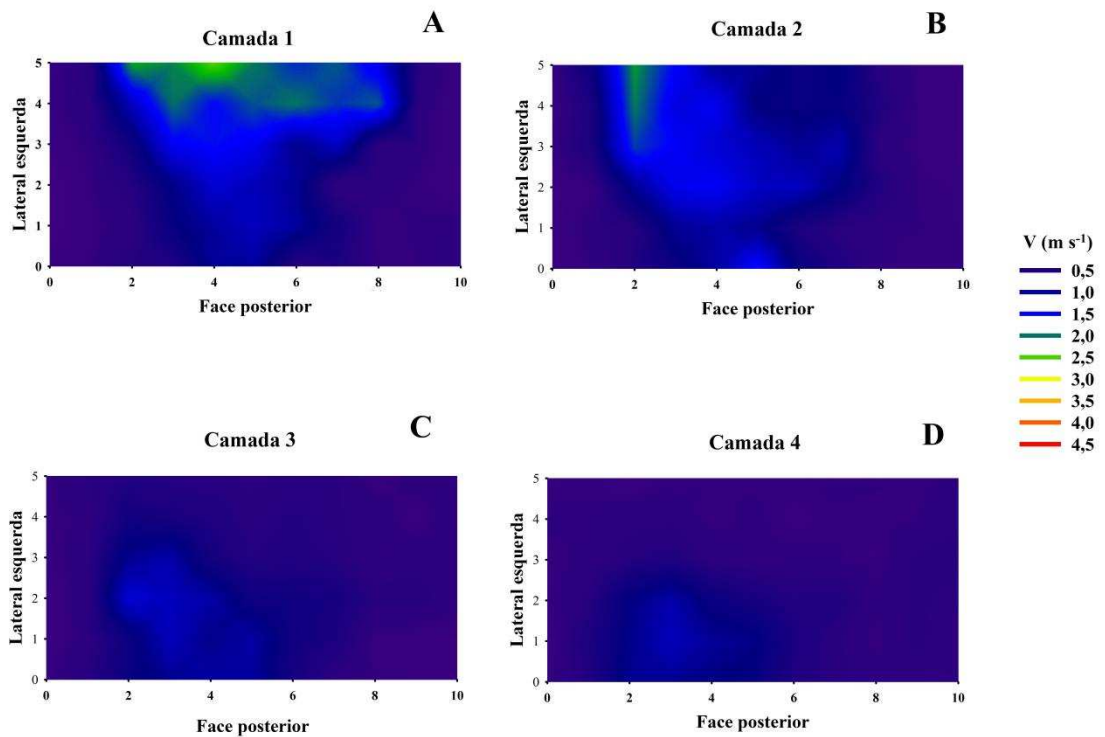


Figura 1.11: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na gaiola 4 (velocidade nominal de $1\ m\ s^{-1}$), em 4 níveis de altura, sendo: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1; C) camada 3 – Y2; D) camada 4 – Y3.

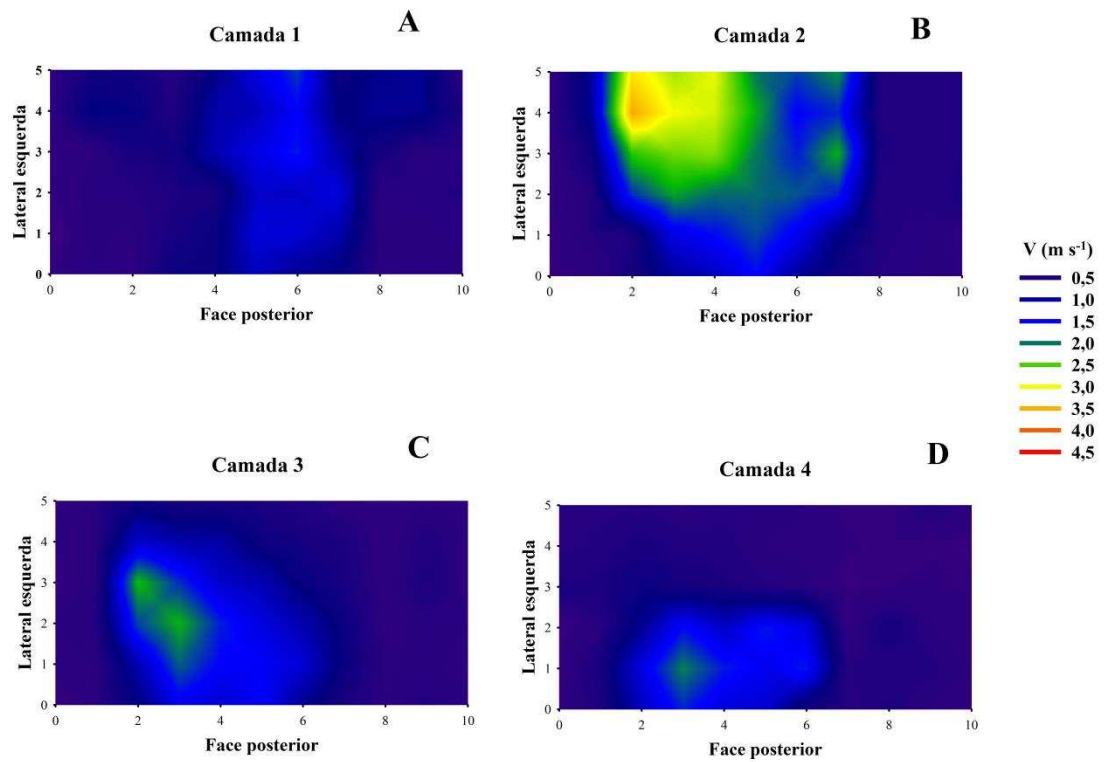


Figura 1.12: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na gaiola 5 (velocidade nominal de 2 m.s^{-1}), em 4 níveis de altura, sendo: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1; C) camada 3 – Y2; D) camada 4 – Y3.

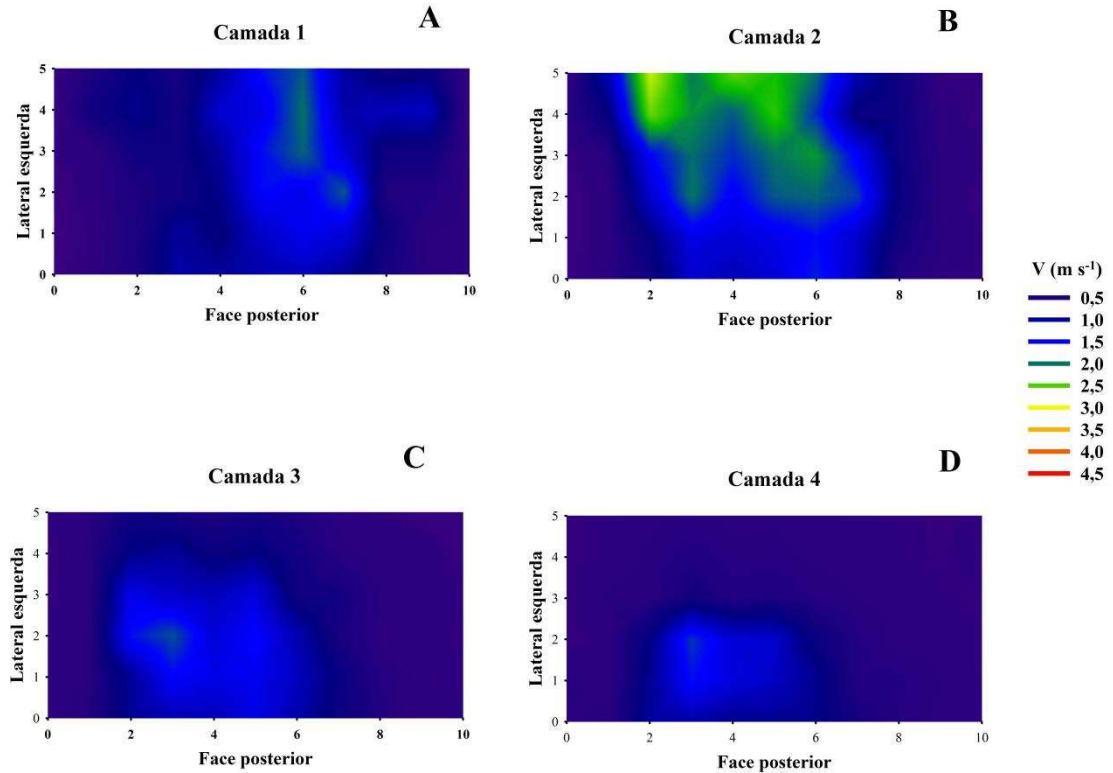


Figura 1.13: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na gaiola 6 (velocidade nominal de 2 m.s^{-1}), em 4 níveis de altura, sendo: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1; C) camada 3 – Y2; D) camada 4 – Y3.

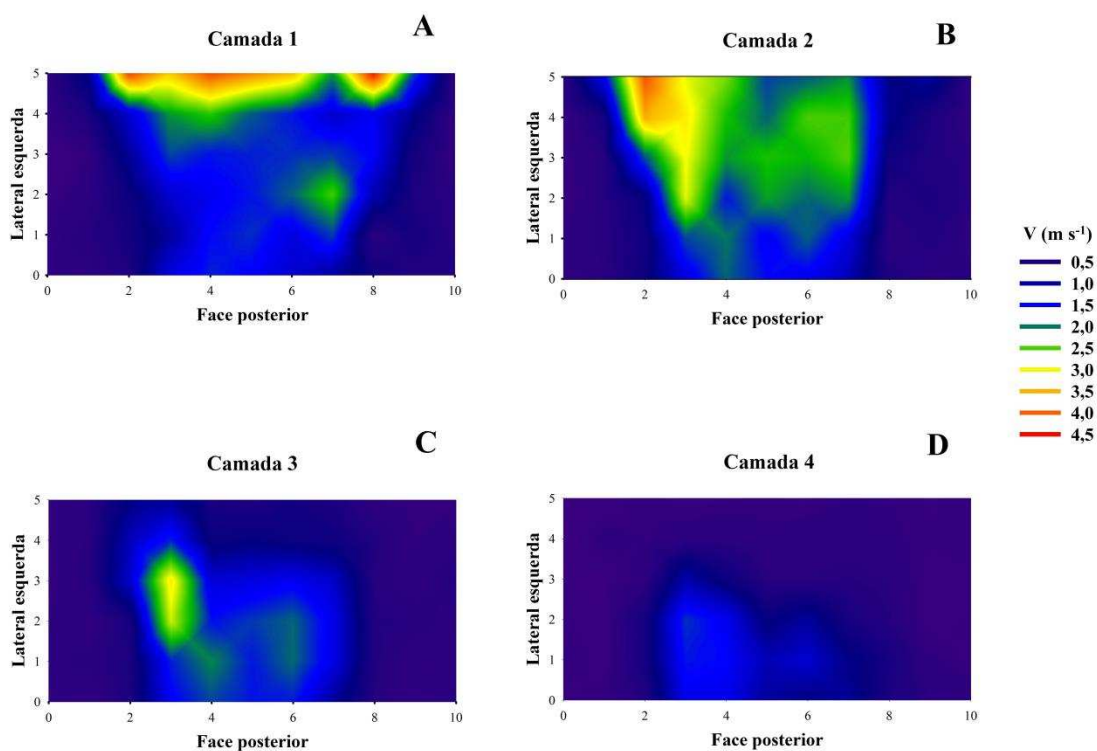


Figura 1.14: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na gaiola 7 (velocidade nominal de 3 m.s^{-1}), em 4 níveis de altura, sendo: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1; C) camada 3 – Y2; D) camada 4 – Y3.

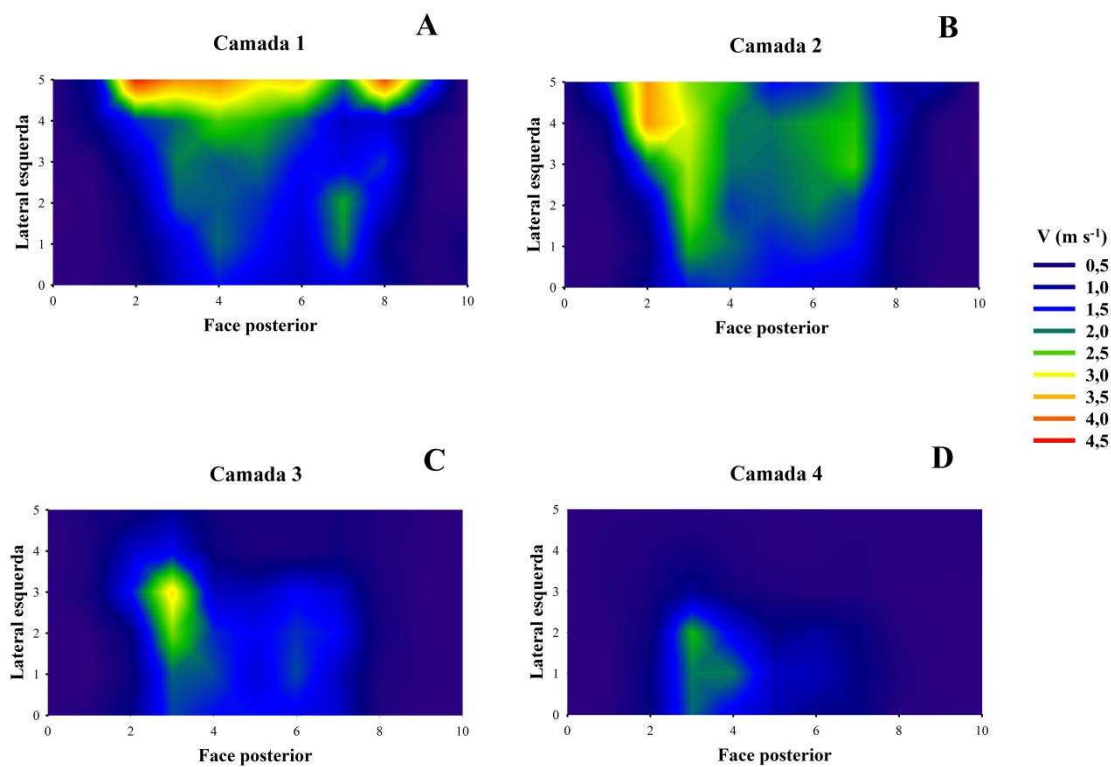


Figura 1.15: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na gaiola 8 (velocidade nominal de 3 m.s^{-1}), em 4 níveis de altura, sendo: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1; C) camada 3 – Y2; D) camada 4 – Y3.

Com base na análise visual dos mapas exibidos nas Figuras 1.8 a 1.15, verifica-se que o fluxo de ar nos pares de gaiolas submetidas ao mesmo tratamento (velocidade do ar) foi semelhante, mostrando que ambas apresentaram características similares em relação ao fluxo e intensidade do ar em seu interior. Com exceção das gaiolas submetidas à condição de velocidade do ar de 0 m.s^{-1} (que apresentaram fluxo do ar uniforme em todos os níveis de altura avaliados), nas demais, as camadas Y0 e Y1, correspondentes ao nível de altura das codornas, evidenciaram maior heterogeneidade nos dados, visto que a movimentação do ar promove fluxo com maior desuniformidade devido à natureza instável do ar.

É possível analisar também, observando os mapas de fluxo de ar nas Figuras 1.8 a 1.15, que na parte frontal das gaiolas, correspondente à região do comedouro (próximo à saída de ar do protótipo), concentraram-se os valores mais elevados de velocidade do ar. A tendência é que a intensidade do fluxo de ar diminua conforme se distancia dessa região, uma vez que as gaiolas constituem-se em um sistema aberto, onde parte deste fluxo que entra é perdida ao longo do caminho através de suas aberturas laterais e superiores.

Como a velocidade do ar influencia no comportamento alimentar dos animais, fez-se necessário destacar as características do fluxo e da intensidade do ar na região mais próxima ao comedouro, situada na saída de ar do tubo. Os mapas que caracterizam a distribuição espacial da velocidade do ar nesta região são mostrados nas Figuras 1.16 a 1.23.

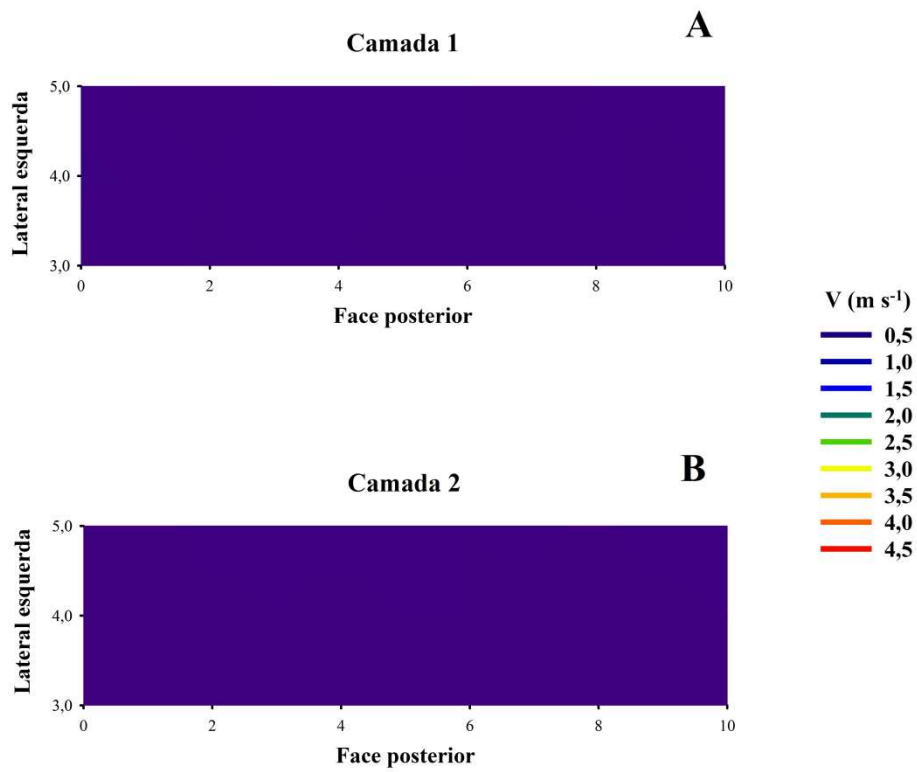


Figura 1.16: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na região próxima ao comedouro, na gaiola 1 (velocidade nominal de $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), em 2 níveis de altura, onde: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1.

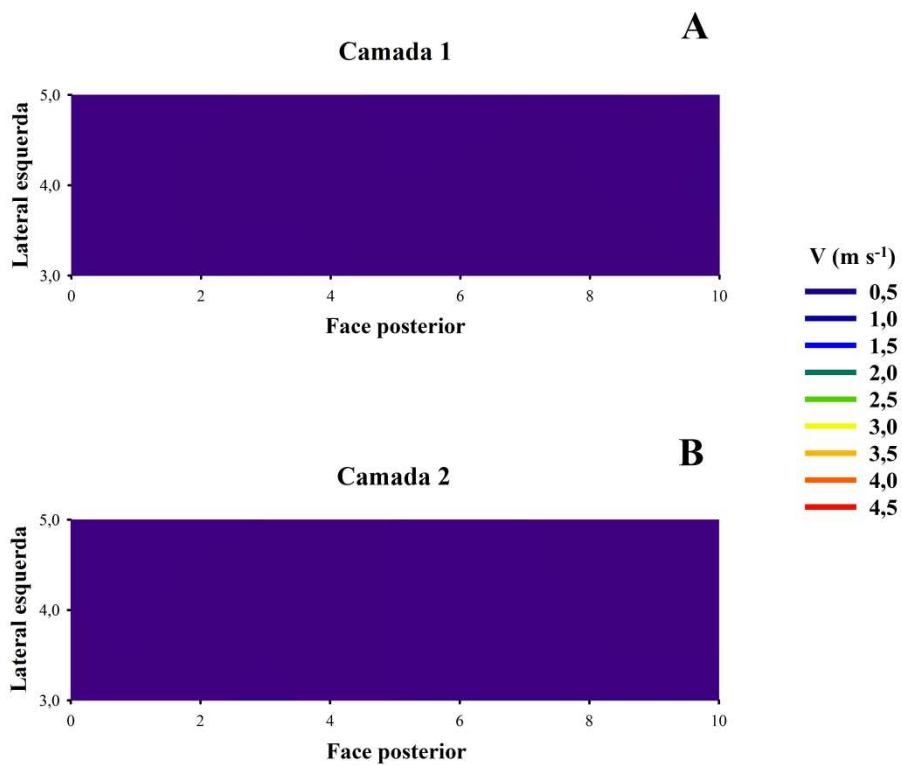


Figura 1.17: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na região próxima ao comedouro, na gaiola 2 (velocidade nominal de $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), em 2 níveis de altura, onde: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1.

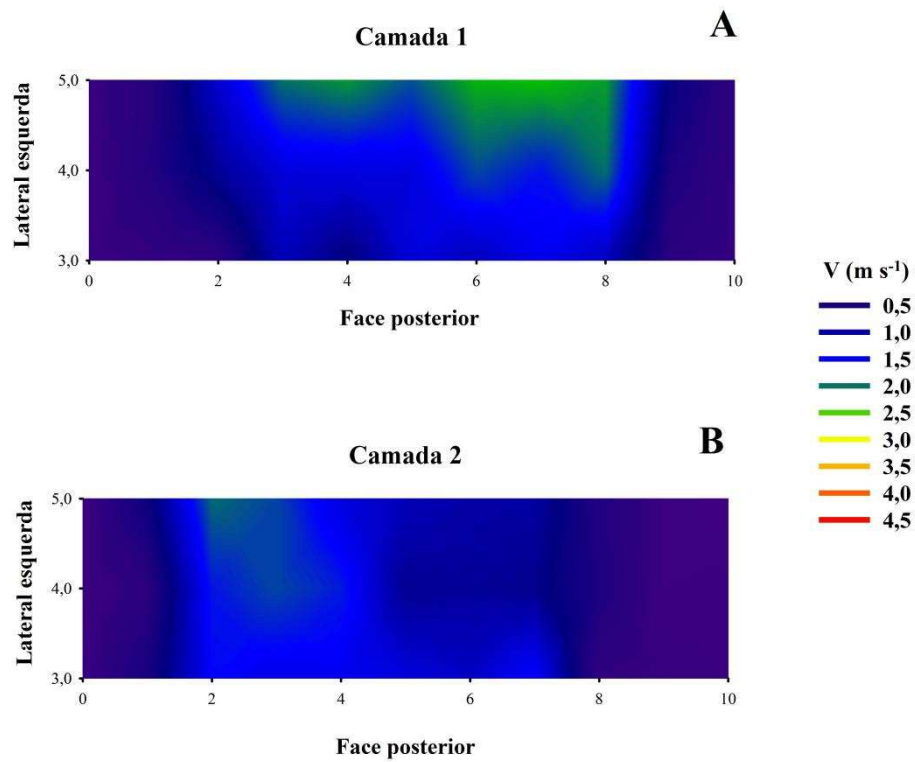


Figura 1.18: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na região próxima ao comedouro, na gaiola 3 (velocidade nominal de 1 m.s^{-1}), em 2 níveis de altura, onde: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1.

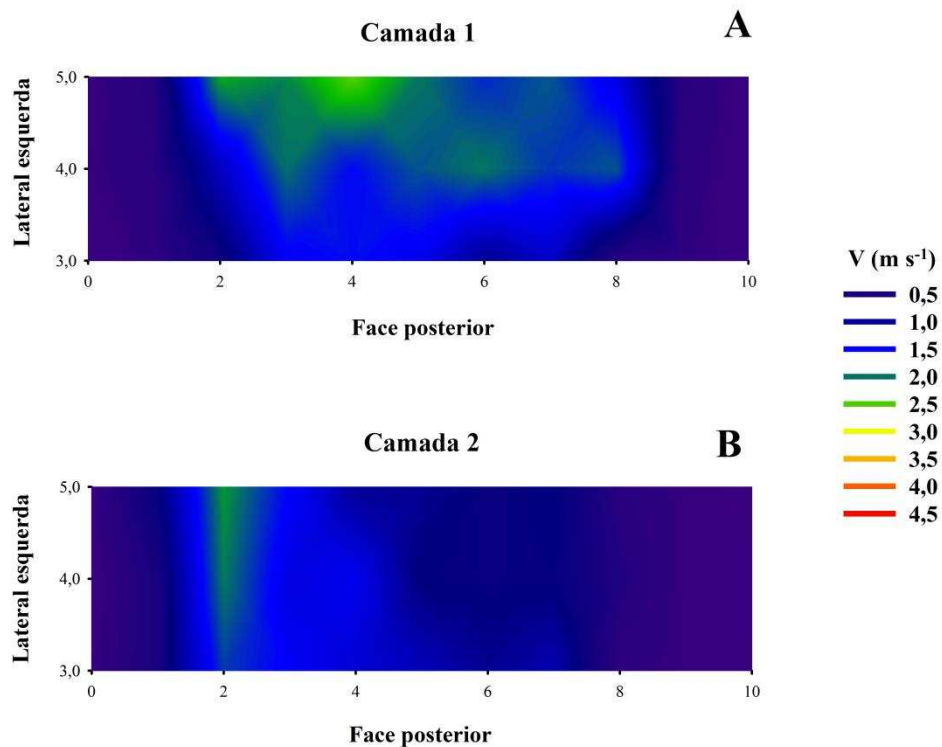


Figura 1.19: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na região próxima ao comedouro, na gaiola 4 (velocidade nominal de 1 m.s^{-1}), em 2 níveis de altura, onde: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1.

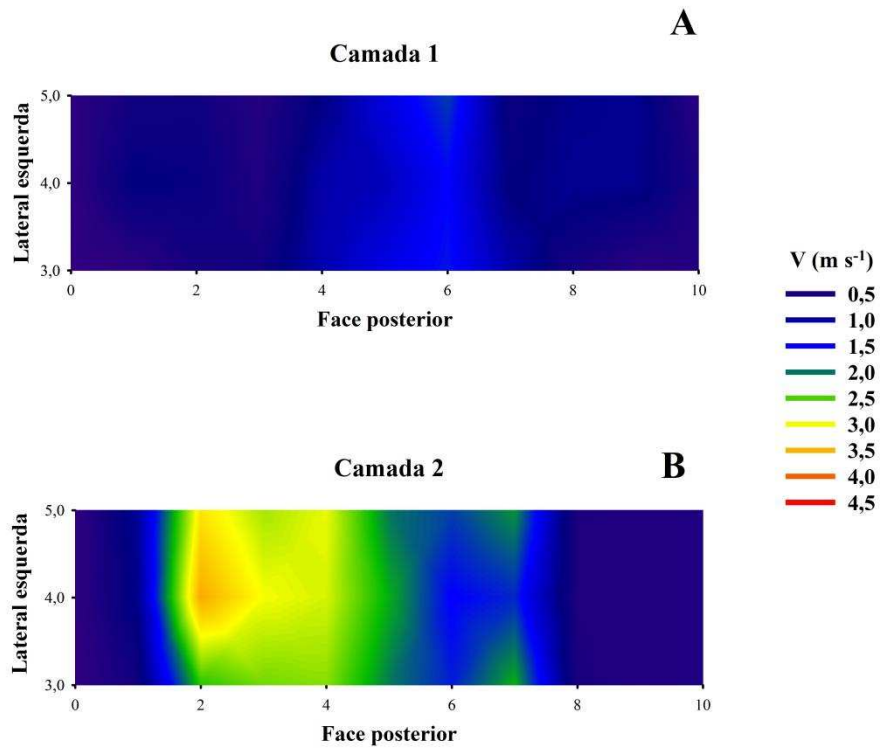


Figura 1.20: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na região próxima ao comedouro, na gaiola 5 (velocidade nominal de 2 m.s^{-1}), em 2 níveis de altura, onde: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1.

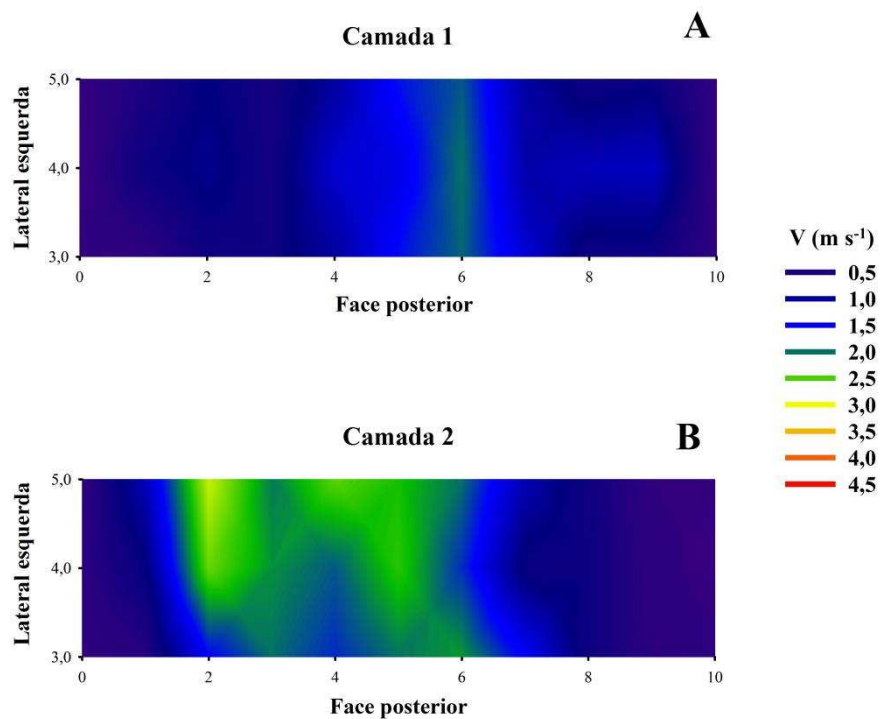


Figura 1.21: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na região próxima ao comedouro, na gaiola 6 (velocidade nominal de 2 m.s^{-1}), em 2 níveis de altura, onde: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1.

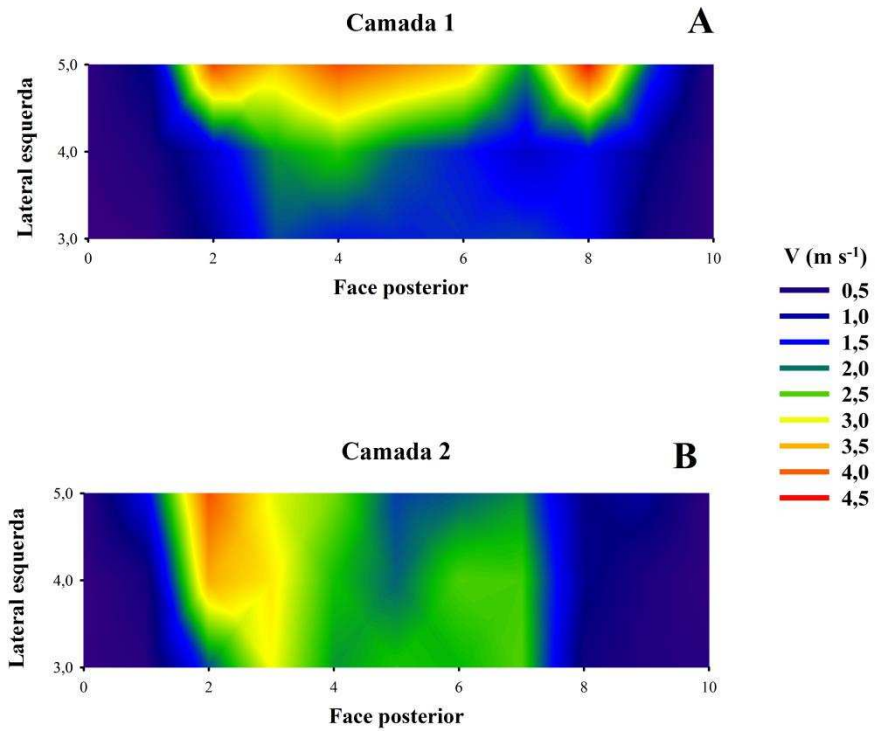


Figura 1.22: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar na região próxima ao comedouro, na gaiola 7 (velocidade nominal de 3 m.s⁻¹), em 2 níveis de altura, onde: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1.

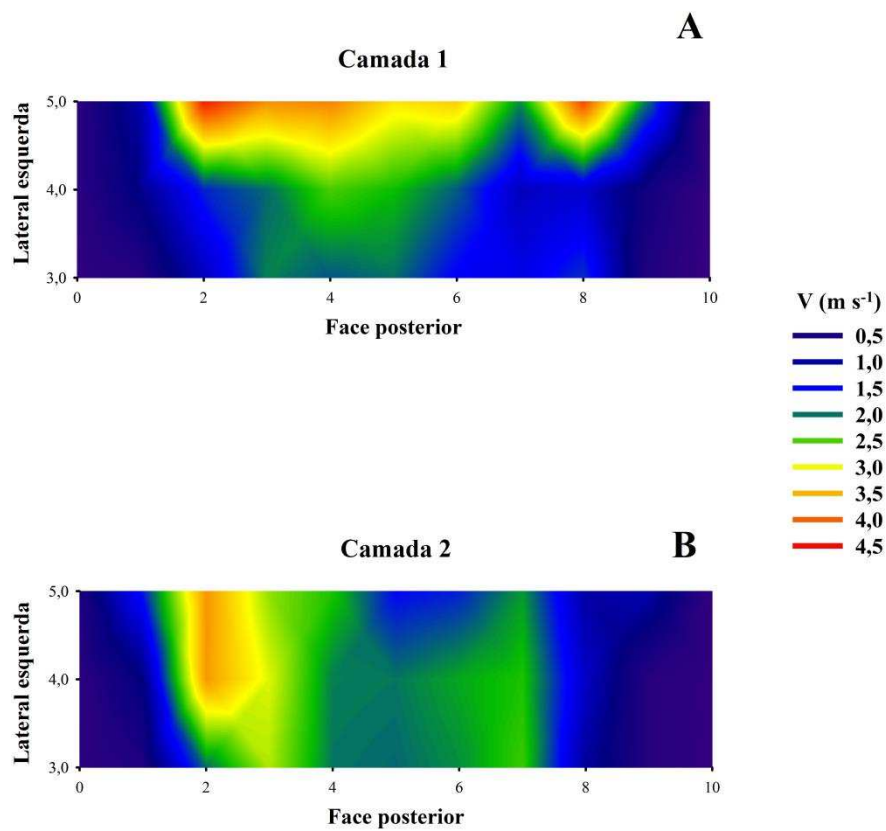


Figura 1.23: Mapeamento da distribuição e intensidade do fluxo de ar região na próxima ao comedouro, na gaiola 8 (velocidade nominal de 3 m.s⁻¹), em 2 níveis de altura, onde: A) camada 1 – Y0; B) camada 2 – Y1.

Conforme o gradiente observado nos mapas apresentados, nota-se que, nos tratamentos avaliados, a maior intensidade de velocidade do ar se concentrou na porção central da gaiola. No entanto, o tratamento correspondente a 0 m.s^{-1} mostrou distribuição uniforme devido ao fato de ser a velocidade controle, simulando condições naturais, sem utilização do protótipo de ventilação. A configuração da distribuição e da intensidade do fluxo de ar pode ser explicada pelo *design* do sistema que, por ser constituído de um ventilador em cada extremidade dos tubos, tem a tendência do fluxo ser mais intenso na região central de saída de ar.

A importância do estudo da intensidade e distribuição do fluxo de ar próximo ao comedouro está associada à sua influência sobre o comportamento ingestivo dos animais. Deste modo, Yahav et al. (2001), estudando o efeito da velocidade do ar no desempenho de frangos de corte submetidos a estresse por calor (35°C), concluíram que as aves expostas a velocidades do ar mais elevadas ($2,5$ e 3 m.s^{-1}) obtiveram melhores resultados para o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar quando comparadas às aves submetidas à velocidade do ar de $0,5 \text{ m.s}^{-1}$.

Para avaliar se os pares de protótipos de controle de velocidade do ar utilizados em cada tratamento apresentavam a mesma regulação de vazão, foi realizado o teste t-pareado para comparar os dados coletados em pontos pré-determinados, distribuídos na região frontal das gaiolas, nas três linhas mais próximas ao comedouro. Os resultados dos dados médios dessas três linhas combinadas e desvio padrão da velocidade do ar nestes pontos, assim como o resultado da análise estatística, estão mostrados na Tabela 1.3:

Tabela 1.3: Dados médios e desvio padrão da velocidade do ar em toda a região próxima ao comedouro, cujos valores referem-se aos pares de gaiolas submetidos ao mesmo tratamento. O resultado da comparação estatística foi obtido a partir do teste t-pareado para cada conjunto de dados

Tratamentos	Velocidade média do vento (m.s ⁻¹)		\bar{d}	$S\bar{d}$	t_{calc}	P
	Gaiola 1	Gaiola 2				
0 m .s ⁻¹	0,048 ± 0,012	0,049 ± 0,014	-0,001	0,016	-0,584	0,561 ^{ns}
1 m .s ⁻¹	0,948 ± 0,689	0,928 ± 0,713	0,020	0,316	0,525	0,602 ^{ns}
2 m .s ⁻¹	1,140 ± 0,894	1,045 ± 0,753	0,095	0,393	1,970	0,053 ^{ns}
3 m .s ⁻¹	1,625 ± 1,186	1,619 ± 1,118	0,006	0,231	0,229	0,820 ^{ns}

ns: Diferença estatística não significativa a 5% de probabilidade

\bar{d} : Diferença média pareada

$S\bar{d}$: Desvio padrão das diferenças pareadas

Não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) na diferença média pareada dos dados de velocidade do ar, que foram aferidos para a porção frontal dos pares de gaiolas submetidas ao mesmo tratamento. Assim, pode-se concluir que o fluxo de ar apresentou intensidades similares em cada gaiola, demonstrando que os pares de protótipos utilizados, para uma mesma faixa de velocidade do ar, foram regulados adequadamente.

Outra maneira de verificar similaridade na regulação de vazão do ar entre os pares de protótipos é por meio da análise de correlação dos dados de velocidade do ar mensurados, como pode ser visto nas Figuras 1.24 e 1.25.

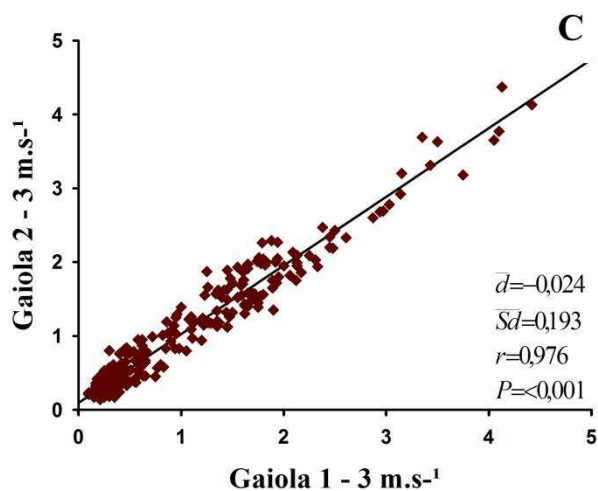
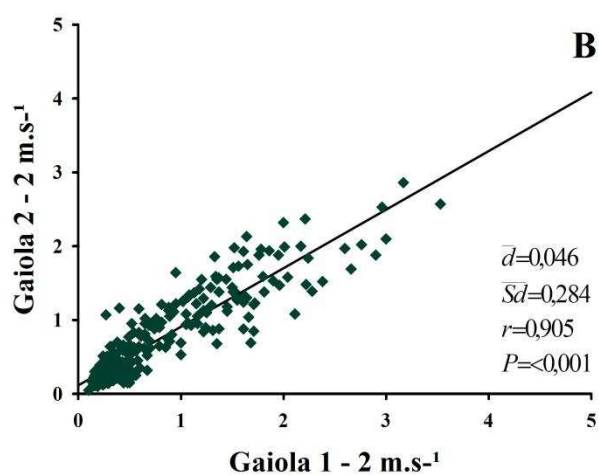
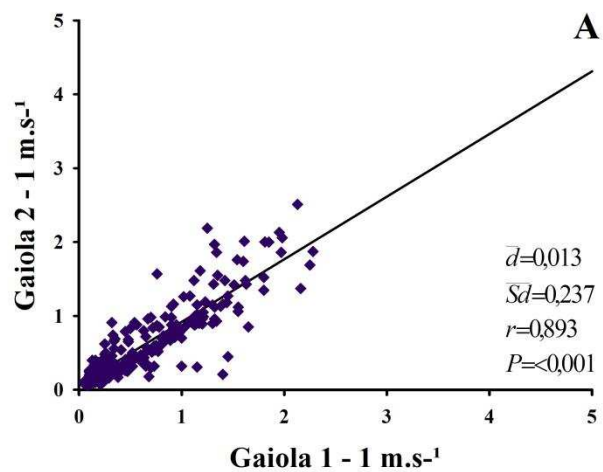


Figura 1.24: Gráfico de dispersão representando a correlação dos dados de velocidade do ar medidos nos pares de gaiolas submetidos ao mesmo tratamento, onde: A) correlação entre as gaiolas submetidas à velocidade do ar nominal de 1 m.s⁻¹; B) correlação entre as gaiolas submetidas à velocidade do ar nominal de 2 m.s⁻¹; C) correlação entre as gaiolas submetidas à velocidade do ar nominal de 3 m.s⁻¹.

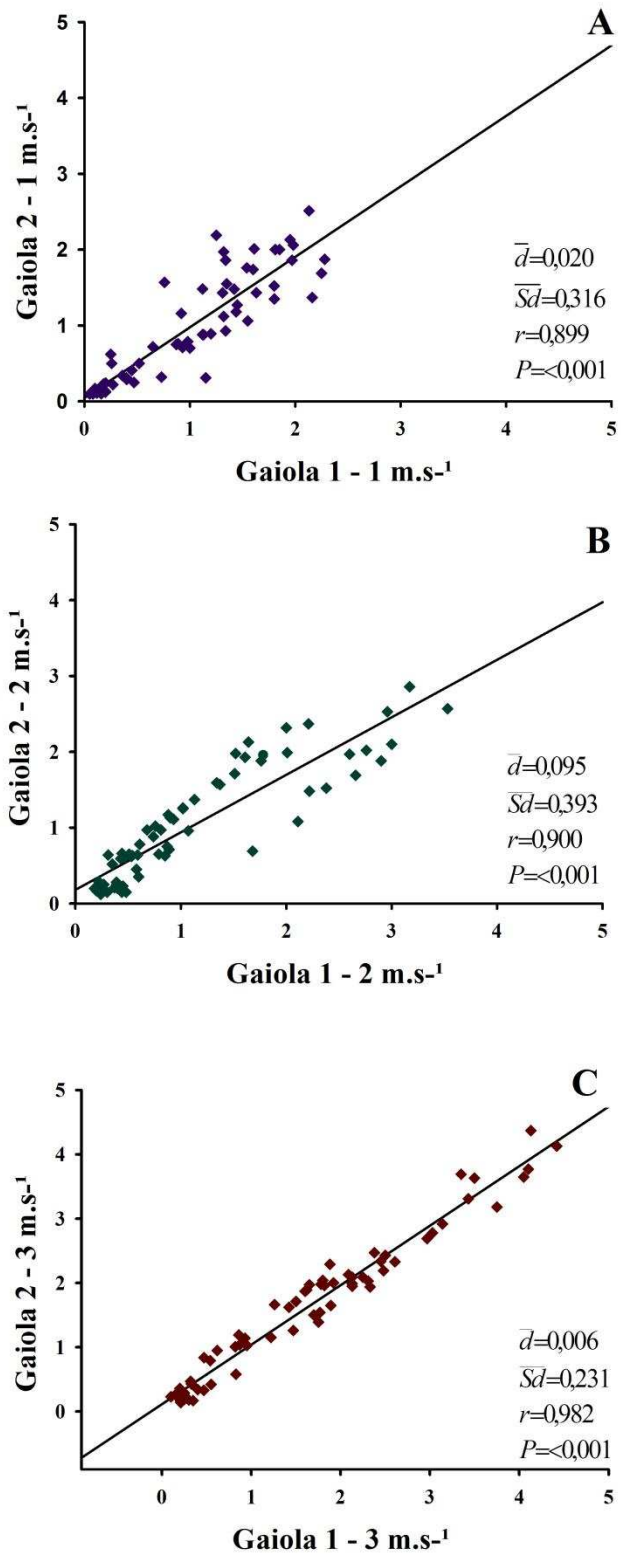


Figura 1.25: Gráfico de dispersão representando a correlação dos dados de velocidade do ar medidos na região próxima ao comedouro, nos pares de gaiolas submetidos ao mesmo tratamento, onde: A) correlação entre as gaiolas submetidas à velocidade do ar nominal de 1 m.s⁻¹; B) correlação entre as gaiolas submetidas à velocidade do ar nominal de 2 m.s⁻¹; C) correlação entre as gaiolas submetidas à velocidade do ar nominal de 3 m.s⁻¹.

Verifica-se que houve correlação significativa ($P < 0,001$) entre os dados de velocidade do ar mensurados nas gaiolas de mesmo tratamento, ou seja, a probabilidade do coeficiente de correlação r ser igual à zero é menor que 0,1%. A partir da análise dos coeficientes de correlação (r de Pearson), tanto para os dados de velocidade do ar de todo o volume da gaiola quanto para os da porção frontal (região próxima ao comedouro), constata-se que as gaiolas alocadas sob os mesmos níveis de velocidade, independente do tratamento, apresentaram uma forte correlação positiva, com valores de r acima de 0,850. Assim, observa-se alto grau de associação entre elas, ou seja, há proporcionalidade na variação de velocidade do ar em ambas, demonstrando confiabilidade na regulação da vazão de ar dos protótipos utilizados.

Apesar de se estabelecer velocidades nominais de 0, 1, 2 e 3 m.s^{-1} para cada tratamento, não é possível, na prática, verificar tais valores com distribuição constante ao longo de toda a gaiola, uma vez que o fluxo de ar tem natureza instável. Ainda, conforme o fluxo de ar se distancia de sua origem (saída do protótipo), percebe-se variação na sua intensidade, sendo, portanto, importante avaliar o comportamento deste fluxo ao longo da gaiola. Considerando a região próxima ao comedouro como aquela de maior interesse para o estudo comportamental das aves, e que os pontos mais próximos às paredes laterais das gaiolas não recebiam a mesma intensidade de fluxo verificada no centro de cada repartição, realizou-se uma análise da velocidade do ar das três linhas paralelas mais próximas ao mesmo, incluindo sete pontos distribuídos ao centro da gaiola (Figura 1.26). Os valores médios de velocidade do ar de cada uma das linhas avaliadas, e seu respectivo intervalo, podem ser visto na Tabela 1.4.

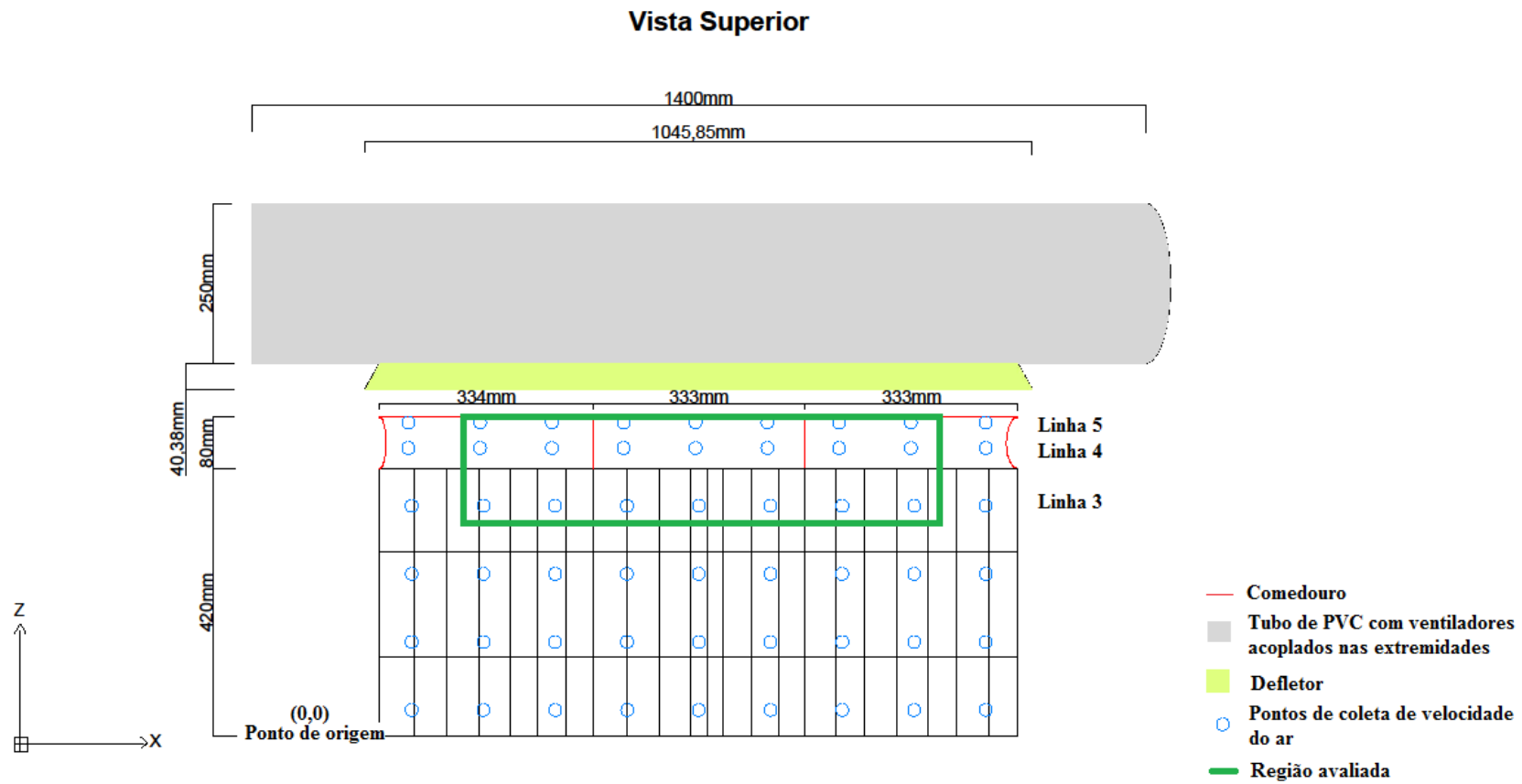


Figura 1.26: Região próxima ao comedouro com destaque para os pontos de medição da velocidade do ar em cada linha

Tabela 1.4: Valores médios (\pm desvio padrão) da velocidade do ar nas alturas Y0 e Y1, em cada uma das três linhas avaliadas na região próxima ao comedouro, e intervalos de velocidade mínima e máxima observados em cada linha, para cada par de gaiola, nos diferentes tratamentos avaliados

Velocidade do ar nominal	Gaiolas correspondentes	Linhas	Y0	Intervalo (mín-máx)	Y1	Intervalo (mín-máx)
$Var = 1 \text{ m s}^{-1}$	Gaiola 1	linha 3	$1,02 \pm 0,4$	0,25 – 1,44	$1,24 \pm 0,4$	0,20 – 1,55
		linha 4	$1,47 \pm 0,3$	0,92 – 1,97	$1,17 \pm 0,5$	0,45 – 1,80
		linha 5	$1,99 \pm 0,3$	1,25 – 2,30	$1,23 \pm 0,6$	0,4 – 1,95
	Gaiola 2	linha 3	$1,07 \pm 0,4$	0,31 – 1,57	$1,12 \pm 0,5$	0,24 – 1,76
		linha 4	$1,73 \pm 0,3$	1,16 – 2,00	$1,06 \pm 0,5$	0,41 – 2,01
		linha 5	$1,96 \pm 0,3$	1,37 – 2,51	$1,04 \pm 0,6$	0,31 – 2,13
$Var = 2 \text{ m s}^{-1}$	Gaiola 1	linha 3	$0,96 \pm 0,4$	0,53 – 1,61	$2,00 \pm 0,7$	0,51 – 2,66
		linha 4	$0,93 \pm 0,3$	0,43 – 1,52	$2,18 \pm 1,0$	0,44 – 3,53
		linha 5	$0,91 \pm 0,5$	0,35 – 1,76	$2,18 \pm 0,9$	0,47 – 3,17
	Gaiola 2	linha 3	$1,09 \pm 0,5$	0,62 – 1,93	$1,63 \pm 0,5$	0,65 – 2,13
		linha 4	$1,17 \pm 0,4$	0,59 – 1,98	$1,71 \pm 0,7$	0,66 – 2,57
		linha 5	$1,05 \pm 0,5$	0,52 – 1,88	$1,91 \pm 0,8$	0,61 – 2,86
$Var = 3 \text{ m s}^{-1}$	Gaiola 1	linha 3	$1,56 \pm 0,3$	0,93 – 1,80	$2,10 \pm 0,7$	0,62 – 3,03
		linha 4	$1,71 \pm 0,4$	1,22 – 2,38	$2,38 \pm 0,8$	0,86 – 3,50
		linha 5	$3,62 \pm 0,7$	2,13 – 4,42	$2,31 \pm 1,0$	0,82 – 4,05
	Gaiola 2	linha 3	$1,66 \pm 0,3$	1,14 – 2,04	$2,02 \pm 0,5$	0,95 – 2,78
		linha 4	$1,81 \pm 0,5$	1,15 – 2,50	$2,33 \pm 0,7$	1,20 – 3,63
		linha 5	$3,51 \pm 0,7$	2,09 – 4,37	$2,14 \pm 0,8$	1,01 – 3,65

Como observado na Tabela 1.4, as médias obtidas para o tratamento de 3 m.s⁻¹ foram mais baixas, independente da linha e da altura avaliadas. Isso pode ser atribuído à grande heterogeneidade dos dados, com base nas amplitudes dos valores observados. Verifica-se que, neste tratamento, há a ocorrência de valores muito baixos, em geral menores que 1 m.s⁻¹, e que os mais elevados são bem próximos a 3 m.s⁻¹, o que implica em médias sempre abaixo da velocidade nominal esperada para o tratamento. Tal desuniformidade também pode ser explicada pelo efeito de turbulência. Já para as velocidades nominais de 1 e 2 m.s⁻¹, o mesmo não ocorre na camada Y1, uma vez que houve maior frequência de valores próximos e/ou acima da expectativa nominal. Isso fez com que a média da velocidade do ar encontrada nesses tratamentos fosse condizente ao esperado.

As linhas 4 e 5, de maneira combinada, são as que melhor representam a condição na qual as aves foram expostas, devido ao fato de corresponder à região efetivamente ocupada pelos animais durante a expressão do comportamento ingestivo. Assim, é possível observar na Tabela 1.5 os valores que representam a real velocidade do ar na qual os animais foram submetidos ao se aproximarem do comedouro.

Tabela 1.5: Relação entre a velocidade do ar nominal e dados médios observados (\pm desvio padrão) para a combinação dos valores obtidos nas linhas 4 e 5

Velocidade do ar nominal	Média observada nas linhas 4 e 5 (combinadas)
1 m.s ⁻¹	1,1 \pm 0,09 m.s ⁻¹
2 m.s ⁻¹	2,0 \pm 0,22 m.s ⁻¹
3 m.s ⁻¹	2,3 \pm 0,10 m.s ⁻¹

Como exposto na Tabela 1.5, para os tratamentos de 1 e 2 m.s⁻¹, a real velocidade média do ar alcançada na região do comedouro (zona de maior interesse ao comportamento ingestivo das aves) corresponde à velocidade nominal pré-determinada para o experimento. Já para o tratamento de 3 m.s⁻¹, a média de velocidade real do ar atingida na zona do comedouro foi de 2,3 m.s⁻¹, evidenciando que a velocidade do ar nominal desejada para este tratamento não se efetivou.

1.4 CONCLUSÕES

Da forma como foi conduzida esta pesquisa e pelos resultados obtidos, pode-se concluir que:

1. Com exceção do tratamento controle (velocidade do ar de 0 m.s^{-1}), os maiores valores de velocidade do ar foram observados nas camadas Y0 e Y1 quando os demais tratamentos foram aplicados. Estas camadas correspondem ao nível de altura dos animais para os quais o protótipo foi ajustado (codornas de postura), que é de aproximadamente 15 cm.
2. O ajuste da variação de velocidade do ar nos pares de protótipos utilizados em um mesmo tratamento se mostrou confiável, uma vez que não foram observadas diferenças estatísticas significativas nos níveis de velocidade medidos nas gaiolas submetidas à mesma faixa de velocidade do ar.
3. A variação da velocidade do ar medida no interior de uma gaiola foi substancial, devido à concepção aberta das mesmas, visto que parte do fluxo de ar que entra é perdida ao longo do caminho, através de aberturas laterais e superiores. Apesar disso, a alta velocidade desejada na zona do comedouro foi alcançada.
4. A velocidade média do ar mensurada na zona do comedouro para o tratamento de 3 m.s^{-1} foi, de fato, $2,3 \text{ m.s}^{-1}$.
5. Comparando o valor médio de velocidade do ar mensurado e o preestabelecido para cada tratamento, verifica-se a necessidade de maior atenção no ajuste da vazão de saída de ar dos protótipos utilizados para o nível de 3 m.s^{-1} .

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, V. M. N. et al. Evaluation of litter material and ventilation systems in poultry production: I. overall performance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 6, p. 1364–1371, 2011.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em Edificações Rurais**. 2^a. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010.

BIANCHI, B. et al. Microclimate measuring and fluid-dynamic simulation in an industrial broiler house: testing of an experimental ventilation system. **Veterinaria Italiana**, v.51, p. 85–92, 2015.

BLAKELY, J. R. et al. The Economic Importance of House and Ventilation Management. **The Poultry Engineering, Economics and Management, Auburn University**, n. 49, p. 1–4, 2007.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística. Princípios e aplicações**. 2^a. ed. [s.l.] Artmed, 2007.

CURTIS, S. E. **Environmental Management in Animal Agriculture**. Ames, 1983.

MANNO, M. C. et al. Produção de amônia no interior de galpões avícolas com modificações ambientais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 54, n. 2, p. 159–164, 2011.

MENEGALI, I. et al. Comportamento de variáveis climáticas em sistemas de ventilação mínima para produção de pintos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 106–113, 2013.

RUZAL, M. et al. Ventilation plays an important role in hens' egg production at high ambient temperature. **Poultry science**, v. 90, n. 4, p. 856–62, 2011.

SANTOS, M. J. B DOS.; RABELLO, C. B.; PANDORFI, H.; TORRES, T. R.; SANTOS, P. A DO.; CAMELO, L. C. L. Fatores que interferem no estresse térmico em frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, p. 1779 – 1786, 2012.

VIGODERIS, R. B. et al. Avaliação do uso de ventilação mínima em galpões avícolas e de sua influência no desempenho de aves de corte no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1381–1386, 2010.

YAHAV, S. et al. Air velocity alters broiler performance under harsh environmental conditions. **Poultry science**, v. 80, n. 6, p. 724–726, 2001.

YANAGI, T.; XIN, H.; GATES, R. S. A research facility for studying poultry responses to heat stress and its relief. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 18, n. 2, p. 55–60, 2002.

CAPÍTULO II

Influência de duas condições de calor e umidade associadas a dois níveis de velocidade do ar sobre o comportamento, desempenho produtivo e variáveis fisiológicas de codornas japonesas

RESUMO: Um ambiente termicamente confortável é essencial para que as aves possam dissipar o calor excedente e, desta forma, expressar seu real potencial produtivo. O objetivo da presente pesquisa consistiu em avaliar a influência das condições de calor (calor seco e calor úmido) em relação ao ambiente termoneutro, associadas a dois níveis de velocidade do ar (baixa velocidade e alta velocidade), nos aspectos comportamentais, desempenho produtivo e variáveis fisiológicas de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em pré-pico de postura. A avaliação do comportamento das codornas japonesas foi realizada a partir da observação do número de animais exibindo determinado padrão comportamental, registrado em um etograma, com base em análise visual de imagens de vídeo. Para isto, foram utilizadas 156 codornas japonesas em fase de pré-pico de postura e com idade inicial de 77 dias (11 semanas de vida), procedentes de um mesmo lote e apresentando peso médio corporal de $173 \pm 5,2$ g. Os animais foram submetidos a seis tratamentos, compostos três condições térmicas ambientais: conforto térmico (temperatura ambiental 24°C/umidade relativa 60-70%), calor seco (temperatura ambiental 35°C/umidade relativa 45-55%) e calor úmido (temperatura ambiental 35°C/umidade relativa 70-80%), combinadas com dois níveis de velocidade do ar: baixa (0 m.s⁻¹) e alta (2,3 m.s⁻¹). Para simular condições ambientais naturais, as aves foram submetidas a estresse cíclico por calor, no qual ficaram expostas aos tratamentos testados por 12 horas diárias, voltando às condições de conforto no período noturno. Foram avaliados cinco padrões comportamentais das 156 aves: Comer; Beber; Ficar parado; Abrir asas/arrepiar; Ficar ativo (Investigar penas, pular, demonstrar agressividade). Além do comportamento das aves, foram avaliados também os seguintes variáveis de desempenho zootécnico: consumo de ração e de água, peso corporal, massa de ovos, conversão alimentar e taxa de mortalidade. Os tratamentos foram organizados de acordo com um esquema fatorial 3x2: três condições térmicas ambientais e duas velocidades do ar, de modo a constituir seis tratamentos, dispostos no delineamento em blocos casualizados, onde cada período experimental (três dias)

é um bloco, totalizando três repetições. Com base nos resultados obtidos na presente pesquisa, pode-se concluir que os padrões comportamentais COMER e FICAR PARADO apresentaram diferenças estatísticas significativas na interação entre os fatores ambiente térmico e velocidade do ar ($P < 0,05$). Já para o padrão comportamental BEBER, houve diferenças significativas nos dois fatores estudados (ambiente térmico e velocidade do ar) isoladamente ($P < 0,05$), contudo a interação dos mesmos não foi significativa. O padrão comportamental FICAR ATIVO revelou diferença estatística somente no fator ambiente térmico ($P < 0,05$) e para o padrão que representa expressões de conforto ABRIR ASAS/ARREPIAR verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$). Em relação aos parâmetros de desempenho produtivo das codornas, observou-se que, estatisticamente, não houve influência significativa das diversas condições térmicas do ambiente, dos níveis de velocidade do ar e da interação desses dois fatores ($P > 0,05$) sobre o consumo de ração, massa de ovos e conversão alimentar. Provavelmente, este resultado é devido ao pequeno intervalo de tempo experimental, uma vez que cada bloco foi constituído de três dias. Por outro lado, os diferentes ambientes térmicos afetaram significativamente o consumo de água ($P = 0,003$). Houve aumento significativo de 29% e 48% no consumo de água das aves expostas ao calor seco e calor úmido, respectivamente, quando comparadas ao ambiente termoneutro. Contudo, o fator velocidade do ar e a interação entre ambos (ambiente térmico x velocidade do ar) não afetaram este parâmetro ($P > 0,05$). Observou-se ainda que tanto o ambiente térmico quanto a velocidade do ar influenciaram significativamente ($P < 0,05$) na variação da temperatura superficial média (TSM) das codornas, com aumento de aproximadamente $13,5^{\circ}\text{C}$ na TSM para ambas as condições de estresse por calor, quando comparadas à condição de termoneutralidade; e pela redução de $1,5^{\circ}\text{C}$ na TSM de aves submetidas a altas velocidades em relação àquelas expostas a baixos valores desse fator.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiente térmico; bem-estar animal; controle ambiental

ABSTRACT: A thermally comfortable environment is essential so that birds can dissipate the excess heat and thus express their real production potential. The aim of this research was to evaluate the influence of the interaction between two conditions of heat (dry and wet) related to the thermoneutral environment, combined with two

air velocity levels (low and high speed) on behavior, productive performance and physiological variables of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) in pre-peak posture. The behavioral assessment of Japanese quails was conducted from the observation of the number of animals performing a particular behavior, listed in an ethogram through visual analysis of video images. It were used 156 Japanese quails in pre-peak phase and initial age of 77 days (11 weeks old), coming from the same lot and presenting average body weight of 173 ± 5.2 g. The animals underwent six treatments, representing three thermal conditions: thermal comfort (ambient temperature 24 °C/ 60-70% RH), dry heat (ambient temperature 35 °C/ 45-55% RH) and moist heat (Ambient temperature 35 °C/ 70-80% RH), combined with two air speed levels: low speeds and high speeds (0 to 2.3 m.s⁻¹, respectively). To simulate natural environmental conditions, the birds were subjected to cyclic heat stress, which were exposed to treatments to be tested for 12 hours, returning to the comfort conditions at night. Five bird behavior categories were evaluated: Eating; Drinking; Stopped/resting; Open wings/bristle; Active (Investigating feathers, jumping, aggression). In addition to the birds' behavior, the following production performance parameters were also evaluated: feed intake, water consumption, body weight variation, egg mass, feed conversion and mortality. The treatments were arranged according to a factorial 3x2: three environmental thermal conditions and two air velocities, so as to form six treatments, arranged in a randomized block design, where each experimental period (three days) is a block, with three repetitions. Based on the results obtained in this study, it can be concluded that the behavior categories EATING and STOPPED / RESTING show significant statistical differences in the interaction between the thermal environment factors and air velocity (P<0.05). As for DRINKING category, there were significant differences in the behavior of birds in two factors isolated (thermal environment and air velocity) (P<0.05), but the interaction between them was not significant. The category ACTIVE show statistical difference only in thermal environment factor (P<0.05) and for OPEN WINGS/BRISTLE is noted that there was no significant difference between treatments (P>0.05). Regarding the quails performance variables, there is not a statistically significant influence of various thermal conditions of the environment, of different air speed ranges and of interaction of these two factors (P>0.05) on the feed intake, egg mass and feed conversion because of the small experimental period, since

each block was made three days. Moreover, different thermal environments significantly affected the water intake ($P=0.003$). There was a significant increase of 29% and 48% in water consumption of poultry exposed to dry heat and moist heat, respectively, when compared to the thermoneutral environment. However, the factor air speed and the interaction between them (thermal environment \times speed air) did not affect this parameter ($P>0.05$). It was also observed that both the thermal environment as the airspeed influenced significantly ($P<0.05$) in the average surface temperature variation of the quails, an increase of approximately 13.5°C at average surface temperature for both conditions of heat stress when compared to the thermoneutral condition; and a reduction of 1.5°C in the TSM birds subjected to high speeds compared to those exposed to low values of this factor.

KEY-WORDS: Thermal environment; animal welfare; environment control

2.1 INTRODUÇÃO

Codornas são animais homeotermos, ou seja, possuem a capacidade de manter a temperatura do núcleo corporal estável, dentro de certos limites, independente da variação da temperatura do ambiente, permanecendo em constante troca de energia com o meio no qual estão inseridas (BAÊTA e SOUZA, 2010). Contudo, a otimização deste processo só é possível quando o ambiente se encontra em condições dentro da zona de termoneutralidade, onde se constata o mínimo dispêndio de energia para a manutenção da homeotermia e a máxima produtividade.

Um importante fator a ser levado em consideração para o estudo mais detalhado da ambiência nas instalações animais no Brasil é a grande extensão territorial, o que implica em zonas climáticas heterogêneas, com extensas regiões onde prevalece, durante grande parte do ano, clima quente e alta umidade relativa; outras, com clima predominantemente quente e baixa umidade; e ainda, regiões que apresentam verões quentes e invernos frios (TINÔCO, 2001). Como no país imperam, durante a maior parte do ano, condições ambientais que ultrapassam a zona de conforto para os animais, a dissipação de calor corporal é fortemente afetada e, algumas vezes, a produção animal pode se tornar inviável (FERREIRA, 2016). Em vista disso, é de fundamental importância, para o êxito da produção, uma maior atenção voltada ao manejo dos animais, levando em consideração os fatores térmicos

ambientais que possam vir a comprometer o seu bem-estar e, conseqüentemente, reduzir a produtividade.

Elementos climáticos como temperatura, umidade relativa, vento e radiação são fatores preponderantes por afetarem diretamente a capacidade produtiva, reprodutiva e de sobrevivência das codornas (AMARAL, 2012; TINÔCO, 2001). De acordo com Albuquerque (2004), a exigência térmica das aves varia em função da sua idade, sendo que, em fase de postura, são mais suscetíveis a problemas decorrentes das altas temperaturas. Com isso, restringem o seu consumo de ração, com o propósito de reduzir a produção de calor metabólico, o que, de fato, acarreta em prejuízos na produtividade e qualidade dos ovos.

Um dos primeiros indicativos de estresse térmico das aves consiste na alteração dos seus padrões comportamentais e fisiológicos, buscando equilibrar suas taxas de troca de calor com o ambiente (SCHIASSI et al., 2015). Sendo assim, o estudo do comportamento animal representa uma importante ferramenta para a avaliação do ambiente de criação (BARBOSA FILHO et al., 2007).

Segundo Carvalho et al. (2013), quando submetidas à situação de estresse térmico, as aves tendem a apresentar comportamento atípico, buscando minimizar os efeitos do ambiente sobre o seu conforto. Sob altas temperaturas, as aves reduzem a ingestão de alimento, passam grande parte do tempo prostradas, com o propósito de dissipar calor corporal para o meio (SANTOS et al., 2012). Além da temperatura e umidade relativa, outro fator que influencia o comportamento dos animais é a velocidade do ar. Em estresse por calor, Drury e Siege (1966) afirmam que altas velocidades do ar minimizam a incidência do comportamento de prostração, além de reduzir o consumo de água e a frequência respiratória, mostrando que, nessas condições, a troca de calor do animal com o ambiente por meio da convecção foi favorecida. Portanto, faz-se necessário avaliar, de forma mais abrangente, a influência dos elementos climáticos que afetam diretamente o bem-estar e a produtividade animal.

Neste sentido, frente à importância de estudos que demonstrem a relação da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar sobre o conforto térmico das aves, objetivou-se avaliar a influência da interação entre duas condições de calor (seco e úmido), associado a dois níveis de velocidade do ar (baixa e alta), nos aspectos

comportamentais, desempenho produtivo e temperatura superficial média de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em pré-pico de postura.

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 Considerações Gerais

A avaliação comportamental das codornas japonesas foi realizada a partir da observação do número de expressões executadas pelas mesmas, em cada padrão comportamental registrado em um etograma, com base em análise visual de imagens das aves. Dessa forma, realizou-se o experimento em três câmaras climáticas localizadas na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO) do setor de Construções Rurais e Ambiência do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG. As coordenadas geográficas são: latitude 20° 45' Sul e longitude 45° 52' Oeste, apresentando altitude média de 712 m. O clima é caracterizado por inverno frio e seco e verão quente e úmido, segundo a classificação de Köppen.

2.2.2 Características da Instalação

Cada câmara climática possui área de 7,8 m² e pé direito de 2,38 m. Todas possuem sistema de aquecimento, umidificação e refrigeração do ar, sendo o aquecedor constituído de resistência elétrica (2000 W de potência), o umidificador com capacidade de 4,5 L e a refrigeração com ar condicionado tipo Split quente/frio de 3,51 kW h⁻¹. O aquecedor e o umidificador são acionados por meio de controlador eletrônico MT – 531R plus com as seguintes especificações: temperatura de controle variando de -10°C a 70°C com resolução de 0,1°C; umidade de controle variando de 20% a 85% com resolução de 0,1%.

As câmaras apresentam ainda dois exaustores axiais AMB (modelo FD08025S1M; DC 12 V; 0,15 A) com velocidade de 0,3 m.s⁻¹, que realizam a renovação do ar durante o período experimental. Os níveis de concentração de amônia foram monitorados diariamente, por meio do sensor Gas Alert Extreme NH₃ Detector (BW Technologies[®], Oxfordshire, UK) com capacidade de detecção de 0-100 ppm, temperatura de operação de -4 e 40 °C, e precisão de 2% (a 25 °C e umidade relativa de 15 a 90%).

O sistema de controle de velocidade do ar utilizado é constituído por ventiladores Micro Motor Elgin $1/25$ MM – 20B Bivolt, frequência de 60 Hz, 11,93 W de potência e diâmetro de 25 cm. O conjunto consiste em dois ventiladores acoplados em um tubo PVC, sendo um em cada extremidade, com o fluxo de saída de ar direcionado para as aves. A vazão volumétrica máxima do sistema, de acordo com as especificações do fabricante, é de $950 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Com isso, por meio da regulagem da frequência, as velocidades do ar dos ventiladores puderam ser manipuladas e ajustadas em diferentes níveis, de acordo com os tratamentos.

2.2.3 Descrição do experimento e manejo das aves

Todos os procedimentos adotados no presente experimento foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), com o protocolo de registro número 07/2016 (cópia do certificado página 90 - Anexo 01).

Neste experimento, foram utilizadas 156 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em fase de pré-pico de postura e com idade inicial de 77 dias (11 semanas de vida), procedentes de um mesmo lote e apresentando peso corporal de $173 \pm 5,2$ g.

As codornas foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado subdivididas em três compartimentos de aproximadamente $0,14 \text{ m}^2$. No entanto, somente duas seções foram ocupadas, de acordo com os critérios de densidade populacional estabelecidos. A fim de atender a densidade de criação utilizada a campo, que é estabelecida em torno de $106 \text{ cm}^2 \cdot \text{ave}^{-1}$ (RIBEIRO e RIBEIRO JR, 2015), foram alojadas 26 aves por gaiola, sendo 13 em cada compartimento. Assim, as aves foram distribuídas uniformemente em seis gaiolas, equipadas com comedouros e bebedouros do tipo *nipple*, e estas foram alocadas aleatoriamente em três câmaras climáticas. Durante todo o período experimental, as aves receberam ração e água *ad libitum* e a coleta dos ovos foi realizada diariamente, às 7 horas da manhã.

O programa de iluminação adotado foi contínuo, com 15 horas diárias de luz artificial em todas as câmaras, que foram equipadas com um timer para ativar e desativar as lâmpadas, respectivamente, às 6h e 21h.

Os animais foram submetidos a seis tratamentos, compostos por três condições ambientais: conforto térmico, calor seco e calor úmido, combinadas com dois níveis

médios de velocidade do ar: baixa (0 m.s^{-1}) e alta ($2,3 \text{ m.s}^{-1}$). Para a caracterização da condição de conforto térmico, considerou-se a temperatura de 24°C e a umidade relativa na faixa de 65 a 70 %, preconizadas para codornas de corte adultas por Sousa (2013) e Oliveira (2007), respectivamente. A condição de estresse por calor seco foi estabelecida pela temperatura ambiental de 35°C e umidade relativa na faixa de 45 a 55%, enquanto que o calor úmido foi representado pela temperatura ambiente na faixa de 35°C e umidade relativa entre 70 e 80%. Para simular condições ambientais naturais, as aves foram submetidas a estresse descontínuo por calor, ao qual ficaram expostas por 12 horas diárias, voltando às condições de conforto no período noturno. A velocidade do ar (m.s^{-1}) foi aferida diariamente, antes da avaliação comportamental, com uso do termoanemômetro de fio quente, da marca TECPEL (Tecpel Co., Ltd., Taipei, Taiwan), Modelo AVM714 e resolução de $0,1 \text{ m.s}^{-1}$.

Foram estabelecidos três dias para avaliação do ambiente térmico e do comportamento em cada tratamento, e dois dias para aclimação na transição dos tratamentos. Desse modo, no período de aclimação, as aves foram mantidas sob temperatura do ar e umidade relativa preconizadas pela literatura, como conforto térmico.

2.2.4 Coleta de dados

Para realizar a análise comportamental das codornas perante as diferentes condições ambientais impostas, foram coletados dados relacionados ao ambiente térmico e ao desempenho dos animais, além das observações das imagens de vídeo.

2.2.4.1 Ambiente de criação

A avaliação do ambiente térmico foi realizada por meio da análise do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), calculado pela Equação 2.1, proposta por Buffington et al. (1982):

$$ITU = 0,8 \times T_{ar} + \frac{UR \times (T_{ar} - 14,3)}{100} + 46,3 \quad (2.1)$$

Onde:

ITU – Índice de Temperatura e Umidade;

T_{ar} – Temperatura do ar ($^\circ\text{C}$);

UR – Umidade relativa do ar (%)

Para o cálculo do ITU, os dados de temperatura (C°) e umidade relativa do ar (%) foram registrados diariamente, em intervalos de 10 minutos, por meio de *dataloggers* HOBO®, Modelo U14-001. Os sensores foram instalados à altura das aves, no centro da câmara climática. Visto que as aves foram submetidas a estresse descontínuo, a caracterização do ambiente foi realizada para dois períodos diários: de 7 às 19h e 19 às 7h, uma vez que, durante o período noturno, todos os animais eram mantidos em condições de termoneutralidade.

Como os animais foram submetidos a dois níveis de velocidade do ar nos ambientes térmicos avaliados, fez-se necessário a medição da temperatura e umidade relativa na saída de ar de cada protótipo, em intervalos de 10 minutos. Assim, foi verificado se os animais estariam submetidas à mesma condição térmica, variando apenas a velocidade do ar.

2.2.4.2 Análise do padrão comportamental das aves

Para a avaliação dos padrões de comportamento das codornas, o etograma (Tabela 2.1) foi elaborado com base em estudos de Mollenhorst et al. (2005) e Barbosa Filho et al. (2007):

Tabela 2.1: Etograma elaborado para a análise do comportamento de codornas japonesas submetidas a duas condições de estresse por calor, associadas a dois níveis de velocidade do ar

Padrão comportamental	Descrição
Comer	Cabeça dirigida para dentro do comedouro, comendo.
Beber	Ingestão de água nos bebedouros/bicando bebedouro.
Ficar parado	Nenhum movimento, ave parada, em repouso, prostrada.
Abrir asas/arrepiar	Movimentos de conforto: abrir e esticar as asas, arrepiar.
Ficar ativo (Investigar penas, pular, agressividade)	Ave investigando suas próprias penas ou de outras aves com o bico, pulando, demonstrando agressividade ou dominância.

O comportamento das aves foi monitorado por câmeras digitais (marca Venetian® infravermelho, modelo CAM 6010, resolução mínima de 420 linhas e lente com distância focal de 3,6 mm), as quais foram instaladas no teto das câmaras climáticas, acima das gaiolas. As imagens foram armazenadas por meio do gravador digital de vídeo da marca VMI (VMI Sistemas de Segurança, BR) modelo 31SH, com 16 canais.

Para o presente estudo, as aves foram acompanhadas durante três dias consecutivos para cada condição ambiental imposta. Com base na metodologia proposta por Barbosa Filho et al. (2007), o monitoramento foi realizado durante duas horas consecutivas no período da manhã (9:00 às 11:00) e duas horas à tarde (15:00 às 17:00), com observações a cada 30 minutos.

Para a análise comportamental das aves, utilizou-se a amostragem instantânea, realizada através das gravações de imagens de vídeo. Cada ave foi observada durante 10 segundos, contados a partir dos horários pré-determinados, e assim, considerou-se a expressão de comportamento predominante de cada animal durante o intervalo de tempo examinado. Deste modo, foi registrado o número de codornas presente em cada categoria de comportamento nos horários estabelecidos.

Os dados utilizados nas análises do comportamento foram obtidos a partir de três observadores treinados, a fim de reduzir a subjetividade do método visual.

2.2.4.3 Parâmetros de desempenho zootécnico e fisiológico

Diversos parâmetros de desempenho zootécnico foram registrados durante o período experimental, tais como: consumo de ração e de água, peso corporal, massa de ovos, conversão alimentar e taxa de mortalidade. Além disso, foram computados dados de temperatura da cabeça, da asa, da pata e do dorso, para o cálculo do parâmetro fisiológico denominado temperatura superficial média (TSM).

a) Consumo de ração (CR) ($\text{g.ave}^{-1}.\text{dia}^{-1}$): Para a determinação do consumo de ração, foi utilizada uma balança eletrônica da marca TECNAL® (Tecnal Equipamentos Científicos, Piracicaba, BR), modelo B-TEC-K 12, com capacidade de 12 kg e precisão de $\pm 0,1$ g), a partir da qual foi computada a quantidade de ração disponibilizada às aves durante o bloco de três dias, a sobra de alimento no comedouro e o desperdício ao fim de cada bloco, sendo relacionados ao número de

animais presentes na gaiola. Ao final, dividiu-se o resultado por três para estimar o consumo médio diário de cada ave, de acordo com a Equação 2.2 :

$$CR = \left(\frac{O - S - D}{N} \right) \times \frac{1}{3} \quad (2.2)$$

Onde:

Cr: Consumo de ração médio diário ($\text{g.ave}^{-1}.\text{dia}^{-1}$);

O: Ração ofertada durante o bloco (g);

S: Sobra no comedouro ao final do bloco(g);

D: Desperdício ao final do bloco (g);

N: Número de animais por gaiola.

Para mensurar o desperdício de ração, foram instalados recipientes abaixo de cada comedouro. Todo o material coletado foi peneirado e separado, e então o desperdício foi quantificado através da pesagem da ração remanescente.

b) Consumo de água ($C_{\text{água}}$) ($\text{mL.ave}^{-1}.\text{dia}^{-1}$): O consumo de água foi calculado pela Equação 2.3, que relaciona a quantidade de água oferecida às aves diariamente, a sobra de água no bebedouro ao fim do dia, o desperdício e o número de animais presentes na gaiola.

$$C_{\text{água}} = \left(\frac{O - S - D}{N} \right) \quad (2.3)$$

Onde:

$C_{\text{água}}$: Consumo de água médio diário ($\text{mL.ave}^{-1}.\text{dia}^{-1}$);

O: Oferta de água (mL);

S: Sobra no bebedouro (mL);

D: Desperdício contabilizado diariamente (mL);

N: Número de animais.

Para mensurar o desperdício de água foram instalados recipientes abaixo de cada bebedouro. O desperdício foi quantificado com o auxílio de uma proveta graduada, sendo computado diariamente.

c) Peso corporal (P) (g) e variação do peso corporal (g): O peso corporal dos animais foi medido por meio de uma balança eletrônica, no início e no fim de cada bloco, ao longo de todo o experimento. As codornas foram agrupadas e pesadas coletivamente, totalizando 15 aves por unidade experimental, e o peso médio de cada codorna foi calculado pela Equação 2.4, relacionando o peso total com o número de animais por amostra:

$$P = \frac{P_{amostra}}{N_{animais}} \quad (2.4)$$

Onde:

P – Peso médio de cada ave da unidade experimental (g);

P_{amostra} – Peso total da amostra (g);

N_{animais} – Número de animais por amostra.

A variação de peso durante o período experimental foi determinada ao final do terceiro dia de exposição aos tratamentos. Assim, as aves foram pesadas no início e no término de cada bloco experimental e a variação de peso foi calculada pela Equação 2.5, descrita abaixo:

$$\text{Variação de peso} = P_{final} - P_{inicial} \quad (2.5)$$

Onde:

Variação de peso – Variação de peso das codornas em cada bloco (g);

P_{final} – Peso médio dos animais ao final do bloco (g);

P_{inicial} – Peso médio dos animais no início do bloco (g).

d) Massa de Ovos (MO) (g.ave⁻¹): Todos os ovos íntegros produzidos durante cada bloco experimental foram pesados com o auxílio de uma balança eletrônica.

Assim, obteve-se a massa total de ovos produzida a cada três dias que, por sua vez, foi dividida pelo número de animais, conforme demonstrado na Equação 2.6:

$$MO = \frac{MO_{total}}{N^{\circ}animais} \quad (2.6)$$

Onde:

MO: Massa de ovos (g.ave⁻¹);

MO_{total}: Massa total de ovos produzidos durante o bloco experimental (g);

N^o animais: n^o total de animais em cada bloco.

e) Conversão Alimentar (CA) (g_{ração}•g_{ovos}⁻¹): A conversão alimentar em massa de ovos foi obtida através da razão entre o consumo de ração (g) e a massa de ovos produzida (g) em cada bloco experimental, como pode ser observado pela Equação 2.7:

$$CA = \frac{CR}{MO} \quad (2.7)$$

Onde:

CA: Conversão alimentar em massa de ovos (g_{ração}•g_{ovos}⁻¹);

CR: Consumo de ração (g.ave⁻¹);

MO: Massa de ovos (g.ave⁻¹).

f) Taxa de Mortalidade (%): A taxa de mortalidade foi calculada por meio da relação entre o número de animais mortos e a quantidade de animais presentes na gaiola, conforme a Equação 2.8.

$$TM = \left(\frac{M}{N} \right) \times 100 \quad (2.8)$$

Onde:

TM: Taxa de mortalidade (%);

M: Animais mortos;

N: Número de animais na gaiola.

2.2.4.4 Parâmetro Fisiológico – Temperatura Superficial Média (TSM)

A temperatura superficial média (TSM) foi calculada pela Equação 2.9, proposta por Richards (1971), a partir da média dos dados da temperatura de superfície das aves, considerando a asa, a cabeça, a pata e o dorso. Estes dados foram coletados diariamente às 8h e às 14h, utilizando-se termômetro infravermelho digital de aferição à distância, com mira a laser (marca Instrutherm® Instrumentos de Medição Ltda, São Paulo, BR, modelo TI – 860, com resolução de 1°C, emissividade de 0,95 e amplitude de -30°C à 270°C). Para a avaliação da TSM, considerou-se uma amostra aleatória de 12 aves para cada tratamento, que representou aproximadamente 50% da população de cada gaiola.

$$TMS = (0,12 \times T_{asa}) + (0,03 \times T_{cabeça}) + (0,15 \times T_{pata}) + (0,70 \times T_{dorso}) \quad (2.9)$$

2.2.5 Delineamento experimental

Três diferentes condições térmicas foram definidas, relacionando a temperatura e umidade relativa do ar ambiente, as quais constituíram, em combinação com os níveis de velocidade do ar, cada um dos seis tratamentos aplicados, conforme a Tabela 2.2.

Assim, os tratamentos foram organizados de acordo com um esquema fatorial 3x2: três condições térmicas ambientais e duas velocidades do ar dispostos no delineamento em blocos casualizados, sendo cada período experimental (três dias) um bloco, totalizando três repetições (Figura 2.1).

Tabela 2.2: Disposição dos tratamentos em relação à condição térmica e ao nível de velocidade do ar estabelecidos

Tratamento	Ambiente térmico	Nível de velocidade do ar
T1	Conforto térmico	baixa
T2	Conforto térmico	alta
T3	Calor seco	baixa
T4	Calor seco	alta
T5	Calor úmido	baixa
T6	Calor úmido	alta

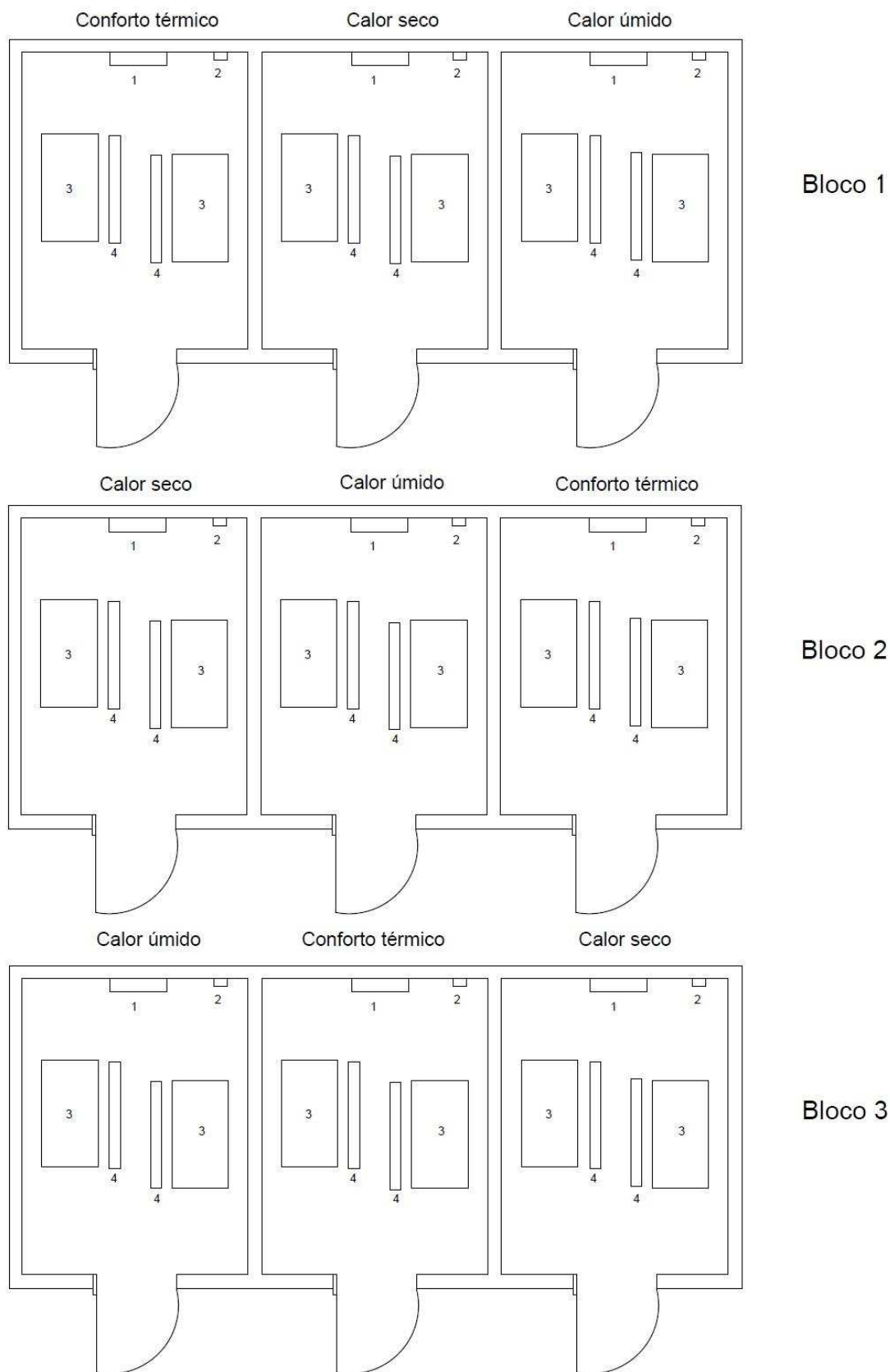


Figura 2.1: Croqui do delineamento experimental com o arranjo dos tratamentos, em que: 1) sistema de condicionamento das câmaras climáticas - ar condicionado, aquecedor e umidificador de ar; 2) controlador eletrônico de temperatura e umidade; 3) gaiolas; 4) tubos de controle de velocidade do ar

2.2.6 Análise Estatística

Para avaliar a condição térmica ambiental na saída de dois protótipos com velocidades do ar diferentes, alocados em uma mesma câmara climática, os valores medidos de temperatura do ar, umidade relativa e ITU foram comparados estatisticamente, utilizando-se o teste de Mann-Whitney. Esse teste é aplicado para avaliar a distribuição de frequência dos dados e verificar se duas amostras independentes foram retiradas de populações com médias iguais (VIALI, 2008).

A estatística do teste é calculada de acordo com Pocinho e Figueiredo (2004), pela Equação 2.10:

$$U = n_1 \times n_2 + \frac{N_x \times (N_x + 1)}{2} - T_x \quad (2.10)$$

Onde:

n_1 – Número de amostras do grupo 1;

n_2 – Número de amostras do grupo 2;

N_x – Número de amostras do grupo com o maior total de ordens;

T_x – maior total de ordens.

Quando os dados constituem uma amostra considerada relativamente grande ($n > 10$), como no caso do presente experimento, a distribuição amostral de U tende à distribuição normal (z), que é obtida pela Equação 2.11:

$$Z_{calc} = \frac{U - \frac{n_1 \times n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 \times n_2 \times (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \quad (2.11)$$

Onde:

n_1 – Número de amostras do grupo 1;

n_2 – Numero de amostras do grupo 2;

U – Estatística calculada de Mann - Whitney;

Caso o valor de $|Z_{calc}|$ seja maior ou igual à Z_{tab} , conclui-se que há diferença estatística significativa entre os grupos avaliados, rejeitando-se a hipótese H_0 .

Os dados utilizados nas análises do comportamento foram obtidos por três observadores treinados, a fim de reduzir a subjetividade da avaliação pelo método visual. Para verificar a imparcialidade nos resultados obtidos por cada avaliador, os resultados dos cinco padrões comportamentais foram comparados estatisticamente por meio do Teste Kruskal-Wallis. De acordo com Callegari-Jacques (2007), trata-se de um teste não paramétrico, utilizado para comparar três ou mais populações quanto à tendência central dos dados. A estatística do teste é calculada pela Equação 2.12:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \times \sum_{i=1}^k \left(\frac{R_i^2}{n_i} \right) - 3 \times (N+1) \quad (2.12)$$

Onde:

N – Número total de observações considerando todos os tratamentos;

n_i – Número de observações em cada tratamento k;

k – Número de tratamentos avaliados;

R_i – Soma do ranking de cada tratamento.

Caso ocorra empate entre os postos ordenados no ranking dos valores utilizados para aplicação desse teste, faz-se necessário a correção do valor de H calculado. Esse fator de correção pode ser obtido pela Equação 2.13.

$$FC = 1 - \frac{\sum (t_i^3 - t_i)}{N^3 - N} \quad (2.13)$$

Onde:

FC – Fator de correção;

t_i – Número de postos empatados no ranking dos dados;

N – Número de dados totais considerando todos os grupos analisados.

Após o cálculo do fator de correção FC, o H corrigido é obtido por meio da divisão do valor da estatística H calculada na Equação 2.12 pelo fator de correção apresentado na Equação 2.13.

$$H_{corr} = \frac{H}{FC} \quad (2.14)$$

Onde:

H – Valor calculado da estatística H;

FC – Fator de correção;

H_{corr} – Estatística do teste H corrigida.

A conclusão do teste é dada pela relação:

$$\begin{cases} \text{Aceita} - \text{se } H_0 \text{ se } H < \chi^2_{tab}(k-1, \alpha) \\ \text{Rejeita} - \text{se } H_0 \text{ se } H \geq \chi^2_{tab}(k-1, \alpha) \end{cases}$$

Onde:

$\chi^2_{tab}(k-1, \alpha)$ – Valor tabelado do Chi quadrado com (k-1) graus de liberdade e nível de significância α .

k – Número de tratamentos avaliados.

Para avaliar o efeito das interações entre o ambiente térmico e dois diferentes níveis de velocidade do ar sobre as médias das variáveis analisadas (comportamento, variáveis de desempenho e temperatura superficial média), os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste *Two-Way* ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste Tukey, utilizando-se o software estatístico SIGMAPLOT® 12.0 (Systat Software, Inc., San Jose, CA, USA).

Segundo Callegari-Jacques (2007), a análise de variância (ANOVA) é realizada com base na decomposição da variação total entre os dados obtidos durante o experimento em componentes identificáveis, onde a variação de cada um desses componentes é causada por uma fonte de variação (fatores) diferente, que dependem do delineamento utilizado. O método *Two-Way* ANOVA é usado quando se tem duas fontes de variação e se deseja realizar análises de variância para investigar o impacto destes fatores nas variáveis de resposta.

Caso a influência de pelo menos um dos fatores estudados ou a interação entre ambos tenha sido significativa, aplica-se o teste Tukey para testar os contrastes entre duas médias, a fim de avaliar quais delas diferem estatisticamente entre si (REIS, 2006).

Assim, as hipóteses testadas pelo teste Tukey, por meio da diferença mínima significativa (Δ) são:

$$\begin{cases} H_0 : \text{As duas médias não diferem entre si} (H_0 : m_i = m_j) \\ H_a : \text{As duas médias são diferentes} (H_a : m_i \neq m_j) \end{cases}$$

Considerando o mesmo número de repetições para todos os tratamentos, a Δ para o teste Tukey (Equação 2.15) é dada por:

$$\Delta = q(i, gl_{erro}) \sqrt{\frac{QM_{res}}{J}} \quad (2.15)$$

Onde:

$q(i, gl_{erro})$ – Amplitude total estudentizada para uso no teste Tukey ao nível $\alpha=5\%$ de probabilidade para i tratamentos e v graus de liberdade do erro experimental;

QM_{res} – Quadrado médio do resíduo;

J – número de repetições.

Para verificar se houve diferença nos parâmetros comportamentais das aves entre os períodos da manhã e da tarde, e para analisar a variação de peso das aves antes e depois de submetidas aos diferentes tratamentos, foi utilizado o teste t pareado. De acordo com Bower (2001), o teste t-pareado é usado para comparar diferenças de média entre duas populações quando existe relação de dependência entre elas.

Segundo Callegari-Jacques (2007), as hipóteses testadas pelo teste t-pareado são:

$$\begin{cases} H_0 : \mu = 0 \\ H_a : \mu \neq 0 \end{cases}$$

Neste teste, o valor crítico “t tabelado” leva em consideração o número de graus de liberdade e o nível de significância. Assim, a estatística t é calculada pela Equação 2.16:

$$t_{calc} = \frac{\bar{X}}{\left(\frac{S}{\sqrt{n}}\right)} \quad (2.16)$$

Onde:

t_{calc} – estatística t calculada;

\bar{X} – média da amostra;

S – desvio padrão amostral;

n – tamanho da amostra.

Sendo que S é dado pela equação 2.17:

$$S = \frac{\sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2}{n}}}{n-1} \quad (2.17)$$

Onde:

n-1 – graus de liberdade.

Caso o parâmetro estatístico (t calculado) seja maior que o valor crítico (t tabelado) com n-1 graus de liberdade, a hipótese H_0 é rejeitada, concluindo-se, assim, que existe diferença estatística entre as médias das duas amostras pareadas.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Caracterização do ambiente de criação

O ambiente térmico foi caracterizado com base nos valores do Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Na Tabela 2.3 estão apresentados os valores médios de temperatura do ar, umidade relativa e ITU, de acordo com o período do dia.

Tabela 2.3: Temperatura do ar, umidade relativa e ITU (média e desvio padrão) para cada ambiente térmico imposto às codornas japonesas em fase de pré-pico de postura, em função do período do dia

Ambiente térmico	Temperatura do ar (°C)		Umidade relativa (%)		ITU	
	Período diurno	Período noturno	Período diurno	Período noturno	Período diurno	Período noturno
<i>Conforto térmico</i>	23,8 ± 1,8	23,7 ± 0,6	71,1 ± 8,0	78,4 ± 6,1	72,0 ± 2,8	72,7 ± 1,2
<i>Calor seco</i>	34,5 ± 2,7	24,1 ± 0,8	55,5 ± 8,1	70,7 ± 8,2	85,1 ± 4,1	72,6 ± 1,3
<i>Calor úmido</i>	34,5 ± 2,6	24,3 ± 0,9	78,1 ± 5,5	75,6 ± 6,6	89,7 ± 4,4	73,4 ± 1,5

De acordo com Castro (2014), o intervalo de ITU ideal para o conforto térmico de codornas de postura varia entre 66,6 e 76. Neste contexto, as condições descritas como calor seco e calor úmido, utilizadas neste estudo, caracterizam ambientes de estresse para os animais, constituindo valores elevados para os padrões de termoneutralidade das aves.

Outro fator importante a ser observado na caracterização do ambiente térmico de criação foi a condição térmica do ar na saída de cada um dos protótipos alocados na mesma câmara climática. Essa análise se fez necessária pelo fato de que cada protótipo utilizou ajustes de velocidade diferentes, onde um foi regulado para operar com altas velocidades e o outro, com baixas velocidades em um mesmo ambiente térmico. A comparação entre a condição térmica mensurada na saída de ar em cada protótipo instalado na mesma câmara climática pode ser vista na Tabela 2.4.

Tabela 2.4: Temperatura do ar, umidade relativa e ITU (medianas e probabilidade P) para cada ambiente térmico imposto às codornas japonesas em fase de pré-pico de postura, em função do nível de velocidade do ar

Ambiente térmico	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa (%)			ITU		
	<i>Baixas Velocidades</i>	<i>Altas Velocidades</i>	<i>P</i>	<i>Baixas Velocidades</i>	<i>Altas Velocidades</i>	<i>P</i>	<i>Baixas Velocidades</i>	<i>Altas Velocidades</i>	<i>P</i>
<i>Conforto térmico</i>	23,6	23,8	0,233 ^{n.s}	72,2	72,7	0,101 ^{n.s}	72,0	72,2	0,397 ^{n.s}
<i>Calor seco</i>	35,1	35,0	0,410 ^{n.s}	52,9	51,7	0,069 ^{n.s}	85,1	84,9	0,124 ^{n.s}
<i>Calor úmido</i>	34,8	35,0	0,360 ^{n.s}	79,2	78,8	0,052 ^{n.s}	90,5	90,4	0,952 ^{n.s}

^{n.s}Diferença estatística não significativa pelo Teste de Mann-Whitney ao nível de 5 % de significância

Pela Tabela 2.4, nota-se que, na região de saída do ar dos protótipos localizados em uma mesma câmara climática, não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$) nos valores medianos de temperatura do ar, umidade relativa e ITU, mesmo com diferentes níveis de velocidade do ar. Isso demonstra confiabilidade na condição térmica proposta para cada tratamento pertencente a uma mesma câmara climática, uma vez que se observa que não houve alterações no ambiente devido à aplicação de maiores valores de velocidade do ar.

2.3.2 Avaliação comportamental

A avaliação comportamental foi realizada com base nos dados obtidos por três observadores treinados, por meio do método visual. Para isso, primeiramente foi realizada uma comparação entre os dados obtidos por cada observador, por meio do teste Kruskal-Wallis, a fim de verificar se houve diferenças significativas entre os mesmos. Na Tabela 2.5 apresentam-se os resultados da comparação estatística entre os dados de cada observador, em cada um dos tratamentos avaliados.

Tabela 2.5 – Número de codornas (mediana) nos cinco padrões comportamentais (comer; beber; ficar parado; abrir asas, arrear; ficar ativo) registrados por cada observador (O1 – Observador 1; O2 – Observador 2 e O3 – Observador 3) em cada tratamento avaliado, e resultado do teste Kruskal-Wallis

Padrão comportamental: Comer				
<i>Tratamento</i>	<i>O1</i>	<i>O2</i>	<i>O3</i>	<i>Teste Kruskal-Wallis</i>
Conforto térmico 0 m.s ⁻¹	6,8	6,3	7,2	H = 1,410 (p=0,565) n.s
Conforto térmico 2,3 m.s ⁻¹	7,4	7,1	7,3	H = 0,553 (p=0,758) n.s
Calor seco 0 m.s ⁻¹	4,6	4,7	5,2	H = 0,494 (p=0,781) n.s
Calor seco 2,3 m.s ⁻¹	7,1	7,1	7,3	H = 0,542 (p=0,763) n.s
Calor úmido 0 m.s ⁻¹	3,9	3,9	4,3	H = 1,306 (p=0,521) n.s
Calor úmido 2,3 m.s ⁻¹	6,6	6,5	6,9	H = 0,363 (p=0,834) n.s
Padrão comportamental: Beber				
<i>Tratamento</i>	<i>O1</i>	<i>O2</i>	<i>O3</i>	<i>Teste Kruskal-Wallis</i>
Conforto térmico 0 m.s ⁻¹	2,2	2,1	2,4	H = 3,204 (p=0,202) n.s
Conforto térmico 2,3 m.s ⁻¹	1,9	1,8	2,0	H = 2,320 (p=0,313) n.s
Calor seco 0 m.s ⁻¹	2,4	2,6	2,8	H = 4,879 (p=0,087) n.s
Calor seco 2,3 m.s ⁻¹	2,2	2,0	2,5	H = 5,447 (p=0,066) n.s
Calor úmido 0 m.s ⁻¹	2,4	2,2	2,6	H = 1,681 (p=0,432) n.s

Calor úmido 2,3 m.s⁻¹ 2,0 2,3 2,3 H = 3,416 (p=0,181) n.s

Padrão comportamental: Ficar parado

<i>Tratamento</i>	<i>O1</i>	<i>O2</i>	<i>O3</i>	<i>Teste Kruskal-Wallis</i>
Conforto térmico 0 m.s ⁻¹	5,3	4,7	5,6	H = 0,906 (p=0,636) n.s
Conforto térmico 2,3 m.s ⁻¹	3,8	5,6	6,3	H = 0,933 (p=0,627) n.s
Calor seco 0 m.s ⁻¹	9,8	9,6	10,1	H = 0,560 (p=0,756) n.s
Calor seco 2,3 m.s ⁻¹	7,6	8,0	8,0	H = 0,796 (p=0,672) n.s
Calor úmido 0 m.s ⁻¹	12,7	12,0	12,9	H = 1,182 (p=0,554) n.s
Calor úmido 2,3 m.s ⁻¹	9,4	9,5	9,6	H = 1,374 (p=0,503) n.s

Padrão comportamental: Abrir asas, arrepiar

<i>Tratamento</i>	<i>O1</i>	<i>O2</i>	<i>O3</i>	<i>Teste Kruskal-Wallis</i>
Conforto térmico 0 m.s ⁻¹	0,7	0,6	0,8	H = 4,020 (p=0,134) n.s
Conforto térmico 2,3 m.s ⁻¹	0,5	0,3	0,4	H = 3,577 (p=0,167) n.s
Calor seco 0 m.s ⁻¹	0,5	0,4	0,6	H = 4,837 (p=0,089) n.s
Calor seco 2,3 m.s ⁻¹	0,4	0,4	0,5	H = 1,219 (p=0,543) n.s
Calor úmido 0 m.s ⁻¹	0,4	0,5	0,6	H = 0,126 (p=0,939) n.s
Calor úmido 2,3 m.s ⁻¹	0,4	0,3	0,5	H = 4,822 (p=0,090) n.s

Padrão comportamental: Ficar ativo (investigar penas, pular, demonstrar agressividade)

<i>Tratamento</i>	<i>O1</i>	<i>O2</i>	<i>O3</i>	<i>Teste Kruskal-Wallis</i>
Conforto térmico 0 m.s ⁻¹	12,0	12,3	10,7	H = 3,841 (p=0,147) n.s
Conforto térmico 2,3 m.s ⁻¹	10,5	11,2	9,6	H = 3,667 (p=0,160) n.s
Calor seco 0 m.s ⁻¹	8,7	8,2	7,6	H = 4,954 (p=0,084) n.s
Calor seco 2,3 m.s ⁻¹	7,4	7,5	6,5	H = 5,319 (p=0,070) n.s
Calor úmido 0 m.s ⁻¹	6,7	7,1	5,7	H = 4,776 (p=0,092) n.s
Calor úmido 2,3 m.s ⁻¹	7,0	7,0	6,3	H = 5,860 (p=0,053) n.s

^{n.s}Diferença estatística não significativa ao nível de significância $\alpha = 5\%$

Com base nos dados apresentados na Tabela 2.5, nota-se que, independentemente do padrão estudado, não houve diferença estatística significativa entre os resultados da análise do comportamento das aves, os quais foram constatados por cada observador nos diferentes tratamentos.

A avaliação comportamental dos animais foi realizada com base no número de codornas expressando determinado comportamento, de acordo com o etograma apresentado anteriormente na Tabela 2.1. Na Figura 2.2, encontram-se os valores

médios do número de aves apresentando comportamento característico nos tratamentos denominados conforto térmico (CT), calor seco (CS) e calor úmido (CU), combinados com 0 e 2,3 m.s⁻¹.

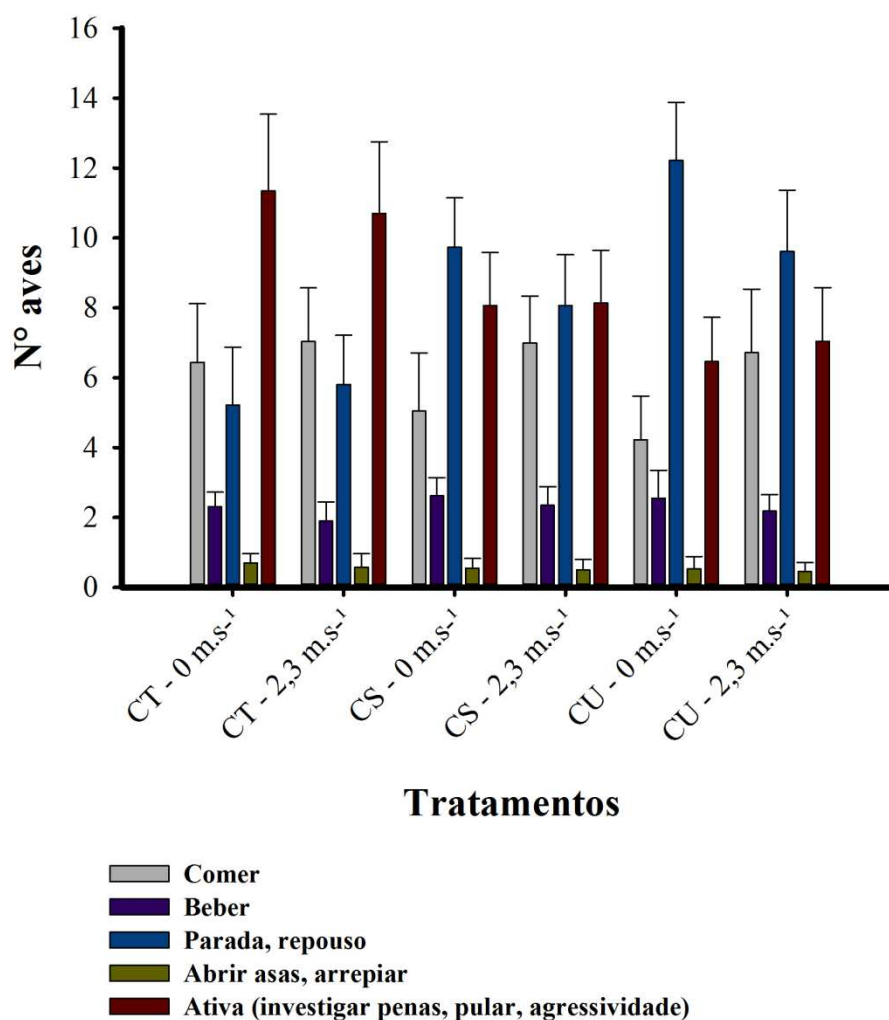


Figura 2.2: Comportamento geral das codornas (média e desvio padrão) nos distintos tratamentos, onde: CT – 0 m.s⁻¹: Conforto térmico com velocidade do ar de 0 m.s⁻¹; CT – 2,3 m.s⁻¹: Conforto térmico com velocidade do ar de 2,3 m.s⁻¹; CS – 0 m.s⁻¹: Calor seco com velocidade do ar de 0 m.s⁻¹; CS – 2,3 m.s⁻¹: Calor seco com velocidade do ar de 2,3 m.s⁻¹; CU – 0 m.s⁻¹: Calor úmido com velocidade do ar de 0 m.s⁻¹; CU – 2,3 m.s⁻¹: Calor úmido com velocidade do ar de 2,3 m.s⁻¹.

Observa-se, pelos dados numéricos dispostos na Figura 2.2, que em condições de estresse por calor seco e por calor úmido com baixas velocidades do ar, os animais tendem a permanecer a maior parte do tempo em repouso, reduzindo o consumo de alimento e a prática de outras atividades que demandam maior gasto energético para reduzir sua produção de calor metabólico e, conseqüentemente, evitar o aumento da sua temperatura corporal. Essa mudança no comportamento dos animais submetidos ao estresse por calor pode ser atribuída, segundo Ferreira (2016),

à influência que a temperatura do ar e a umidade relativa exercem sobre seu bem-estar e produtividade, causando modificações em seu comportamento e nos aspectos fisiológicos. De um modo geral, observa-se também que, conforme a temperatura do ar se eleva, as aves tendem a reduzir a procura pelo comedouro e a aumentar a frequência do uso do bebedouro. Além disso, altas temperaturas associadas a altas umidades relativas do ar tornam o ambiente com condições térmicas ainda mais desconfortáveis aos animais, uma vez que um dos principais mecanismos de dissipação de calor pelas aves é a evaporação. Assim, verificou-se que o padrão comportamental FICAR PARADO se mostrou mais expressivo nos tratamentos caracterizados como calor úmido. O comportamento das codornas está de acordo com o que foi reportado por Santos et al. (2012) que afirmam que, em ambientes caracterizados por elevadas temperaturas e umidades relativas do ar, as aves reduzem significativamente o consumo de alimento e tendem a permanecer prostradas como estratégia para melhorar sua termorregulação. Já sob baixos valores de umidade relativa, a dissipação de calor corporal é favorecida, entretanto, nessa condição, podem ocorrer problemas nas vias respiratórias das aves e ressecamento das mucosas (FERREIRA, 2016).

O resumo da análise de variância, para o estudo do efeito do ambiente térmico e da velocidade do ar sobre os cinco padrões comportamentais avaliados, está apresentado na Tabela 2.6.

Tabela 2.6: Resumo da análise de variância (quadrados médios e probabilidade P) para avaliar o efeito do ambiente térmico e da velocidade do ar sobre os padrões comportamentais: comer; beber; ficar parado; abrir asas/arrepiar; ficar ativo (investigar penas, pular, demonstrar agressividade) durante o período experimental

F.V.	Comer		Beber		Ficar parado		Abrir asas/arrepiar		Ficar ativo	
	<i>QM</i>	<i>P</i>	<i>QM</i>	<i>P</i>	<i>QM</i>	<i>P</i>	<i>QM</i>	<i>P</i>	<i>QM</i>	<i>P</i>
<i>AT</i>	14,535	0,004*	1,347	0,016*	268,794	<0,001*	0,214	0,115 ^{<i>ns</i>}	171,828	<0,001*
<i>Var</i>	76,003	<0,001*	3,390	0,001*	40,660	<0,001*	0,196	0,158 ^{<i>ns</i>}	0,00037	0,991 ^{<i>ns</i>}
<i>AT x Var</i>	8,571	0,034*	0,0472	0,861 ^{<i>ns</i>}	24,131	<0,001*	0,0153	0,854 ^{<i>ns</i>}	3,374	0,321 ^{<i>ns</i>}

* Diferença estatística significativa a 5% de probabilidade; *ns* Diferença estatística não significativa a 5% de probabilidade

F.V.: fonte de variação; AT: ambiente térmico; Var: Velocidade do ar

Analisando-se a Tabela 2.6, observa-se que os padrões de comportamento COMER e FICAR PARADO revelaram diferenças estatísticas significativas na interação entre os fatores ambiente térmico e velocidade do ar ($P < 0,05$). Já para o padrão comportamental BEBER, houve diferenças significativas para o comportamento das aves nos dois fatores estudados isoladamente ($P < 0,05$), contudo a interação dos mesmos não foi significativa. O padrão FICAR ATIVO apresentou diferença estatística somente no fator ambiente térmico ($P < 0,01$) e para ABRIR ASAS/ARREPIAR, nota-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Para identificar quais tratamentos diferiram estatisticamente entre si, foi aplicado o teste Tukey, ao nível de significância de 5%. Os resultados da interação entre os fatores analisados, a partir do teste de comparação múltipla das médias para o padrão comportamental COMER, encontram-se descritos na Tabela 2.7.

Tabela 2.7: Número de codornas (média e desvio padrão) expressando o padrão comportamental COMER, nos diferentes tratamentos avaliados

Ambiente térmico	Velocidade do ar	
	0 m.s^{-1}	$2,3 \text{ m.s}^{-1}$
<i>Conforto térmico</i>	$6,44 \pm 1,68^{Bb}$	$7,03 \pm 1,53^{Ba}$
<i>Calor seco</i>	$5,04 \pm 1,66^{Aa}$	$6,98 \pm 1,35^{Ba}$
<i>Calor úmido</i>	$4,22 \pm 1,25^{Aa}$	$6,71 \pm 1,82^{Ba}$

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente entre si e médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%

Em relação ao padrão comportamental COMER, comparando-se os níveis de velocidade do ar em uma mesma condição ambiental, verifica-se que na condição de conforto térmico não houve diferença significativa ($P > 0,05$) no comportamento dos animais, independente da velocidade do ar empregada. Já nas condições de calor seco e calor úmido, observa-se que o nível de velocidade do ar influenciou significativamente ($P < 0,05$) na prática da atividade COMER, uma vez que as aves submetidas a velocidades mais baixas apresentaram menor frequência no uso do comedouro. Este fato sugere que as aves submetidas a velocidades do ar mais elevadas possuem maior facilidade para dissipar calor corporal, melhorando seu bem-estar e, conseqüentemente, seu desempenho produtivo. No mesmo contexto dos resultados encontrados no presente trabalho, Yahav et al. (2001), estudando o efeito

da velocidade do ar no desempenho de frangos de corte submetidos a estresse por calor, concluíram que as aves expostas a velocidades do ar mais elevadas (2,5 e 3 m.s⁻¹) obtiveram melhores resultados para o consumo de ração quando comparadas às aves submetidas a níveis de 0,5 m.s⁻¹.

Analisando as diferentes condições térmicas para a mesma velocidade do ar, observa-se que, para baixas velocidades, as aves submetidas a estresse por calor, seja ele seco ou úmido, apresentaram menor incidência no padrão comportamental COMER. Os resultados verificados são condizentes com os observados por Teles Jr et al. (2016) que, analisando o comportamento alimentar de frangos de corte submetidos a estresse cíclico por calor por meio de um método computacional, afirmam que nestas condições, as aves reduziram em cerca de 8% a frequência de utilização do comedouro em comparação com os animais que permaneceram em ambiente termoneutro. Neste mesmo sentido, Sevegnani et al. (2005), trabalhando com frangos de corte da linhagem AgRoss em fase final de criação e submetidos a diferentes condições de estresse por calor, verificaram que, de maneira geral, quanto mais quente o ambiente, menor o tempo despendido pelas aves no comedouro. Barbosa Filho et al. (2007), avaliando a influência do estresse por calor em galinhas poedeiras da linhagem Hy-Line Brown alojadas em sistema de gaiolas, observaram redução de aproximadamente 50% na frequência do padrão comportamental COMER. Por outro lado, ao serem utilizadas velocidades do ar mais elevadas, observa-se que o ambiente térmico não influenciou significativamente no comportamento ingestivo dos animais, uma vez que altas faixas de velocidade do ar favorecem as trocas de calor corporal por meio do processo de convecção (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Os resultados do teste de comparação múltipla dos dados para o padrão comportamental BEBER, nos diferentes ambientes térmicos avaliados, encontram-se descritos na Tabela 2.8.

Tabela 2.8: Número de codornas (média e desvio padrão) expressando o padrão comportamental BEBER, em cada um dos ambientes térmicos considerados

Ambiente térmico	Beber
<i>Conforto térmico</i>	2,10 ± 0,48 ^a
<i>Calor seco</i>	2,48 ± 0,53 ^b
<i>Calor úmido</i>	2,36 ± 0,63 ^{ab}

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem (P>0,05) entre si pelo Teste Tukey

Com base na Tabela 2.8, nota-se que, conforme a temperatura do ar se eleva, a frequência de procura pelo bebedouro também é maior. O padrão comportamental BEBER, na condição calor seco, apresentou diferenças significativas ($P < 0,05$) em relação ao ambiente caracterizado como conforto térmico, porém não diferiu significativamente ($P > 0,05$) quando comparado à condição de calor úmido. Isso pode ser explicado devido ao fato de que, usualmente, aves poedeiras expostas a altas temperaturas do ar (acima de 35 °C) tendem a consumir mais água (CARTER, 1981).

No entanto, não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) nas médias referentes ao calor úmido, quando comparadas à condição de conforto térmico. Apesar de não terem sido verificadas diferenças significativas no número médio de aves expressando o comportamento BEBER nas condições de calor úmido e conforto térmico, foi possível verificar que, na condição de estresse por calor, as aves ingeriram mais água (Tabela 2.14). Assim, apesar do número de indivíduos expressando esse comportamento nas condições de calor úmido e conforto térmico não serem estatisticamente diferentes, é possível inferir que em outros trabalhos, com a utilização de um maior número de aves, a ingestão de água por parte dos animais no calor úmido seja maior do que a dos animais no conforto.

Em situações de estresse por calor, altas velocidades do ar podem favorecer a dissipação de calor corporal por convecção, e assim, interferir na ingestão de água, uma vez que as aves alteram seus padrões comportamentais diante das variações do ambiente para a manutenção da sua homeotermia. Os resultados do teste Tukey para o padrão comportamental BEBER, nos diferentes níveis de velocidade do ar considerados, encontram-se descritos na Tabela 2.9.

Tabela 2.9: Número de codornas (média e desvio padrão) expressando o padrão comportamental BEBER, nos diferentes níveis de velocidade do ar considerados

Nível de velocidade do ar	Beber
0 m.s^{-1}	$2,50 \pm 0,57^b$
$2,3 \text{ m.s}^{-1}$	$2,14 \pm 0,52^a$

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem ($P > 0,05$) entre si pelo Teste Tukey

Conforme observado na Tabela 2.9, codornas submetidas a baixos níveis de velocidade do ar apresentaram maior procura pelo bebedouro do que aquelas mantidas sob valores mais elevados. A frequência de expressão deste comportamento em ambientes quentes com baixos valores de velocidade do ar se deve ao fato de que,

nessas condições, as aves não conseguem dissipar de forma eficiente o seu calor corporal para o meio, uma vez que, como não há fluxo de ar próximo ao animal, o processo convectivo fica comprometido. Neste caso, como a velocidade do ar interfere na temperatura ambiental efetiva e nas condições de conforto animal, as aves tendem a aumentar sua ingestão de água como uma estratégia para minimizar os efeitos do estresse por calor.

Os resultados da interação entre os fatores estudados, a partir do teste de comparação múltipla dos dados para o padrão comportamental FICAR PARADO, encontram-se descritos na Tabela 2.10.

Tabela 2.10: Número de codornas (média e desvio padrão) expressando o padrão comportamental FICAR PARADO nos diferentes tratamentos avaliados

Ambiente térmico	Velocidade do ar	
	0 m.s ⁻¹	2,3 m.s ⁻¹
Conforto térmico	5,22 ± 1,65 ^{A a}	5,80 ± 1,41 ^{A a}
Calor seco	9,73 ± 1,41 ^{B b}	8,07 ± 1,45 ^{A b}
Calor úmido	12,22 ± 1,66 ^{B c}	9,62 ± 1,75 ^{A c}

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente entre si e médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%

Analisando as interações entre os diferentes ambientes térmicos e os dois níveis de velocidade do ar para o padrão comportamental FICAR PARADO, observa-se que, em condição de conforto térmico, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) neste comportamento em relação às diferentes velocidades empregadas. Já no ambiente de calor seco e calor úmido, constata-se que as aves se apresentam mais prostradas quando submetidas a baixas velocidades do ar ($P < 0,05$). Este tipo de comportamento se manifesta de maneira mais acentuada quando são comparados diferentes ambientes térmicos submetidos a um mesmo nível de velocidade do ar. Verifica-se que, tanto para baixas quanto para altas velocidades, houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$) para o padrão comportamental FICAR PARADO nas diferentes condições térmicas estudadas. Estes resultados são condizentes com a afirmação de Santos et al. (2012), pela qual as aves submetidas a altas temperaturas reduzem sua ingestão de alimentos e permanecem prostradas, com as asas abertas, tentando dissipar o calor excedente. Quando combinadas com altas umidades

relativas, essa situação se torna mais agravante, podendo até mesmo levar os animais a óbito.

Neste sentido, Barbosa Filho (2007), ao estudar os efeitos do estresse por calor (35 °C e 70% de UR) no comportamento e bem-estar de galinhas poedeiras, relatam que, nestas condições, as aves apresentam maior frequência na expressão do padrão comportamental FICAR PARADO, sendo este um meio de interferir diretamente na fisiologia, de modo a não aumentar a produção de calor através da sua movimentação. Pereira et al. (2005) reportaram que matrizes de frango que foram submetidas a ambiente com condições acima da termoneutralidade (35 °C e 75% de UR) permaneceram prostradas. Khalil et al. (2012) observaram que aves mantidas em ambientes quentes tendem a ficar mais tempo paradas e menos tempo em movimento, quando comparadas a aves alojadas em condições de conforto térmico.

Para o padrão comportamental FICAR ATIVO, onde foram englobadas expressões de agitação, agressividade e outras atividades, foram constatadas diferenças significativas ($P < 0,05$) apenas para o fator ambiente térmico. Os resultados do teste de comparação múltipla dos dados para este padrão, nos diferentes ambientes térmicos avaliados, encontram-se descritos na Tabela 2.11.

Tabela 2.11: Número de codornas (média e desvio padrão) expressando comportamento característico da categoria ATIVA, nos diferentes ambientes térmicos considerados

Ambiente térmico	Ficar ativo
<i>Conforto térmico</i>	11,02 ± 2,12 ^a
<i>Calor seco</i>	8,10 ± 1,51 ^b
<i>Calor úmido</i>	6,74 ± 1,41 ^c

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem ($P > 0,05$) entre si pelo Teste Tukey

Pelo que está disposto na Tabela 2.11, notam-se diferenças significativas ($P < 0,05$) para a expressão do padrão comportamental FICAR ATIVO para os diferentes ambientes térmicos avaliados. Isso mostra que a influência do ambiente térmico, neste padrão comportamental, está relacionada somente a este fator. Conforme a condição ambiental se torna mais crítica, observa-se uma queda na frequência de aves em movimentação na gaiola. Este fato demonstra que, em condições de estresse por calor, as codornas tendem a diminuir sua agitação como

meio de manter sua temperatura interna. Ademais, as manifestações agressivas (incluídas nesta classe) também são minimizadas, uma vez que um dos maiores motivos deste comportamento é a competição por alimento, e quanto maior o desconforto por calor, menor a frequência de procura pelo comedouro. Assim, este resultado corrobora com a afirmação de Pereira et al. (2005), que relatam que o alimento é um fator influente no comportamento de aves alojadas em gaiolas, e que a agressividade pode ser um comportamento decorrente da disputa por alimento.

Silva et al. (2006) mencionam que o período do dia exerce grande influência nos padrões comportamentais das aves, pois elas apresentam um biorritmo relacionado principalmente ao fotoperíodo, indicando que, pela manhã, as aves passam mais tempo no comedouro. Neste contexto, foram comparados os resultados da avaliação comportamental das aves em dois períodos diários (manhã e tarde) para os diferentes tratamentos, conforme pode ser observado nas Figuras 2.3 e 2.4.

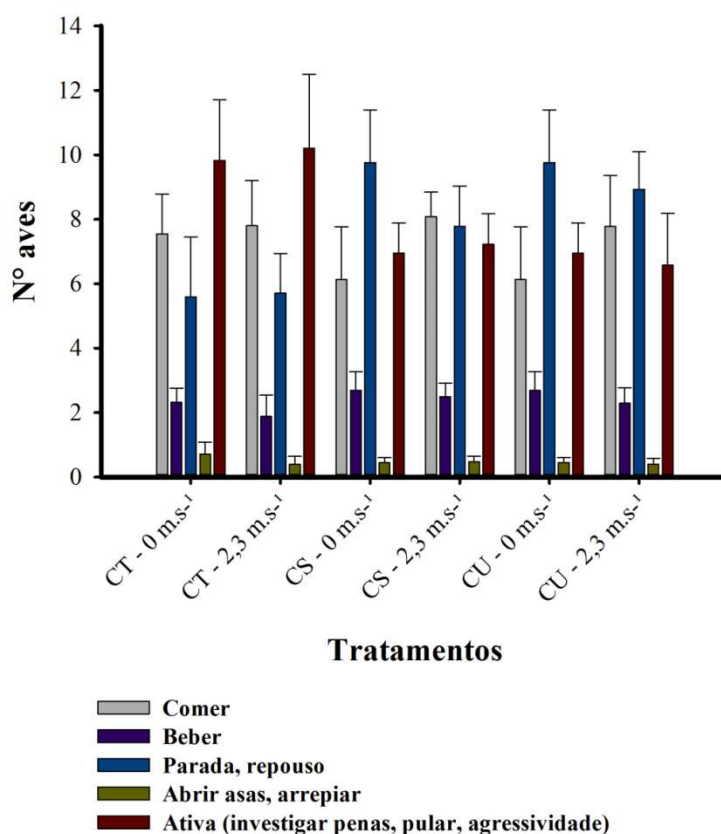


Figura 2.3: Comportamento das codornas no período da manhã, em cada um dos tratamentos, onde: CT – 0 m.s⁻¹: Conforto térmico com velocidade do ar de 0 m.s⁻¹; CT – 2,3 m.s⁻¹: Conforto térmico com velocidade do ar de 2,3 m.s⁻¹; CS – 0 m.s⁻¹: Calor seco com velocidade do ar de 0 m.s⁻¹; CS – 2,3 m.s⁻¹: Calor seco com velocidade do ar de 2,3 m.s⁻¹; CU – 0 m.s⁻¹: Calor úmido com velocidade do ar de 0 m.s⁻¹; CU – 2,3 m.s⁻¹: Calor úmido com velocidade do ar de 2,3 m.s⁻¹.

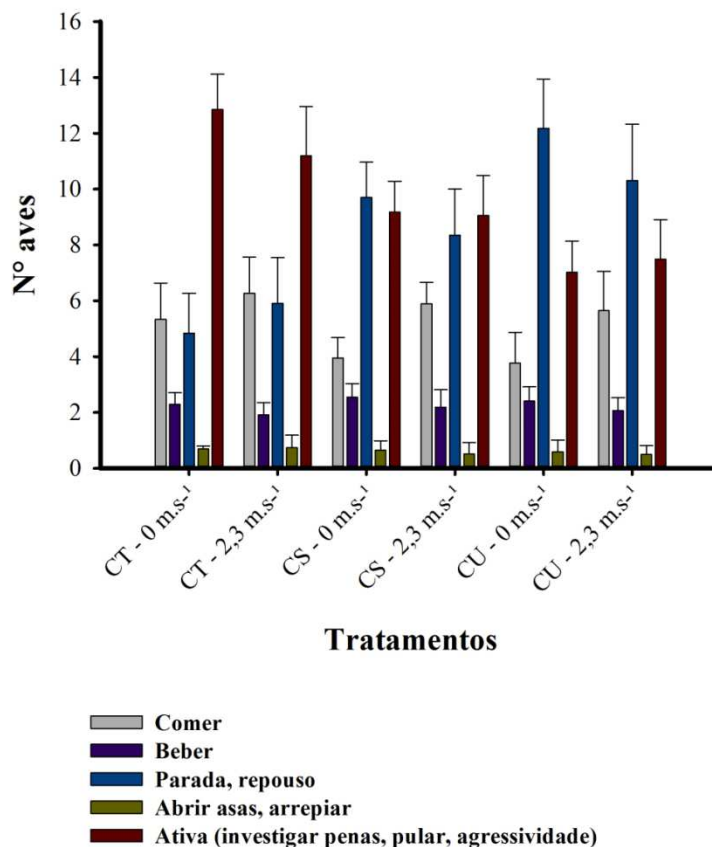


Figura 2.4: Comportamento das codornas no período da tarde, em cada um dos tratamentos, onde: CT- 0 m.s⁻¹: Conforto térmico com velocidade do ar de 0 m.s⁻¹; CT - 2,3 m.s⁻¹: Conforto térmico com velocidade do ar de 2,3 m.s⁻¹; CS - 0 m.s⁻¹: Calor seco com velocidade do ar de 0 m.s⁻¹; CS - 2,3 m.s⁻¹: Calor seco com velocidade do ar de 2,3 m.s⁻¹; CU - 0 m.s⁻¹: Calor úmido com velocidade do ar de 0 m.s⁻¹; CU - 2,3 m.s⁻¹: Calor úmido com velocidade do ar de 2,3 m.s⁻¹.

Nas Figuras 2.3 e 2.4 encontra-se um indicativo de que, para o padrão comportamental COMER, a maior frequência de expressão de procura pelo comedouro foi verificada no período da manhã em todos os tratamentos. No período da tarde, observa-se maior ocorrência do padrão comportamental FICAR PARADO para os tratamentos de calor úmido tanto para baixas quanto para altas velocidades do ar. Nota-se ainda maior ocorrência do padrão FICAR ATIVO no período da tarde para os tratamentos com condições ambientais de termoneutralidade e calor seco.

Para verificar diferenças estatísticas entre os dois períodos diários, as expressões comportamentais foram comparadas. Na Tabela 2.12 estão apresentados os valores médios referentes ao número de indivíduos expressando cada um dos padrões comportamentais avaliados, e ainda nessa mesma tabela, pode-se visualizar o resultado do teste t-pareado aplicado às médias dos dados comportamentais, com a finalidade de verificar se houve diferença dos mesmos entre os dois períodos do dia: manhã e tarde, nos diferentes tratamentos estudados.

Tabela 2.12: Médias dos dados referentes ao número de indivíduos verificados em cada padrão comportamental, nos períodos da manhã e da tarde, e resultado do teste t-pareado

Padrão comportamental: Comer				
<i>Tratamento</i>	<i>Manhã</i>	<i>Tarde</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
Conforto térmico 0 m.s ⁻¹	7,55 ± 1,23	5,33 ± 1,30	7,522	<0,001*
Conforto térmico 2,3 m.s ⁻¹	7,81 ± 1,39	6,26 ± 1,31	2,175	0,061 ^{ns}
Calor seco 0 m.s ⁻¹	6,13 ± 1,63	3,95 ± 0,74	4,951	0,001*
Calor seco 2,3 m.s ⁻¹	8,08 ± 0,76	5,89 ± 0,77	7,262	<0,001*
Calor úmido 0 m.s ⁻¹	4,67 ± 1,29	3,77 ± 1,10	1,992	0,082 ^{ns}
Calor úmido 2,3 m.s ⁻¹	7,78 ± 1,58	5,64 ± 1,41	4,104	0,003*
Padrão comportamental: Beber				
<i>Tratamento</i>	<i>Manhã</i>	<i>Tarde</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
Conforto térmico 0 m.s ⁻¹	2,33 ± 0,43	2,30 ± 0,41	0,215	0,835 ^{ns}
Conforto térmico 2,3 m.s ⁻¹	1,88 ± 0,66	1,91 ± 0,45	-0,1790	0,863 ^{ns}
Calor seco 0 m.s ⁻¹	2,69 ± 0,58	2,55 ± 0,48	0,641	0,532 ^{ns}
Calor seco 2,3 m.s ⁻¹	2,50 ± 0,42	2,19 ± 0,62	1,682	0,131 ^{ns}
Calor úmido 0 m.s ⁻¹	2,70 ± 1,02	2,41 ± 0,52	0,706	0,500 ^{ns}
Calor úmido 2,3 m.s ⁻¹	2,29 ± 0,48	2,07 ± 0,46	1,208	0,261 ^{ns}
Padrão comportamental: Ficar parado				
<i>Tratamento</i>	<i>Manhã</i>	<i>Tarde</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
Conforto térmico 0 m.s ⁻¹	5,59 ± 1,86	4,84 ± 1,41	1,218	0,258 ^{ns}
Conforto térmico 2,3 m.s ⁻¹	5,70 ± 1,23	5,90 ± 1,64	-0,317	0,760 ^{ns}
Calor seco 0 m.s ⁻¹	9,76 ± 1,63	9,71 ± 1,26	0,0984	0,924 ^{ns}
Calor seco 2,3 m.s ⁻¹	7,78 ± 1,24	8,35 ± 1,66	-1,014	0,340 ^{ns}
Calor úmido 0 m.s ⁻¹	12,26 ± 1,66	12,18 ± 1,76	0,0879	0,932 ^{ns}
Calor úmido 2,3 m.s ⁻¹	8,93 ± 1,16	10,30 ± 2,02	-1,803	0,109 ^{ns}
Padrão comportamental: Abrir asas, arrepiar				
<i>Tratamento</i>	<i>Manhã</i>	<i>Tarde</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
Conforto térmico 0 m.s ⁻¹	0,71 ± 0,36	0,69 ± 0,11	0,161	0,876 ^{ns}
Conforto térmico 2,3 m.s ⁻¹	0,40 ± 0,24	0,74 ± 0,44	-2,099	0,069 ^{ns}
Calor seco 0 m.s ⁻¹	0,44 ± 0,16	0,65 ± 0,33	-1,863	0,100 ^{ns}
Calor seco 2,3 m.s ⁻¹	0,48 ± 0,17	0,52 ± 0,4	-0,357	0,730 ^{ns}

Calor úmido 0 m.s ⁻¹	0,47 ± 0,29	0,58 ± 0,43	-0,823	0,434 ^{ns}
Calor úmido 2,3 m.s ⁻¹	0,40 ± 0,19	0,49 ± 0,32	-0,845	0,422 ^{ns}
Padrão comportamental: Ficar ativo (investigar penas, pular, demonstrar agressividade)				
<i>Tratamento</i>	<i>Manhã</i>	<i>Tarde</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
Conforto térmico 0 m.s ⁻¹	9,83 ± 1,89	12,85 ± 1,26	-5,327	<0,001*
Conforto térmico 2,3 m.s ⁻¹	10,21 ± 2,30	11,19 ± 1,76	-1,002	0,346 ^{ns}
Calor seco 0 m.s ⁻¹	6,95 ± 0,93	9,18 ± 1,09	-5,343	<0,001*
Calor seco 2,3 m.s ⁻¹	7,23 ± 0,94	9,05 ± 1,43	-2,943	0,019*
Calor úmido 0 m.s ⁻¹	5,89 ± 1,21	7,01 ± 1,13	-3,154	0,014*
Calor úmido 2,3 m.s ⁻¹	6,58 ± 1,61	7,49 ± 1,42	-1,573	0,154 ^{ns}

* Diferença estatística significativa a 5% de probabilidade; *ns* Diferença estatística não significativa a 5% de probabilidade

Pela análise estatística dos dados, apresentada na Tabela 2.12, verifica-se que, para o padrão comportamental COMER, houve diferenças significativas entre os dois períodos do dia (manhã e tarde) para os tratamentos: conforto térmico a 0 m.s⁻¹ (P<0,001); calor seco a 0 m.s⁻¹ (P=0,001); calor seco a 2,3 m.s⁻¹ (P<0,001) e calor úmido a 2,3 m.s⁻¹ (P=0,003). Estes resultados estão de acordo com Silva et al. (2006) e Barbosa Filho (2007), que relatam que, no período da tarde, é possível observar uma redução na expressão do padrão de comportamento COMER e no período da manhã, as aves passam mais tempo ingerindo alimento devido ao seu biorritmo. Já para o padrão comportamental FICAR ATIVO, foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre as expressões comportamentais, para o período da manhã e da tarde, dos tratamentos: conforto térmico a 0 m.s⁻¹ (P<0,001); calor seco a 0 m.s⁻¹ (P<0,001); calor seco a 2,3 m.s⁻¹ (P=0,019) e calor úmido a 0 m.s⁻¹ (P=0,014). No entanto, não foram observadas diferenças significativas (P>0,05) na comparação de ocorrência dos padrões comportamentais BEBER; FICAR PARADO; e ABRIR ASAS/ARREPIAR, entre os períodos da manhã e da tarde.

2.3.3 Avaliação dos parâmetros de desempenho zootécnico

Os dados médios de desempenho produtivo das codornas nas diversas condições ambientais impostas aos animais estão representados na figura 2.5:

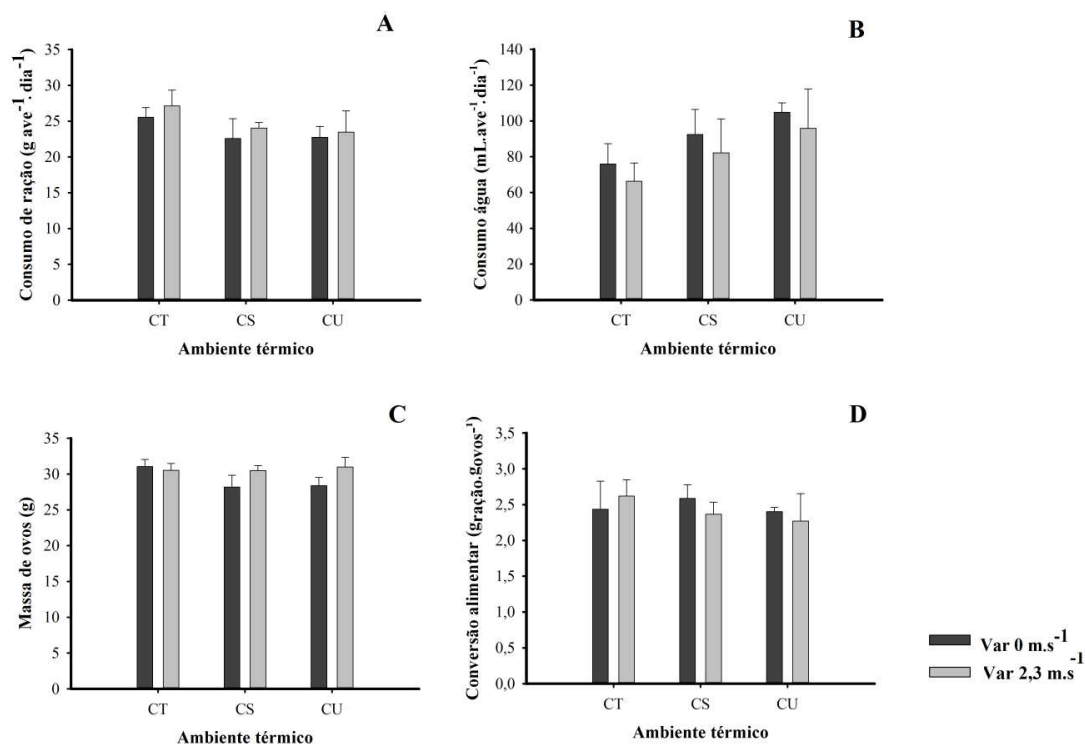


Figura 2.5: Desempenho produtivo das aves (média e desvio padrão) durante o período experimental, nas condições de Conforto Térmico (CT), Calor Seco (CS) e Calor Úmido (CU) combinadas com baixas e altas velocidades do ar. A: Consumo de ração ($\text{g.ave}^{-1}.\text{dia}^{-1}$); B: Consumo de água ($\text{mL.ave}^{-1}.\text{dia}^{-1}$); C: Massa de ovos (g.ave^{-1}); Conversão alimentar ($\text{g.ração.govos}^{-1}$).

A Figura 2.5 revela que, em condição de estresse por calor, somente as médias do consumo de água diferiram significativamente ($P < 0,003$) para o fator ambiente térmico, como pode ser observados nas Tabelas 2.13 e 2.14. Em relação às variáveis: consumo de ração, massa de ovos e conversão alimentar, observa-se que os dados se mantiveram relativamente constantes entre os diferentes tratamentos analisados.

O resultado geral da análise de variância para o estudo do efeito do ambiente térmico e da velocidade do ar sobre as variáveis de desempenho: consumo de ração, consumo de água, massa de ovos e conversão alimentar está apresentado na Tabela 2.13.

Tabela 2.13: Resumo da análise de variância (quadrados médios e probabilidade P) para avaliar o efeito do ambiente térmico e velocidade do ar sobre variáveis de desempenho produtivo: consumo de ração (CR), consumo de água ($C_{\text{água}}$), massa de ovos (MO) e conversão alimentar (CA) durante o período experimental

F.V.	CR (g.ave ⁻¹ .dia ⁻¹)		$C_{\text{água}}$ (mL.ave ⁻¹ dia ⁻¹)		MO (g.ave ⁻¹)		CA (g.ração.govos ⁻¹)	
	QM	P	QM	P	QM	P	QM	P
	AT	13,02	0,067 ^{ns}	3456,14	<0,001*	0,699	0,707 ^{ns}	0,0966
Var	6,30	0,223 ^{ns}	546,54	0,083 ^{ns}	9,234	0,051 ^{ns}	0,0003	0,940 ^{ns}
AT x Var	0,307	0,923 ^{ns}	15,09	0,915 ^{ns}	3,538	0,207 ^{ns}	0,0397	0,518 ^{ns}

* Diferença estatística significativa a 5% de probabilidade; ^{ns} Diferença estatística não significativa a 5% de probabilidade

F.V.: Fonte de variação; AT: Ambiente térmico; Var: Velocidade do ar

Como observado na Tabela 2.13, não houve influência estatística significativa das diversas condições térmicas do ambiente, das diferentes níveis de velocidade do ar e da interação desses dois fatores ($P>0,05$) sobre os parâmetros consumo de ração, massa de ovos e conversão alimentar. Este resultado pode estar relacionado ao curto período experimental (três blocos de três dias) e pela imposição de estresse descontinuo, onde as aves voltaram às condições de termoneutralidade no período noturno, o que favoreceu o processo de recuperação. Por outro lado, constatou-se que os diferentes ambientes térmicos influenciaram significativamente no consumo de água ($P=0,003$), entretanto, a velocidade do ar e a interação entre ambos os fatores não afetaram este parâmetro ($P>0,05$). Na Tabela 2.14 encontram-se os valores médios do consumo de água das aves durante os três períodos do experimento, nos diferentes ambientes avaliados.

Tabela 2.14: Consumo de água diário ($C_{\text{água}}$) (média e desvio padrão) das codornas japonesas em cada condição térmica avaliada

Ambiente térmico	$C_{\text{água}}$ (mL.ave ⁻¹ .dia ⁻¹)
Conforto térmico	70,5 ± 10,5 ^a
Calor seco	90,7 ± 13,9 ^b
Calor úmido	104,3 ± 13,3 ^c

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem ($P>0,05$) entre si pelo Teste Tukey

Com base nos dados médios apresentados na Tabela 2.14, verifica-se que o efeito da condição térmica sobre a ingestão de água foi bastante pronunciado ($P < 0,05$), com aumento de 29% e 48% no consumo de aves expostas às condições térmicas de calor seco e calor úmido, respectivamente. O elevado consumo de água verificado no ambiente caracterizado por calor úmido pode ser explicado pelo fato de que, nestas condições, as trocas de calor por evaporação, que é realizada por meio da respiração das aves, são prejudicadas pela alta umidade relativa, e assim, as aves tendem a ingerir maior quantidade de água na tentativa de reduzir seu calor corporal. Estes resultados foram similares ao encontrado por Pereira et al. (2002) e Sevegnani et al. (2005), que verificaram que a ingestão de água das aves aumentou conforme a temperatura e a UR do ar se elevaram. Isto demonstra que, sob condições de calor, as aves ingerem maior quantidade de água a fim de tentar dissipar o calor corporal através dos mecanismos de condução e por evaporação (através do ofego), além de repor a água perdida nesse processo. No entanto, a variação dos níveis de velocidade do ar não interferiu estatisticamente neste parâmetro.

Na Tabela 2.15 foram listados os resultados do teste t-pareado para avaliação da variação de peso corporal das aves ao início e término dos tratamentos, considerando-se combinações de diferentes ambientes térmicos e dois níveis de velocidade do ar.

Tabela 2.15: Variação de peso corporal (média, desvio padrão e probabilidade P) das codornas, ao início e final do período experimental, considerando-se diferentes tratamentos e respectivos resultados do teste t-pareado

<i>Tratamento</i>	Variação de peso corporal			
	<i>Peso médio inicial (g.ave⁻¹)</i>	<i>Peso médio final (g.ave⁻¹)</i>	<i>t_{calc}</i>	<i>P</i>
<i>Conforto térmico 0 m.s⁻¹</i>	174,70 ± 3,95	173,57 ± 6,84	0,654	0,580
<i>Conforto térmico 2,3 m.s⁻¹</i>	175,62 ± 9,32	177,64 ± 13,57	-0,766	0,524
<i>Calor seco 0 m.s⁻¹</i>	175,93 ± 6,65	171,39 ± 5,75	1,625	0,246
<i>Calor seco 2,3 m.s⁻¹</i>	178,30 ± 8,79	174,81 ± 9,03	2,308	0,147
<i>Calor úmido 0 m.s⁻¹</i>	177,47 ± 1,29	173,89 ± 1,34	2,393	0,139
<i>Calor úmido 2,3 m.s⁻¹</i>	176,95 ± 4,31	176,34 ± 5,11	1,208	0,350

Não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) na variação do peso corporal em relação aos tratamentos aplicados. Amaral (2012), ao trabalhar com codornas de corte submetidas a diferentes condições de estresse por calor, não

verificou diferença significativa entre o ganho de peso dos animais submetidos aos diferentes níveis de estresse por calor, quando comparados àqueles mantidos em condição de conforto. Contudo, para aves de postura, esse resultado é positivo, pois as aves devem manter o seu peso corporal. Neste trabalho, isto pode ser explicado similarmente ao ocorrido com as outras variáveis de desempenho analisadas, para as quais, devido ao curto período experimental e por ter sido aplicado estresse descontínuo, as aves se mostraram resistentes e apresentaram rápida recuperação durante o período da noite, quando voltaram para condições ambientais termoneutras.

Devido a essa provável recuperação, não foi possível verificar mortalidade durante o período experimental. Ribeiro et al. (2008), estudando o efeito de dietas suplementadas com vitaminas C e E, e com minerais orgânicos Zn e Se no sistema imunológico de frangos de corte submetidos a estresse cíclico por calor (25 a 32°C), observaram que sob calor cíclico, as aves têm a capacidade de se recuperar, ingerindo menor quantidade de alimento em altas temperaturas, não apresentando interferência nas taxas de mortalidade. Da mesma forma, Laganá e Ribeiro (2007) afirmam que não há alteração na taxa de mortalidade de aves expostas a estresse por calor por algumas horas diárias.

2.3.4 Avaliação da temperatura superficial média (TSM)

A avaliação do efeito da interação entre o fator ambiente térmico e o fator velocidade do ar sobre a variável fisiológica temperatura superficial média (TSM) está disposta na Tabela 2.16.

Tabela 2.16: Análise de variância (quadrados médios e probabilidade P) para avaliar o efeito do ambiente térmico e velocidade do ar sobre a variável fisiológica temperatura superficial média (TSM) durante o período experimental

F.V.	TSM (°C)	
	QM	P
AT	719,763	<0,001*
Var	18,610	0,004*
AT x Var	4,119	0,134 ^{ns}

* Diferença estatística significativa a 5% de probabilidade; ^{ns} Diferença estatística não significativa a 5% de probabilidade

F.V.: Fonte de variação; AT: Ambiente térmico; Var: Velocidade do ar

Com base nos resultados apresentados na Tabela 2.16, nota-se que tanto o ambiente térmico quanto a velocidade do ar influenciaram significativamente ($P < 0,05$) na variação da TSM das codornas. Porém, não houve influência estatística significativa na interação entre esses dois fatores sobre a TSM das aves.

Nas Tabelas 2.17 e 2.18 estão apresentados os valores médios de TSM observados em cada um dos ambientes térmicos e cada nível de velocidade do ar impostos às aves, respectivamente.

Tabela 2.17: Temperatura superficial média (média e desvio padrão) de codornas nas diferentes condições térmicas ambientais impostas às aves

	TSM (°C)
<i>Conforto térmico</i>	34,04 ± 0,91 ^b
<i>Calor seco</i>	47,59 ± 0,94 ^a
<i>Calor úmido</i>	47,30 ± 1,99 ^a

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem ($P > 0,05$) entre si pelo Teste Tukey

Tabela 2.18: Temperatura superficial média (média e desvio padrão) das codornas em dois níveis de velocidade do ar estudados

	TSM (°C)
<i>0 m.s⁻¹</i>	43,7 ± 1,27 ^a
<i>2,3 m.s⁻¹</i>	42,26 ± 1,29 ^b

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem ($P > 0,05$) entre si pelo Teste Tukey

Pela análise da Tabela 2.17, nota-se que o ambiente térmico influenciou significativamente na TSM das aves, indicando que, sob condições de estresse por calor, houve um aumento significativo de aproximadamente 13,5°C na temperatura média superficial das mesmas ($P < 0,05$), no entanto não foi afetada pela umidade relativa do ar. Esse aumento da TSM das aves submetidas ao estresse térmico é justificado por sua alta correlação com a temperatura ambiental. Estes resultados são semelhantes ao verificado por Nascimento et al. (2014), em seu estudo com frangos da linhagem COBB, onde verificaram aumento da TSM após a exposição das aves ao calor.

De acordo com Nascimento (2010), quando a temperatura superficial do animal se eleva, aumenta também o fluxo sanguíneo na superfície corporal, mostrando que pode haver a necessidade de maiores perdas de calor por meio dos

mecanismos sensíveis. Giloh et al. (2012) explicam que isso ocorre devido à vasodilatação periférica, sendo esta uma resposta fisiológica rápida frente ao estresse térmico, para aumentar a dissipação de calor por meio da condução, convecção e radiação.

Além do ambiente térmico, constatou-se uma pequena redução, porém significativa (Tabela 2.18), da TSM das aves alojadas em ambientes com maiores velocidades do ar ($P < 0,05$), demonstrando que este elemento auxilia na dissipação de calor corporal das mesmas.

2.4 CONCLUSÕES

O conhecimento e o estudo dos diferentes padrões comportamentais dos animais de produção consistem em uma ferramenta eficiente para a avaliação do ambiente térmico de criação, uma vez que, aos primeiros sinais de desconforto, o animal pode apresentar comportamentos peculiares a fim de buscar um equilíbrio das suas trocas de calor com o meio.

Da forma como foi conduzida esta pesquisa e com base nos resultados comportamentais, no desempenho produtivo e na variação da temperatura superficial média obtidos, concluiu-se que a temperatura, umidade relativa e velocidade do ar são fatores intimamente relacionados e influenciam diretamente os aspectos comportamentais de codornas japonesas. A condição de calor, associada a valores elevados de umidade relativa e baixos níveis de velocidade do ar, configura a situação mais crítica identificada na presente pesquisa, evidenciando estresse térmico, onde foi constatado maior número de aves com tendência a permanecer prostradas, a restringir o consumo de ração e a intensificar a ingestão de água.

Apesar de não serem observadas diferenças estatísticas na maioria das variáveis de desempenho produtivo, foi notável o aumento de 29% e 48% no consumo de água das aves expostas ao calor seco e calor úmido, respectivamente, quando comparadas ao ambiente termoneutro. No entanto, o fator velocidade do ar e a interação entre ambos (ambiente térmico \times velocidade do ar) não afetaram este parâmetro ($P > 0,05$).

Tanto o ambiente térmico quanto a velocidade do ar influenciaram significativamente ($P < 0,05$) na variação da temperatura superficial média (TSM) das codornas, com aumento de aproximadamente $13,5^{\circ}\text{C}$ na TSM para ambas as condições de estresse por calor, quando comparadas ao ambiente termoneutro; e com a redução de $1,5^{\circ}\text{C}$ na TSM de aves submetidas a altas velocidades em relação àquelas expostas a baixos valores deste fator.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, R. Tópicos importantes na produção de poedeiras comerciais. **Avicultura Industrial**, v. 3, p. 53–56, 2004.

AMARAL, A. G. DO. Processamento de Imagens Digitais para Avaliação do Comportamento e Determinação do Conforto Térmico de Codornas de Corte. 82 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2012.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em Edificações Rurais**. 2^a. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010.

BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I. J. O.; SILVA, M. A. N. .; SILVA, C. J. M. Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando sequencias de imagens. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 93–99, 2007.

BOWER, K. M. **The Paired T-Test using MINITAB®**. Disponível em: <https://www.minitab.com/uploadedFiles/Content/News/Published_Articles/paired_t_test.pdf>. Acesso em: 27 maio. 2016.

BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shede managemente systems to reduce heat stress for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, p. 16, 1982.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística. Princípios e aplicações**. 2^a. ed. [s.l.] Artmed, 2007.

CARTER, T. A. Hot weather management of poultry. **Poultry Science and Technology Guide**, 1981.

CARVALHO, G. B DE.; LOPES, J. B.; SANTOS, N. P DA. S.; REIS, N. B DO. N.; CARVALHO, W. F DE.; SILVA, S. F.; CARVALHO, D. A DE.; SILVA, E. M DA.; SILVA, S. M. DA. Comportamento de frangos de corte criados em condições de estresse térmico alimentados com dietas contendo diferentes níveis de selênio.

Revista Brasileira Saúde e Produção Animal, p. 785 – 797, 2013.

CASTRO, J. DE O. **Avaliação e modelagem do desempenho de codornas japonesas em postura submetidas a diferentes ambientes térmicos**. 72 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Lavras, 2014.

DRURY, L. N.; SIEGE, H. S. Air Velocity and Heat Tolerance of Young Chickens. **Transactions of the ASAE**, p. 583–585, 1966.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente - para aves, suínos e bovinos**. 3ª edição ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2016.

GILOH, M.; SHINDER, D.; YAHAV, S. Skin surface temperature of broiler chickens is correlated to body core temperature and is indicative of their thermoregulatory status. **Poultry Science**, v. 91, n. 1, p. 175–188, 2012.

JONES, R. B. Fear and adaptability in poultry: insights, implications and imperatives. **World's Poultry Science Journal**, v. 52, p. 131–174, 1996.

KHALIL, H. A. et al. BEHAVIOURAL RESPONSES OF TWO JAPANESE QUAIL LINES DIFFERING IN BODY WEIGHT TO HEAT STRESS. **Egyptian J. Anim. Prod.**, p. 151–158, 2012.

LAGANÁ, C.; RIBEIRO, A. M. L. A influência da temperatura na alimentação de frangos de corte. **Boletim da Indústria Animal**, v. 64, n. 1, p. 79–89, 2007.

MOLLENHORST, H. et al. On-farm assessment of laying hen welfare: A comparison of one environment-based and two animal-based methods. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 90, n. 3-4, p. 277–291, 2005.

NASCIMENTO, G. R. DO et al. Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 658–663, 2014.

NASCIMENTO, S. T. **Determinação do balanço de calor em frangos de corte por meio das temperaturas corporais**. 149 f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2010.

OLIVEIRA, B. L. **Manejo em granjas automatizadas de codornas de postura comercial**. Simpósio Internacional de Coturnicultura. **Anais...**Lavras: Lavras: Núcleo de Estudos em Ciência e Tecnologia Avícolas, 2007.

PEREIRA, D. F. et al. Determinação de um padrão de uso de bebedouro em função da temperatura para matrizes pesadas. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, p. 79, 2002.

PEREIRA, D. F. et al. Indicadores De Bem-Estar Baseados Em Reações Comportamentais de Matrizes Pesadas. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 308–314, 2005.

POCINHO, M.; FIGUEREIRO, J. P. **Estatística e Bioestatística**, 2004.

REIS, F. P. **Apostila de estatística aplicada**. Viçosa, 2006.

RIBEIRO, A. M. L. et al. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 636–644, 2008.

RIBEIRO, C. L. N.; RIBEIRO JR, V. **Codornas: Como produzir estas “máquinas de ovos”?** Estratégias para a sustentabilidade da cadeia agropecuária. **Anais...**Viçosa: Anais... VII Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável, 2015.

RICHARDS, S. A. The significance of changes in the temperature of the skin and body core of the chicken in the regulation of heat loss. **J. Physiol.**, p. 1–10, 1971.

SANTOS, M. J. B DOS.; RABELLO, C. B.; PANDORFI, H.; TORRES, T. R.; SANTOS, P. A DO.; CAMELO, L. C. L. Fatores que interferem no estresse térmico

em frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, p. 1779 – 1786, 2012.

SCHIASSI, L. et al. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. **Engenharia Agrícola Jaboticabal**, v. 35, n. 2, p. 390–396, 2015.

SEVEGNANI, K. B. et al. Precision animal production: image analysis to study broiler behaviour under stress conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 115–119, 2005.

SILVA, I. J. O. et al. Influência do sistema de criação nos parâmetros comportamentais de duas linhagens de poedeiras submetidas a duas condições ambientais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1439–1446, 2006.

SOUSA, M. S. **Determinação das faixas de conforto térmico para codornas de corte de diferentes idades**. 87 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, 2013.

TELES JR, C. G. DE S. et al. Avaliação do comportamento ingestivo de frangos de corte através de análise de imagens digitais. In: **Ambiência e Engenharia na Produção Animal Sustentável: Condições de Climas Quente e Temperado**. Viçosa: Suprema, 2016. p. 104–108.

TINÔCO, I. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 3, n. 1, p. 01–26, jan. 2001.

VIALI, L. **Testes de hipóteses não paramétricos**. Porto Alegre. Departamento de Estatística – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

YAHAV, S. et al. Air velocity alters broiler performance under harsh environmental conditions. **Poultry science**, v. 80, n. 6, p. 724–726, 2001.

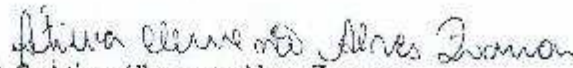
ANEXO 01

CERTIFICADO

A Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA/UFV certifica que o processo nº 07/2016, intitulado "Influência de diferentes condições termo ambientais no comportamento e desempenho de codornas japonesas", coordenado pelo professor Richard S. Gates do Departamento de Engenharia Agrícola, está de acordo com a Legislação vigente (Lei Nº 11.794, de 08 de outubro de 2008), as Resoluções Normativas editadas pelo CONCEA/MCTI, a DBCA (Diretriz Brasileira de Prática para o Cuidado e a Utilização de Animais para Fins Científicos e Didáticos) e as Diretrizes da Prática de Eutanásia preconizadas pelo CONCEA/MCTI, portanto sendo aprovado por esta Comissão em 25/05/2016, com validade de 12 meses.

CERTIFICATE

The Ethic Committee in Animal Use/UFV certify that the process number 07/2016, named "The influence of different environmental conditions term behavior and performance of Japanese quails", is in agreement with the a actual Brazilian legislation (Lei Nº 11.794, 2008), Normative Resolutions edited by CONCEA/MCTI, the DBCA (Brazilian Practice Guideline for the Care and Use of Animals for Scientific Purposes and Teaching) and the Guidelines of Practice the Euthanasia recommended by CONCEA/MCTI therefore being approved by the Committee on May 25, 2016 valid for 12 months.


Prof. Atina Clemente Alves Zuanon
Presidente

Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA/UFV