

TATIANY CARVALHO DOS SANTOS

**ASSOCIAÇÃO DE DIFERENTES TEMPERATURAS E VELOCIDADES DO
AR SOBRE AS RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS, TEMPERATURA DE
SUPERFÍCIE CORPORAL E PRODUÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS
(*Coturnix coturnix japonica*)**

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

S237a
2016 Santos, Tatiany Carvalho dos, 1990-
Associação de diferentes temperaturas e velocidades do ar
sobre as respostas comportamentais, temperatura de superfície
corporal e produção de codornas japonesas (*Coturnix coturnix
japonica*) / Tatiany Carvalho dos Santos. – Viçosa, MG, 2016.
xvi, 90f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Richard Stephen Gates.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.71-80.

1. Codornas. 2. *Coturnix coturnix japonica*. 3. Codornas -
Efeito da temperatura. 4. Ambiente térmico. 5. Comportamento
animal. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Engenharia Agrícola. Programa de Pós-graduação em
Engenharia Agrícola. II. Título.

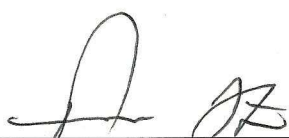
CDD 22. ed. 636.594

TATIANY CARVALHO DOS SANTOS

**ASSOCIAÇÃO DE DIFERENTES TEMPERATURAS E VELOCIDADES DO
AR SOBRE AS RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS, TEMPERATURA DE
SUPERFÍCIE CORPORAL E PRODUÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS
(*Coturnix coturnix japonica*)**

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: 21 de julho de 2016.



Fernando da Costa Baêta
(Coorientador)



Cinara da Cunha Siqueira Carvalho



Richard Stephen Gates
(Orientador)

À Deus por ter me permitido estar aqui finalizando mais uma etapa tão importante em minha vida;

À minha amada mãe, Clemência, pelos ensinamentos de honestidade e fé;

Ofereço e Dedico!

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me permitido que eu chegasse até aqui, sempre ao meu lado e me dando forças para que eu pudesse terminar essa caminhada.

À minha mãe pelo exemplo de vida, confiança, apoio, estando sempre ao meu lado. Agradeço pelos ensinamentos de honestidade, dignidade e fé, cuidando de mim sempre. Amo-Te!

Aos meus irmãos Fabieny, Flávia, Jucielle e Henrique, por sempre me apoiar e acreditar em mim. As minhas lindas sobrinhas Samara, Alice e Lívia por me proporcionar tanta alegria. Minha querida família, amo vocês!

Ao meu pai Landy, tenho certeza de que se ele estivesse aqui estaria orgulhoso. Saudades!

Ao Eric, meu companheiro, por todo amor, carinho, amizade, por estar sempre ao meu lado me apoiando e me incentivando.

Às minhas grandes amigas de Janaúba Vitória, Kênia, Gemima, Albina, Débora pela amizade mesmo ausente. Levarei por toda a vida!

Ao meu orientador Prof. Richard Stephen Gates pela orientação e valiosas contribuições para o enriquecimento deste trabalho, além de toda confiança depositada em mim durante todas as etapas do mestrado.

Agradeço em especial à minha coorientadora Profa. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco por todas as orientações, pela grande contribuição durante o experimento, amizade, conselhos durante o mestrado, confiança e oportunidade de participar do AMBIAGRO.

Em especial meu coorientador Prof. Sérgio Zolnier, pela grande contribuição, dedicação e disponibilidade em me ajudar na construção dos tubos de ventilação, participação fundamental na montagem do experimento, sem a sua ajuda não seria possível a realização deste trabalho, serei eternamente grata por tudo. MUITO OBRIGADA!

Ao meu coorientador Prof. Fernando da Costa Baêta pelas orientações durante o mestrado e pela grande contribuição na finalização deste trabalho.

Aos professores do Ambiagro, Cecília, Jadir por todo apoio dado a mim no decorrer do mestrado.

Aos professores Delly e Sérgio Barreto pelas sugestões e contribuições que me ajudaram neste trabalho.

À minha grande amiga orientadora de graduação, Cinara da Cunha Siqueira Carvalho pela participação na banca, amizade e grandes incentivos nesses cinco anos de convívio.

Ao Keller e a Damiana pela valiosa colaboração nas análises estatísticas, sendo de fundamental importância para a finalização deste trabalho.

Aos colegas do AMBIAGRO, em especial ao Carlos, Letícia, Márcia, Rafaella, Monique, Luís Gustavo e Robinson pelo apoio em todas as etapas do mestrado e do experimento.

Aos estagiários que auxiliaram na execução do experimento.

À Universidade Federal de Viçosa pela excelência no ensino e valiosa oportunidade da realização do mestrado.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola e seus setores, em especial ao Galinari.

Ao CNPq, CAPES, FAPEMIG e pelo apoio financeiro a esta pesquisa e concessão de bolsa.

À todos que, direta ou indiretamente, contribuíram na realização e conquista de minha formação e desde trabalho. Muito Obrigada!

BIOGRAFIA

TATIANY CARVALHO DOS SANTOS, filha de Landy Carvalho de Souza e Clemência dos Santos Souza, nasceu em 28 de julho de 1990 na cidade de Janaúba, Minas Gerais,

Em julho de 2009 ingressou no curso de graduação em Zootecnia na Universidade Estadual de Montes Claros, concluindo-o em julho de 2014.

Em agosto de 2014 iniciou o Mestrado em Engenharia Agrícola na linha de pesquisa Construções Rurais e Ambiente na Universidade Federal de Viçosa.

Em julho de 2016 submeteu-se à defesa de sua dissertação intitulada **Associação de diferentes temperaturas e velocidades do ar sobre as respostas comportamentais, temperatura de superfície corporal e produção de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*)**, sob a orientação do Prof. Richard Stephen Gates.

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| LISTA DE FIGURAS | viii |
| LISTA DE TABELAS | x |
| RESUMO | xiii |
| ABSTRACT | xv |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 3 |
| 2.1. Panorama da coturnicultura de postura no Brasil | 3 |
| 2.2. Ambiente climático de criação de codornas | 4 |
| 2.2.1. Temperatura e umidade relativa do ar | 5 |
| 2.2.2. Ventilação | 7 |
| 2.3. Qualidade do ar | 8 |
| 2.4. Respostas comportamentais | 9 |
| 2.5. Temperatura de superfície corporal | 10 |
| 3. METODOLOGIA | 12 |
| 3.1. Localização experimental | 12 |
| 3.2. Características da instalação | 12 |
| 3.3. Fase experimental, manejo e animais utilizados | 13 |
| 3.4. Constituição dos tratamentos | 14 |
| 3.5. Avaliação e controle do ambiente térmico | 15 |
| 3.6. Níveis de velocidade do ar | 17 |
| 3.6.1. Construção dos sistemas independentes de ventilação com controle da velocidade do ar | 17 |
| 3.6.2. Materiais utilizados | 17 |
| 3.6.3. Regulagem dos níveis de velocidade do ar | 19 |
| 3.7. Avaliação Comportamental | 22 |
| 3.8. Variáveis Fisiológicas | 23 |
| 3.9. Manejo e variáveis de desempenho zootécnico | 25 |
| 3.10. Delineamento experimental | 26 |
| 3.11. Análise estatística | 27 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 29 |
| 4.1. Caracterização do ambiente térmico e aéreo | 29 |

| | |
|--|----|
| 4.2. Comportamento animal | 32 |
| 4.3. Variáveis de desempenho zootécnico | 49 |
| 4.3.1. Consumo de ração | 51 |
| 4.3.2. Produção de ovos | 55 |
| 4.3.3. Conversão alimentar | 57 |
| 4.3.4. Taxa de mortalidade | 59 |
| 4.4. Variáveis fisiológicas | 60 |
| 4.4.1. Temperatura superficial média das aves | 61 |
| 4.4.2. Temperatura superficial da cabeça das aves | 65 |
| 5. CONCLUSÕES GERAIS | 70 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 71 |
| 7. APÊNDICES | 81 |
| 7.1. Certificado de aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais-CEUA/UFV | 81 |
| 7.2. Frequência dos comportamentos observados (%) | 82 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Vista externa da área experimental constituída de quatro câmaras climáticas..... | 12 |
| Figura 2. Equipamentos instalados nas câmaras climáticas. A) Aquecedor de ar; B) Condicionador de ar (sistema “split”); C) Umidificador de ar e D) Controlador de temperatura e umidade. | 13 |
| Figura 3. Disposição das gaiolas no interior das câmaras climáticas. | 14 |
| Figura 4. Vista do sistema independente de aquisição de dados datalogger HOBO® LCD e globo negro instalados no interior das câmaras climáticas. | 16 |
| Figura 5. Representação esquemática da disposição dos ventiladores axiais no tubo de PVC para controle da velocidade do ar próximo às gaiolas..... | 17 |
| Figura 6. Ventilador axial com hélice de plástico sobre o micromotor elétrico (A). As setas indicam o posicionamento dos ventiladores axiais nas extremidades do tubo de PVC, com abertura lateral para saída de ar (B)..... | 18 |
| Figura 7. Suporte metálico dos tubos de PVC com abertura para a instalação do ventilador..... | 18 |
| Figura 8. Abertura realizada no tubo PVC e armação de metal para saída do ar na direção das aves. As setas vermelhas indicam a saída de ar direcionada. | 19 |
| Figura 9. Vista superior dos pontos de calibração da velocidade do ar. As setas indicam o local de calibração da velocidade do ar..... | 19 |
| Figura 10. Pontos de calibração e linhas de fluxo do ar no sistema de controle de velocidade do ar. | 20 |
| Figura 11. Dispositivos eletrônicos de controle individual da velocidade de rotação do micromotor elétrico (dimmer) dos ventiladores, utilizados para a regulagem da velocidade do ar..... | 20 |
| Figura 12. Disposição dos sistemas independentes de ventilação com controle da velocidade do ar no interior das câmaras climáticas. | 21 |
| Figura 13. Distribuição dos valores de velocidade do ar nas câmaras climáticas. ... | 21 |
| Figura 14. Avaliação dos padrões comportamentais das codornas. (A) Câmera de vídeo; (B) Observações do comportamento das aves. | 23 |
| Figura 15. Câmera termográfica. | 24 |
| Figura 16. Extração dos valores de temperatura superficial da cabeça pelo software FLIR QuickReport 1.2. | 24 |

| | |
|--|----|
| Figura 17. Padrão comportamental das codornas (médias e desvio padrão) sob diferentes valores de temperatura do ar, considerando todas as velocidades do ar avaliadas ao longo do período experimental..... | 34 |
| Figura 18. Padrão comportamental das codornas (médias e desvio padrão) sob diferentes valores de velocidades do ar, considerando todas as temperaturas do ar avaliadas ao longo do período experimental..... | 35 |
| Figura 19. Desempenho zootécnico das aves (média e desvio padrão) nas diferentes faixas de temperatura do ar, considerando-se todo o período experimental. (A) Consumo de ração ($\text{g.ave}^{-1}.\text{dia}^{-1}$); (B) Produção de ovos ($\text{n}^{\circ}\text{ovos.ave}^{-1}.\text{dia}^{-1}$); (C) Conversão alimentar ($\text{g.n}^{\circ}\text{ovos}^{-1}.\text{dia}^{-1}$). | 50 |
| Figura 20. Variáveis fisiológicas das aves (média e desvio padrão) em todo o período experimental nas diferentes faixas de temperatura do ar. (A) Temperatura superficial média ($^{\circ}\text{C}$); (B) Temperatura superficial da cabeça ($^{\circ}\text{C}$)..... | 61 |
| Figura 21. Valores médios da temperatura superficial da cabeça de codornas japonesas para diferentes temperaturas e velocidade do ar, com respectivos desvios padrões. | 67 |
| Figura 22. Valores médios da temperatura da cabeça de codornas japonesas para diferentes velocidades do ar e diferentes de temperaturas, com respectivos desvios padrões. | 69 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Efetivo dos rebanhos brasileiros de galinhas e codornas em 2013 e 2014, com respectivas variações | 3 |
| Tabela 2. Faixas de temperaturas ótimas para codornas de acordo com a idade das aves..... | 6 |
| Tabela 3. Associação entre os níveis de velocidade do ar e temperaturas que constituíram os 16 tratamentos..... | 15 |
| Tabela 4: Etograma de avaliação comportamental | 22 |
| Tabela 5. Representação do delineamento experimental na tabela de Análise de Variância (ANOVA) | 27 |
| Tabela 6. Arranjo dos tratamentos nas câmaras climáticas..... | 27 |
| Tabela 7. Médias e desvio padrão dos valores de temperatura do ar (Tar, °C), umidade relativa do ar (UR, %) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), para cada tratamento avaliado..... | 29 |
| Tabela 8. Médias e desvio padrão dos níveis de ruídos (dB), correspondentes aos diferentes tratamentos avaliados | 31 |
| Tabela 9. Médias e desvio padrão da concentração de amônia (NH ₃) (ppm) para os tratamentos avaliados | 31 |
| Tabela 10. Análise de variância (quadrados médios e probabilidade P) do efeito da temperatura e velocidade do ar sobre os diferentes padrões comportamentais: comer; beber; ficar parado; abrir asas/arrepiar e outros durante a avaliação experimental..... | 33 |
| Tabela 11. Números médios de animais expressando o padrão comportamental COMER para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura) | 36 |
| Tabela 12. Diferença entre médias (DM) do padrão comportamental COMER para os efeitos principais e interações dos tratamentos. | 37 |
| Tabela 13. Números médios de animais expressando o padrão comportamental BEBER para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura) | 38 |

| | |
|--|----|
| Tabela 14. Diferença entre médias (DM) do padrão comportamental BEBER para os efeitos principais e interações dos tratamentos | 40 |
| Tabela 15. Números médios de animais expressando o padrão comportamental PARAR para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura) | 41 |
| Tabela 16. Diferença entre médias (DM) do padrão comportamental PARAR para os efeitos principais e interações dos tratamentos | 43 |
| Tabela 17. Números médios de animais expressando o padrão comportamental ABRIR ASAS/ARREPIAR para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura) | 44 |
| Tabela 18. Diferença entre médias (DM) do padrão comportamental ABRIR ASAS/ARREPIAR para os efeitos principais e interações dos tratamentos... | 46 |
| Tabela 19. Números médios de animais expressando o padrão comportamental OUTROS para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura) | 47 |
| Tabela 20. Diferença entre médias (DM) do padrão comportamental OUTROS para os efeitos principais e interações dos tratamentos..... | 48 |
| Tabela 21. Análise de variância (quadrados médios e probabilidade P) do efeito da temperatura e velocidade do ar sobre os parâmetros de desempenho zootécnico: o consumo de ração (CR, g.ave ⁻¹ .dia ⁻¹), produção de ovos (PO, n°ovos.ave ⁻¹ .dia ⁻¹) e conversão alimentar (CA, g.n°ovos ⁻¹ .dia ⁻¹) | 50 |
| Tabela 22. Valores médios do consumo de ração (CR, g.ave ⁻¹ .dia ⁻¹) para as combinações de temperatura e velocidade, e as médias por temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e por velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura)..... | 51 |
| Tabela 23. Diferença entre médias (DM) do consumo de ração (CR, g.ave ⁻¹ .dia ⁻¹) para os efeitos principais e interações dos tratamentos..... | 53 |
| Tabela 24. Valores médios da produção de ovos (PO, n°ovos.ave ⁻¹ .dia ⁻¹) para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura) | 55 |

| | |
|---|----|
| Tabela 25. Diferença entre médias (DM) da produção de ovos (PO, n ^o ovos.ave ⁻¹ .dia ⁻¹) para os efeitos principais e interações dos tratamentos | 56 |
| Tabela 26. Valores médios da conversão alimentar (CA, g.ovos ⁻¹ .dia ⁻¹) para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura) | 58 |
| Tabela 27. Diferença entre médias (DM) da conversão alimentar (CA, g.ovos ⁻¹ .dia ⁻¹) para os efeitos principais e interações dos tratamentos..... | 59 |
| Tabela 28. Análise de variância (quadrados médios e probabilidade P) do efeito da temperatura e velocidade do ar sobre as variáveis fisiológicas: temperatura superficial média (TSM) e temperatura superficial da cabeça (TSC)..... | 60 |
| Tabela 29. Valores médios da temperatura superficial média (TSM, °C) para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura). | 62 |
| Tabela 30. Diferença entre médias (DM) da temperatura superficial média (TSM, °C) para os efeitos principais e interações dos tratamentos..... | 63 |
| Tabela 31. Valores médios da temperatura superficial da cabeça (TSC, °C) para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura)..... | 65 |
| Tabela 32. Diferença entre médias (DM) da temperatura superficial da cabeça (TSC, °C) para os efeitos principais e interações dos tratamentos | 66 |

RESUMO

SANTOS, Tatianny Carvalho dos, M.S., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2016. **Associação de diferentes temperaturas e velocidades do ar sobre as respostas comportamentais, temperatura de superfície corporal e produção de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*)**. Orientador: Richard Stephen Gates. Coorientadores: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Fernando da Costa Baêta e Sérgio Zolnier.

O experimento foi realizado para avaliar o efeito combinado da temperatura e velocidade do ar no comportamento, temperatura de superfície corporal e produção de ovos de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em câmaras climáticas. O controle da velocidade do ar foi implementado por meio de sistemas independentes de ventilação que foram instalados próximos das gaiolas de criação. Os protótipos de ventilação foram constituídos por dois ventiladores axiais acoplados em cada extremidade de um tubo de PVC com 25 cm de diâmetro, proporcionando distintos valores de velocidade do ar. Foram utilizadas quatro câmaras climáticas, as quais estão localizadas no Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO), pertencente ao setor de Construções Rurais e Ambiência do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Viçosa/MG. Nas gaiolas de criação, foram alojadas 216 codornas japonesas na fase inicial de postura (8 semanas). Cada câmara climática permaneceu por um período de 3 dias sob os distintos valores de temperatura a serem avaliados, seguida de dois dias para aclimação sob condições de termoneutras. Foram avaliadas 4 temperaturas: 17°C, 23°C (conforto térmico), 29°C e 35°C, que foram aplicadas de forma cíclica, sendo as aves submetidas às temperaturas especificadas durante 12 horas do dia (7:00 às 19:00h). Durante o período noturno, todos os tratamentos permaneceram na temperatura de conforto (19:00 às 7:00h). O comportamento das aves foi dividido em 5 padrões estabelecidos em um etograma. Os registros foram do tipo instantâneo durando aproximadamente 5 segundos de observação para cada ave em cada repartição da gaiola, nos horários estabelecidos, sendo registrado o número de aves que estavam realizando determinado padrão comportamental naquele exato momento. Foram ainda avaliados a temperatura superficial média e da cabeça, consumo de ração, produção de ovos e conversão alimentar. O delineamento experimental foi constituído de blocos casualizados com dois fatores (temperatura e velocidade do ar), quatro níveis por fator (velocidade do ar: 0, 1, 2, e 3 m.s⁻¹ e

temperatura do ar: 17, 23, 29 e 35°C). Com base nos resultados encontrados, foi constatado que a temperatura, a velocidade do ar e a interação desses fatores possuem significância estatística sobre todos os padrões comportamentais, exceto “beber” e “abrir asas/arrepiar” para a velocidade do ar e “beber” e “outros” para a interação. As variáveis de desempenho zootécnico também foram influenciadas pela temperatura do ar. Com relação à velocidade do ar, apenas a conversão alimentar não foi afetada, enquanto a interação entre os dois fatores avaliados influenciou apenas o consumo de ração. A temperatura e a velocidade do ar têm grande influência sobre a temperatura superficial média do corpo e temperatura superficial da cabeça de codornas japonesas. Considerando-se todas as variáveis avaliadas, as codornas de postura podem apresentar boa resposta produtiva para temperaturas de 17°C a 29°C e velocidade do ar até 2 m.s⁻¹. Na temperatura de 35°C, a elevação da velocidade do ar pode apresentar efeito benéfico em contraste aos baixos valores.

ABSTRACT

SANTOS, Tatiany Carvalho dos, M.S., Universidade Federal de Viçosa, July, 2016. **Association of different temperatures and air speeds on the behavioral responses, body surface temperature and production of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*)**. Adviser: Richard Stephen Gates. Co-advisers: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Fernando da Costa Baêta and Sérgio Zolnier.

The experiment was carried out to evaluate the combined effect of temperature and air velocity on behavior, body surface temperature and egg production of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) in climatic chambers. Air velocity control was implemented by means of independent ventilation systems which were installed next to the growth cages. The ventilation prototypes consisted of two axial fans coupled in each extremity of a PVC tube with 25 cm diameter, providing distinct air velocity values. Four climatic chambers were used, which were located in the experimental area of the Center for Research in Environment and Agroindustry Systems Engineering (AMBIAGRO), pertaining to the sector of Rural Buildings and Environment of Department of Agricultural Engineering of Federal University of Viçosa (UFV) - Viçosa/MG. In the growth cages, Japanese quails (216 birds) in the initial laying phase (8 weeks of age) were placed. Each climatic chamber remained for a period of 3 days under distinct temperature values to be evaluated, followed by 2 days of acclimation at thermoneutral conditions. Four temperatures were evaluated: 17°C, 23°C (thermal comfort), 29°C and 35°C, which were applied cyclically, with birds subjected to the specified temperatures for 12 hours per day from 7:00am to 19:00pm). During the night period, all treatments remained in the comfort temperature (19:00pm to 7:00am). Bird behavior was divided in five patterns established in an ethogram. Records were analyzed from a snapshot lasting about 5 seconds of observation for each bird in each cage partition at set times, and the number of birds that were performing each category of behavior that very moment was recorded. Body and head surface temperatures, food intake, egg production and food conversion efficiency were also assessed. The experimental plan consisted of a randomized block design with two factors (air temperature and velocity), with four levels per factor (air velocity: 0, 1, 2 and 3 m.s⁻¹; air temperature: 17, 23, 29 and 35°C). Based on the findings, it appears that the temperature, air velocity and the interaction of these factors have significant influence in all behavioral patterns, except "drinking" and "open wings/raising" for air velocity and "drinking" and "others" for interaction. The production performance

variables were influenced by air temperature. As regard to air velocity, only food conversion was unaffected whereas the interaction of the two evaluated factors influenced only food intake. Air temperature and velocity have great influence on the average body surface temperature and head surface temperature of Japanese quails. Considering all evaluated variables, the laying quails can present good productive response to temperatures from 17°C to 29°C and air velocity up to 2 m.s⁻¹. Under the 35°C temperature, high air velocity may exhibit beneficial effect in contrast to low values.

1. INTRODUÇÃO

A criação de codornas é destaque no setor avícola nacional, devido às melhorias no sistema de criação, tais como adequação das instalações para otimizar o espaço de alojamento, controle do ambiente para favorecer maior conforto térmico para as aves, nutrição balanceada e atendimento das exigências nutricionais em cada fase de produção.

A criação de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), na qual a aptidão principal é a postura de ovos, tem ganhado destaque e atraído a atenção dos produtores, pois esta espécie apresenta, como características, rápido crescimento, maturidade sexual precoce, alta produtividade, baixo consumo de ração e longevidade na produção de ovos (CASTRO, 2014).

De acordo com Barros *et al.* (2013) e Pereira *et al.* (2015), o ambiente de criação afeta diretamente as condições de bem-estar das aves. Em condições de estresse térmico por calor, a utilização de técnicas que facilitem a dissipação do calor interno nas instalações se fazem necessárias para proporcionar conforto e bem-estar das aves.

Para otimizar a produção das codornas, é necessário adequar as condições de ambiência, com especial destaque aos valores de temperatura, umidade relativa, velocidade e qualidade do ar. Esta adequação permite amenizar os efeitos negativos que esses fatores podem causar sobre o desempenho das aves, visto que condições climáticas inadequadas como o excesso de frio ou de calor podem influenciar o comportamento, a homeotermia, o desempenho das aves, e, conseqüentemente, a produção de ovos. Nesse sentido, Santos (2015) destaca que o conforto térmico é o estado em que o animal se encontra quando inserido em um ambiente ideal, ou seja, o estado em que o animal mantém seu balanço de calor com o mínimo gasto de energia.

Desta forma, o estudo do ambiente de criação visa permitir a análise conjunta dos fatores atuantes no sistema e estabelecer as condições necessárias para a avaliação e concepção de um ambiente térmico adequado às atividades e ocupação das aves adultas (CASSUCE, 2013).

Com base em revisão bibliográfica, não foram encontrados trabalhos que determinassem a faixa ideal de conforto térmico para codornas na fase de postura. De acordo com Albino e Barreto (2012), a temperatura de 22°C tem sido considerada de conforto térmico para codornas, entretanto não dá a certeza de que essa temperatura

seja adequada. A determinação e melhor compreensão do ambiente térmico ideal para codornas, que engloba os efeitos da temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação, é extremamente importante, por afetar diretamente o desempenho produtivo das aves. No Brasil, de forma geral, as instalações para a produção de codornas são abertas, podendo ou não estarem equipadas com ventiladores. Contudo, quando equipadas, normalmente produzem velocidades do ar que ainda são questionáveis.

Sendo assim, visto a necessidade de melhor entender as respostas das codornas ao ambiente térmico, principalmente em relação às variações de temperatura e velocidade do ar, especialmente na fase inicial de postura, tornam-se necessários novos estudos, buscando atender as exigências térmicas das aves poedeiras, com condições ambientais adequadas sem que haja gastos excessivos de produção.

Com base no exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito combinado da temperatura e velocidade do ar no comportamento, variáveis fisiológicas e desempenho zootécnico de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) e determinar as faixas representativas de conforto térmico para a fase inicial de postura a partir da 8ª semana de idade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Panorama da coturnicultura de postura no Brasil

De acordo com Silva *et al.* (2011), o Brasil é o segundo maior produtor mundial de ovos de codorna japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). A criação de codornas de postura é um ramo da atividade avícola que vem se destacando no Brasil nos últimos anos, em decorrência da alta produtividade (média de 300 ovos/ano) e possibilidade de alojamento de grande número de aves em pequenos espaços (320 a 400 aves/m²). Além disso, o consumo de ração é relativamente baixo, rápido crescimento das aves, que possuem maturidade sexual precoce (35 a 42 dias), longevidade na produção (14 a 18 meses), e fácil manejo, proporcionando rápido retorno financeiro (ALBINO e BARETTO, 2012).

As codornas criadas no Brasil são originárias do norte da África, da Europa e da Ásia, pertencem à família dos Fasianídeos (*Fasianidae*), sub-família dos *Perdicionidae* e gênero *Coturnix*, portanto, da mesma família das galinhas e perdizes (PINTO *et al.*, 2002).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), o efetivo de codornas em 2014 teve um aumento de 11,9% em relação ao registrado em 2013, passando de 18,2 para 20,3 milhões de cabeças, chegando a uma produção de 392,73 milhões de dúzias de ovos no ano mencionado. A partir desses dados, torna-se evidente o potencial de crescimento que a coturnicultura possui, podendo ser destacada como a atividade avícola com a maior variação anual, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Efetivo dos rebanhos brasileiros de galinhas e codornas em 2013 e 2014, com respectivas variações

| Categoria | Quantidade (milhões de cabeças) | | Variação anual 2014/2013 (%) |
|-----------------|---------------------------------|-------|---------------------------------|
| | 2013 | 2014 | |
| Galinhas | 221.9 | 226.6 | 2,1 |
| Codornas | 18.2 | 20.3 | 11,9 |

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa da Pecuária Municipal 2013-2014. (Adaptado)

Pastore *et al.* (2012) destacam que a coturnicultura se apresenta como atividade estável, rentável e com boas perspectivas de crescimento para os próximos anos. Assim é possível destacar o potencial que o setor da coturnicultura tem no Brasil, tornando-se cada vez mais necessário, novos estudos para avançar a produção.

2.2. Ambiente climático de criação de codornas

Segundo a definição de Paranhos da Costa (2000), a ambiência pode ser descrita como um conceito amplo do meio físico e psicológico no qual o animal realiza suas atividades. Também pode ser definida como a soma dos impactos dos fatores biológicos e físicos nos animais, consistindo-se em um dos principais responsáveis pelo sucesso ou fracasso do sistema de produção avícola (MACARI e FURLAN, 2001).

O ambiente térmico em que o animal se encontra influencia diretamente o seu desempenho, isso se deve às trocas energéticas que ocorrem entre este e o meio que está a sua volta, sendo estas trocas realizadas por mecanismos de condução, convecção, evaporação e radiação. A incidência do ar diretamente sobre as codornas pode alterar o seu comportamento, deixando as aves quietas e encolhidas, o que pode resultar em menor consumo de ração e, conseqüentemente, redução na produção de ovos, uma vez que são animais sensíveis à ventilação inadequada (VERCESE, 2012).

Segundo Tinôco (2001), Santos (2015) e Baêta e Souza (2010), a ave necessita do meio em que habita, de condições específicas do ambiente, tais como valores de temperatura, umidade, movimentação do ar, radiação, pressão atmosférica, luminosidade e nível de ruídos, dentro de certas faixas de tolerância. Nesse sentido, ocorre a busca do equilíbrio térmico, pois se entende que o animal é um sistema termodinâmico que, geralmente, encontra-se em desequilíbrio com o ambiente, necessitando a troca de energia com este. Contudo, com as melhorias na ambiência das instalações, é possível garantir o bem-estar das aves e, conseqüentemente, melhores índices produtivos.

A melhor avaliação do ambiente de produção animal torna-se possível com o auxílio de métodos inovadores e o controle do bem-estar em ambiente confinado. Assim, por meio do uso de metodologia e do registro adequado dos dados a avaliação do ambiente pode ser realizada com maior exatidão (BORGES *et al.*, 2010).

Na coturnicultura atual, a qual busca obter alta produtividade em espaço físico e em tempo relativamente reduzidos, o ambiente de produção desempenha papel fundamental, devendo sempre atenuar os efeitos climáticos sobre os animais. Abreu e Abreu (2011) afirmam que, no balanço térmico, as aves estão em troca térmica contínua com o ambiente, sendo este mecanismo mais eficiente quando a temperatura ambiental se encontra dentro da zona de conforto para a ave.

No intuito de se prover a criação de codornas com atendimento aos quesitos de bem-estar animal, a adequação do acondicionamento ambiental se faz por meio da escolha dos materiais e técnicas de construção, da espécie e do número de animais, do manejo, e das modificações proporcionadas pelos equipamentos e componentes do sistema produtivo (BAÊTA e SOUZA, 2010).

De acordo com Bonfim e Melo (2015), os parâmetros fisiológicos das codornas podem ser alterados quando expostas a condição de temperaturas altas ou baixas, frente a condição termoneutra. Cada animal tem capacidade de sobreviver, até certo limite de adversidade do ambiente, sendo que esta sobrevivência depende de diversos fatores como, por exemplo, a aclimação, a idade, o estado fisiológico e o sexo.

2.2.1. Temperatura e umidade relativa do ar

As recomendações de condições térmicas ambientais ideais, em termos de temperatura do ar, são bastante divergentes. Segundo Albino e Barreto (2012), a codorna tem boa produção de ovos quando as temperaturas mínimas e máximas não ultrapassam 5 e 30°C, respectivamente. Vohra (1971) descreve que a temperatura de conforto térmico ideal para codornas japonesas varia em função da idade do animal, como pode ser observado na Tabela 2.

De acordo com Oliveira (2007), a temperatura ambiente ideal (zona de conforto térmico - ZCT) para codornas na fase de postura está entre 18 e 22 °C e a umidade relativa do ar entre 65 e 70%. A ZCT se relaciona com determinada faixa de temperatura em que o animal mantém constante a temperatura corporal, sendo o ambiente térmico ideal no qual a amplitude deve ser bem restrita. Nesta zona, o animal alcança seu potencial máximo de produção e a temperatura corporal é mantida com mínima utilização de mecanismos termorreguladores (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Tabela 2. Faixas de temperaturas ótimas para codornas de acordo com a idade das aves

| Idade (Dias) | Semana | Temperatura (°C) |
|--------------|--------|------------------|
| Até 7 | 1° | 35-37 |
| 7 | 2° | 35 |
| 14 | 3° | 31 |
| 21 | 4° | 23-27 |
| 28 | 5° | 21-25 |
| 35 | 6° | 19-23 |
| 42 | 7° | 19-21 |

Fonte: Vohra (1971).

Albino e Barreto (2012) recomendam a temperatura de 22°C para codornas em fase de postura, enquanto Umigi *et al.* (2012) relatam que a codorna pode ser criada sob condições de calor. Castro (2014), avaliando diferentes temperaturas sobre o desempenho de codornas japonesas, destaca que as mesmas são capazes, dentro de certos limites, de se adaptarem a condições de estresse contínuo. No entanto, os sinais mais perceptíveis do estresse térmico por calor no desempenho, são: diminuição do consumo de ração, aumento no consumo de água e redução na qualidade dos ovos produzidos.

A capacidade de postura das codornas é suscetível à variação da temperatura e da umidade relativa do ar. Assim, quando estas encontram-se em níveis fora da zona de conforto da espécie, ocorre queda na taxa de postura (MORAES, 2010). Existem alguns índices que relacionam a temperatura e umidade relativa do ar, e, portanto, estabelecem faixas de conforto para os animais como o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU). Entretanto, Sousa *et al.* (2014) afirmam que ainda não existem, na literatura, recomendações específicas com valores de ITGU ideais para codornas destinadas a corte.

Com os avanços da genética, nutrição e sanidade, há a necessidade de se buscar novos valores ambientais de temperatura do ar para atender de forma eficiente as exigências das codornas poedeiras.

2.2.2. Ventilação

Dentre diversos fatores ambientais que influenciam o desempenho, comportamento e bem-estar dos animais, pode-se citar a ventilação como um dos principais, desencadeando diversas reações estressantes quando aplicada de forma inadequada. Segundo Curi *et al.* (2014), a ventilação torna-se um dos fatores mais importantes na determinação do ambiente avícola, sendo capaz de condicionar, em boa parte, o êxito da produção, por meio do controle efetivo do microclima nas instalações. Os baixos níveis de ventilação podem levar à má qualidade do ar, resultando em problemas de saúde das aves e de desempenho. Em contrapartida, a ventilação em excesso pode estabelecer correntes de ar ao longo da instalação e causar elevados custos de aquecimento (CZARICK e FAIRCHILD, 2007).

Diante dos problemas ocasionados pela má qualidade do ar, torna-se necessário o manejo adequado da ventilação mínima, natural ou mecânica, visando evitar concentrações de gases indesejáveis dentro do aviário. Entretanto, deve-se atentar à perda de calor, principalmente na fase inicial de vida das aves (VIGODERIS *et al.*, 2010). Dentre as funções da ventilação, está a remoção de umidade produzida pela respiração das aves e presente na cama, a renovação do oxigênio, a eliminação de poeira e o controle de amônia (CURI *et al.*, 2014). A temperatura do ar e o nível de ventilação dentro do aviário devem ser adequados ao sistema de criação, idade, peso e estado fisiológico das aves, permitindo que estas mantenham sua temperatura corporal constante (COTTA, 2002).

Adicionalmente, Berto (2012) e Yahav *et al.* (2001) afirmam que as três principais variáveis ambientais que afetam o desempenho de frangos de corte são a temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do ar. Entretanto, a maioria dos trabalhos conduzidos com codornas, encontrados na literatura, não avalia a velocidade do ar e nem o efeito do ambiente na produção de ovos de codornas (CASTRO 2014).

Bottcher *et al.* (1995) sugerem que a velocidade do ar igual $2,0 \text{ m.s}^{-1}$ é suficiente para reduzir a temperatura de frangos de corte em ambientes quentes proporcionando maior conforto. Já Medeiros *et al.* (2005) recomendam que os valores compreendidos entre $1,5$ e $2,5 \text{ m.s}^{-1}$ são ideais para a máxima produtividade de frangos adultos destinados ao corte.

A implantação de sistema de ventilação em instalações avícolas visa fornecer níveis adequados de velocidade do ar, fazendo com que sua distribuição seja direcionada de maneira uniforme sobre as aves. Os sistemas de automação permitem medir as variáveis do ambiente e controlar o funcionamento dos equipamentos de forma segura, rápida e automática (SILVA, 2011). Contudo, em condições de conforto, nem sempre isto é possível, pois, na verificação da velocidade do ar no centro de um galpão industrial convencional, Barros *et al.* (2013) encontraram valores de $0,21 \text{ m.s}^{-1}$ no período da manhã e $0,02 \text{ m.s}^{-1}$ no período da tarde. Para Ferreira (2016) a velocidade do ar no interior das instalações para aves adultas pode oscilar de 0,2 a $3,0 \text{ m.s}^{-1}$, com a temperatura do ar entre 15 e 28°C e umidade relativa variando de 40 a 80%.

2.3. Qualidade do ar

De forma geral a qualidade do ar engloba dióxido de carbono, umidade, amônia, poeira, ruídos, entre outros, e as concentrações de amônia abaixo de 30 ppm tem sido recomendado por Czarick e Fairchild (2007). A qualidade do ar dentro de uma instalação está intimamente ligada com a densidade, idade e atividade dos animais e também com a qualidade e manejo da cama (SANTOS, 2009). Entre os gases que mais influenciam na qualidade do ar nas instalações zootécnicas, o gás amônia (NH_3) é tido como poluente tóxico mais encontrado em maiores concentrações, sendo sua formação atribuída à decomposição microbiana do ácido úrico das excretas (MACARI e FURLAN, 2001).

A mensuração de determinados gases nocivos à saúde das aves no ambiente de criação permite avaliar se as taxas de renovação higiênicas de ar (ventilação mínima) estão sendo atendidas para cada idade específica dos animais. A utilização de taxas de renovação adequadas é importante para garantir seu desempenho produtivo (AMARAL, 2007). A avaliação da qualidade do ar em galpões para codornas é necessária não somente em consequência do bem-estar animal, mas também por questão de saúde pública, pois a concentração de gases produzidos nesses galpões, quando acima do tolerável, pode afetar tanto a saúde animal quanto do criador (MOURA *et al.*, 2010).

A qualidade do ar engloba também a poluição sonora resultante de ruídos, tendo grande influência no bem-estar animal e humano, podendo alterar o comportamento dos animais. O ruído é um dos agentes físicos mais comuns encontrado em ambientes de trabalho, no qual o aparelho auditivo fica sujeito aos danos que essas ondas sonoras podem causar, dependendo, além dos níveis de intensidade, de fatores como: tempo de exposição, condições gerais de saúde do trabalhador, idade e acústica do ambiente (NASCIMENTO *et al.*, 2007). O local que possui nível sonoro superior a 85 dB expõe as pessoas à dificuldade de conversação e concentração, podendo provocar aumento dos erros, redução do desempenho e perda de audição, além de dores de cabeça, náuseas, depressão e irritabilidade emocional. Em consequência, há quedas do rendimento e da qualidade do trabalho (CARVALHO *et al.*, 2012).

2.4. Respostas comportamentais

Muitas pesquisas têm sido conduzidas sobre o comportamento animal, buscando melhor entender as características ingestivas, agressivas, dominantes, reprodutivas dentre outras, e suas respostas diante do desempenho produtivo. A avaliação dos sistemas de criação animal com base no comportamento tornou-se uma importante ferramenta para se obter respostas às questões básicas da etologia (BARBOSA FILHO *et al.*, 2007). O uso dessas informações permite verificar as respostas do animal às variações ambientais de forma não invasiva.

O comportamento é um fator importante na domesticação animal, permitindo intensificar a produção de forma mais eficiente e intensiva (ABDELFATTAH *et al.*, 2008). As respostas de codornas japonesas incluem alguns padrões como alongar o pescoço, asas e patas, investigar as asas, cabeça, tremer, tomar banho de areia, dentre outros. Assim como outras aves, as codornas apresentam comportamento peculiar quando são ameaçadas. Esta reação é conhecida como estado de imobilidade tônica, que se manifesta quando as aves são expostas a situações adversas, principalmente quando as ameaças geram medo ou estresse (JONES *et al.*, 1988).

De acordo com Abdelfattah *et al.* (2008), a atividade locomotora da codorna é representada por estar em pé, andando, correndo ou voando. Algumas dessas

atividades podem estar acompanhadas, como bicando o alimento ou realizando algum exercício.

A influência do ambiente no comportamento das codornas japonesas foi investigada por Jacome *et al.* (2012). Os autores verificaram que a iluminação artificial pode alterar o comportamento das aves, em especial, na frequência de visita ao comedouro. De acordo com Pereira *et al.* (2015), o ambiente térmico afeta os comportamentos de poedeiras e a melhor compreensão dos efeitos do ambiente térmico pode possibilitar inferências acerca do bem-estar das aves.

O bem-estar animal pode ser definido como o estado de um indivíduo em relação às suas tentativas de se adaptar ao seu ambiente (BROOM, 1986). Este estado do animal tem recebido destaque mundial, pois o consumidor tem exigido, cada vez mais, que os animais de produção sejam criados em boas condições. Nesse sentido, os sistemas produtivos vêm sofrendo adaptações dos indivíduos e a avaliação do bem-estar animal permite obter respostas para auxiliar no manejo e no ambiente de criação.

A observação e a avaliação dos comportamentos expressos pelas aves podem ajudar na estimativa do seu bem-estar. De acordo com Becker (2002), o bem-estar animal é avaliado de acordo com alterações das variáveis fisiológicas e comportamentais. No caso de aves poedeiras, a utilização de caixas-ninho tem se tornado promissor para se minimizar o estresse pela frustração e melhorar o bem-estar das mesmas (RIBER, 2010). Rudkin e Stewart (2003) mostraram em seu trabalho que o tempo necessário para uma boa avaliação dos comportamentos das aves está em torno de 1 a 2 horas, tanto no período da manhã como da tarde, uma vez que os comportamentos tendem a se repetir ao longo do dia.

2.5. Temperatura de superfície corporal

A termografia infravermelha se caracteriza como uma ótima ferramenta na avaliação das respostas fisiológicas dos animais, apresentando-se como uma técnica não invasiva para medição do perfil térmico das aves. Além disso, indica a região na qual ocorre os maiores valores de temperatura superficial no animal ou em qualquer outro objeto de avaliação. Nas imagens termográficas, é possível observar a variação da temperatura nas diferentes regiões, associadas a diferentes cores. A imagem de um termograma, composta por um conjunto de pixels, pode ser gravada, pois representa a

temperatura de um determinado corpo. Essa matriz de temperaturas pode ser utilizada de várias formas para se extrair a informação requerida (BASILE, 2012).

Souza Júnior *et al.* (2013) realizaram o mapeamento da temperatura por meio da utilização da termografia infravermelha e concluíram que codornas japonesas apresentam diferenças na temperatura superficial de acordo com a região corporal, sendo as áreas desprovidas de penas importantes sítios de termólise, sob condições de estresse térmico por calor. Esses autores relatam ainda que, nas codornas, a região da face apresentou temperatura superficial superior às demais regiões analisadas. Essa resposta deve-se ao fato de haver maior circulação sanguínea nessa região e, quando as aves estão em estresse por calor, esta tende a promover maior circulação sanguínea na tentativa de dissipar energia para o ambiente.

A crista também tem um importante papel na termorregulação, pois alguns vasos sanguíneos se dilatam para levar mais sangue para crista, pés e asa na tentativa de resfriamento, atuando de forma semelhante à temperatura superficial da cabeça. Durante períodos de estresse térmico, as extremidades das aves que não possuem penas, como a crista e a barbela ou os pés, normalmente são vasodilatadas (RICHARDS, 1971; HILLMAN *et al.*, 1982). De acordo com DAHLKE *et al.* (2005), a área total de superfície da crista, barbela e pernas das aves corresponde a 16% da superfície total do corpo, mostrando a importância que essas regiões corporais possuem na dissipação de calor.

Silva (2011) destaca que imagens termográficas capturadas no ambiente de criação permitem o desenvolvimento de estudos relacionados ao comportamento animal. Por sua vez, Yanagi Júnior *et al.* (2002) relatam que as imagens termográficas podem ser utilizadas no monitoramento da temperatura superficial de animais, possibilitando pesquisas da avaliação da resposta ao estresse térmico.

Souza Júnior *et al.* (2013) mencionaram que as penas das aves possuem boa propriedade isolante, bloqueando a maior parte das emissões de radiação a infravermelho provenientes da pele e o uso da termografia constitui uma boa ferramenta para realizar o mapeamento térmico. Nascimento *et al.* (2014), avaliando o conforto térmico de frangos de corte em dois aviários localizados na mesma região geográfica, com diferentes sistemas de climatização, concluíram que, em condições de conforto térmico as temperaturas superficiais das aves são associadas com as das superfícies das instalações.

3. METODOLOGIA

3.1. Localização experimental

Todos os procedimentos utilizados na fase experimental foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFV) da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil, Protocolo n° 72/2015, (Apêndice 1, item 7,1).

O experimento foi realizado em quatro câmaras climáticas, localizadas no Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO) do setor de Construções Rurais e Ambiente do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Viçosa/MG, Figura 1. 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.



Figura 1. Vista externa da área experimental constituída de quatro câmaras climáticas.

3.2. Características da instalação

Todas as câmaras climáticas possuem dimensões de 3,2 m de comprimento por 2,44 m de largura, com pé direito de 2,38 m. Os equipamentos de climatização apresentam as seguintes características: aquecedor de ar com resistência elétrica (2000 W), condicionador de ar do tipo Split quente/frio de 3,517kW e umidificador de ar com volume de água de 4,5 L e capacidade de névoa de 300 ml/hora (Figura 2 A, B e C). O aquecedor e o umidificador foram operados pelo microcontrolador eletrônico MT-531R plus. Este dispositivo possui faixa operacional de controle situada entre -10

a 70,0°C, resolução de 0,1°C e 20 a 85% UR, resolução de 0,1% para a temperatura do ar e umidade relativa, respectivamente (Figura 2 D).

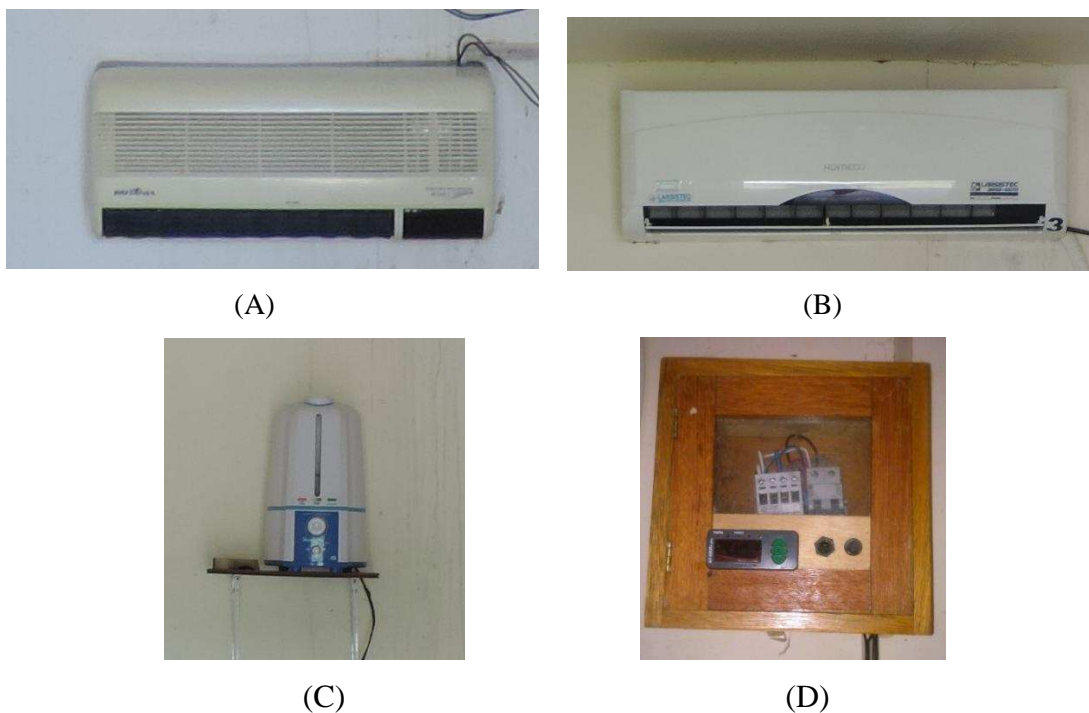


Figura 2. Equipamentos instalados nas câmaras climáticas. **A)** Aquecedor; **B)** Ar condicionado (sistema “split”); **C)** Umidificador e **D)** Controlador de temperatura do ar e umidade relativa.

3.3. Fase experimental, manejo e animais utilizados

O experimento teve início em 12 de março de 2016, com duração de 20 dias de avaliação experimental, sendo utilizadas 216 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase inicial de postura. As aves foram adquiridas com seis semanas de idade (42 dias), originadas do mesmo matrizeiro, com peso médio de aproximadamente 100 gramas.

As aves foram alojadas e distribuídas em quatro câmaras climáticas, onde permaneceram em aclimatação na temperatura considerada termoneutra (23°C), até se adaptarem ao local de experimento e para que pudessem se recuperar do estresse sofrido durante o transporte e alojamento. O período de adaptação compreendeu duas semanas, sendo finalizado até que 50 % das aves apresentassem o início de postura. Assim, o início do experimento ocorreu a partir de 60 dias de idade (8 semanas). No momento do alojamento as câmaras climáticas já se encontravam com temperatura do ar de 23°C e umidade relativa em torno de 50 a 70%.

Em cada câmara climática, foram colocadas 2 gaiolas de arame galvanizado com dimensões de 1 m x 0,42 m x 0,42 m. Cada gaiola possuía 3 repartições, nas quais foram alojadas, de forma aleatória, 27 aves/gaiola, sendo 9 aves/repartição. Esta disposição proporcionou uma densidade aproximada de 155,6 cm²/ave, Figura 3.



Figura 3. Disposição das gaiolas no interior das câmaras climáticas.

O programa de iluminação foi estabelecido pela utilização de 15 horas de luz (6:00 h às 21:00 h) e 9 horas de escuro durante todo o período experimental conforme recomendado por Souza (2015). O acionamento da luz foi controlado por um timer analógico.

3.4. Constituição dos tratamentos

Os tratamentos foram constituídos a partir da combinação de quatro temperaturas (17, 23, 29 e 35°C) e quatro velocidades do ar (0, 1, 2 e 3 m.s⁻¹), como apresentado na Tabela 3.

Em cada uma das quatro câmaras climáticas foram afixados os valores de velocidade do ar (0, 1, 2 e 3 m.s⁻¹), enquanto os de temperatura do ar variaram no tempo, da seguinte forma: 3 dias de tratamento (23, 17, 29 e 35°C) e 2 dias de readaptação a 23°C entre os tratamentos. Considerou-se a temperatura de 23°C como sendo de conforto térmico (OLIVEIRA, 2007).

Tabela 3. Associação entre os níveis de velocidade e temperatura do ar que constituíram os 16 tratamentos

| Velocidade do ar | Descrição dos Tratamentos | | | |
|--|---------------------------|------------------|---------------------|-------------------|
| | Temperatura e Período | | | |
| | T1 - Frio Moderado | T2 - Controle | T3 - Calor Moderado | T4 - Calor Severo |
| | <i>Periodo 2</i> | <i>Periodo 1</i> | <i>Periodo 3</i> | <i>Periodo 4</i> |
| V0 - 0,0 m.s ⁻¹ : (Câmara 4 - Controle) | 17 °C | 23 °C | 29 °C | 35 °C |
| V1 - 1,0 m.s ⁻¹ : (Câmara 1) | 17 °C | 23 °C | 29 °C | 35 °C |
| V2 - 2,0 m.s ⁻¹ : (Câmara 2) | 17 °C | 23 °C | 29 °C | 35 °C |
| V3 - 3,0 m.s ⁻¹ : (Câmara 3) | 17 °C | 23 °C | 29 °C | 35 °C |

Para a execução dessa pesquisa, os valores de temperatura do ar especificados na Tabela 3 foram aplicados de forma cíclica. Durante 12 horas do dia (7:00 às 19:00h), as aves foram submetidas aos tratamentos, de acordo com o ambiente térmico a ser avaliado. No entanto, durante o período noturno (entre 19:00 e 7:00h), a temperatura do ar foi alterada para a de conforto térmico (23°C).

Em todos os tratamentos, a umidade relativa do ar foi mantida próxima de 70% por meio do microcontrolador MT-531R plus. Este valor corresponde ao limite superior da faixa situada entre 50 e 70%, conforme recomendado por Tinôco (2001).

3.5. Avaliação e controle do ambiente térmico

Os valores de temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR), temperatura de ponto de orvalho (Tpo) e temperatura de globo negro (Tgn) foram registrados a cada 10 minutos, durante todo o período experimental, por meio de sistemas independentes de aquisição de dados data loggers HOB0® LCD - Temperature/Relative Humidity (RH), faixa de medição de temperatura entre -20°C a +50°C, de umidade relativa entre 0 a 100% com respectivas acurácias de $\pm 0,20^\circ\text{C}$ e $\pm 2,5\%$.

A Tgn foi obtida a partir de mini sensores registradores de temperatura (Testo®, modelo 174), com resolução de 0,1°C, faixa de medição entre -30 a 70°C e acurácia de $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Este instrumento foi posicionado no centro de um globo negro, com 0,15m de diâmetro e 0,5mm de espessura, pintado externamente com tinta preta fosca. Os sensores especificados e o globo negro foram instalados no interior das

câmaras climáticas, na altura das aves (1,10m acima do piso), na parte exterior das gaiolas para a obtenção de valores representativos, Figura 4.



Figura 4. Vista do sistema independente de aquisição de dados data logger HOBO® LCD e globo negro instalados no interior das câmaras climáticas.

De posse dos dados das variáveis climáticas, foi calculado o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), por meio da Equação 1 proposta por Buffington *et al.* (1981):

$$ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} + 41,5 \quad \text{Eq (1)}$$

Em que:

ITGU = Índice de temperatura de globo e umidade;

T_{gn} = Temperatura de globo negro, °C;

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

No interior de cada câmara climática, durante todo o período experimental, foi realizada a ventilação higiênica durante todo o período experimental, possibilitando, assim, renovação de ar a cada 15 minutos por meio de dois exaustores axiais AMB (modelo FD08025S1M; DC 12V; 0,15A), com acionamento automático.

A qualidade do ar foi monitorada diariamente às 8:00 e 17:00 horas. Para a avaliação dos níveis de amônia (NH₃), foi utilizado o sensor GasAlert Extreme Single Gas Detector (Schaumburg, IL, USA), com faixa de medição de 0 a 100 ppm. Os níveis de ruído foram mensurados por um decibelímetro digital portátil (Instrutemp ITDEC 4000, São Paulo, Brasil), com acurácia de ±1.5dB, frequência de 31.Hz a 8.5K Hz, nível de medição de 30 a 130dB e resolução de 0.1dB.

3.6. Níveis de velocidade do ar

Em geral, a velocidade do ar máxima que se aplica aos frangos de corte é de $2,5 \text{ m.s}^{-1}$. A partir disso, foram estabelecidos valores de velocidade do ar para serem avaliados durante o experimento (0, 1, 2 e 3 m.s^{-1}). Assim, com o objetivo de propiciar os diferentes valores de velocidade do ar, foram construídos sistemas independentes de ventilação com controle da velocidade do ar, que foram posicionados junto às gaiolas.

3.6.1. Construção dos sistemas independentes de ventilação com controle da velocidade do ar

Os sistemas independentes de ventilação foram construídos para possibilitar o controle da velocidade do ar a partir da alteração da rotação dos motores elétricos de ventiladores axiais. Os sistemas de ventilação foram construídos no Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agrícolas (AMBIAGRO), pertencente ao setor de Construções Rurais e Ambiente do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Viçosa/MG.

3.6.2. Materiais utilizados

Na construção dos sistemas independentes de ventilação, foram utilizados, essencialmente, os seguintes materiais; tubo de PVC com 1,40 m de comprimento e 250 mm de diâmetro; dois ventiladores axiais com micromotores elétricos; grades metálicas de proteção, dispostas nas extremidades do tubo de PVC; e estrutura metálica de aço galvanizado, instalada em peças de madeira, para posicionamento da saída de ventilação na altura das aves, Figura 5.

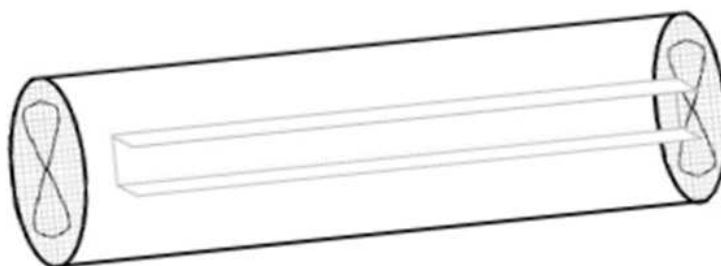


Figura 5. Representação esquemática da disposição dos ventiladores axiais no tubo de PVC para controle da velocidade do ar próximo às gaiolas.

Em cada extremidade dos tubos foi instalado um ventilador axial com hélice de plástico e diâmetro de 23 cm, associado a um micromotor Elgin de 50 W, Figura 6A. Os sistemas independentes de ventilação com controle de velocidade do ar foram posicionados de frente para a gaiola, possibilitando o fluxo de ar acima do comedouro e diretamente sobre as aves, Figura 6B. Os tubos de PVC, com abertura lateral para ventilação, foram centralizados nas gaiolas por meio do suporte metálico, Figura 7.

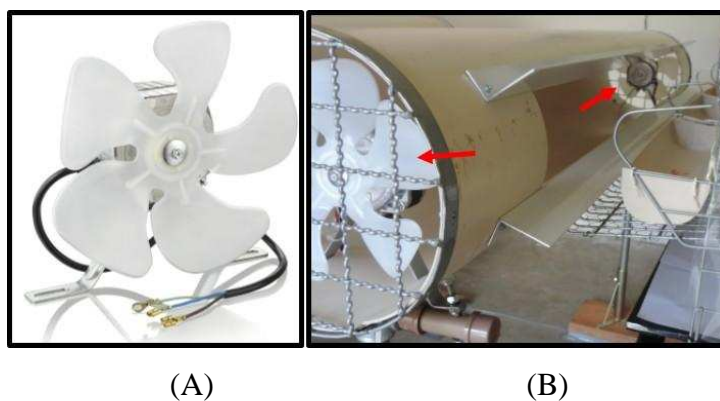


Figura 6. Ventilador axial com hélice de plástico sobre o micromotor elétrico (A). As setas indicam o posicionamento dos ventiladores axiais nas extremidades do tubo de PVC, com abertura lateral para saída de ar (B).



Figura 7. Suporte metálico dos tubos de PVC com abertura para a instalação do ventilador.

Para saída de ar através do tubo do PVC, foi feito um corte na região central com dimensões de 1,0 m de comprimento e 0,10 m de largura. Nessa abertura, do lado externo, foram acopladas aletas de alumínio com 1,10 m de comprimento para direcionar o ar sobre as aves com maior exatidão, além de possibilitar o aumento da velocidade do ar, Figura 8.



Figura 8. Abertura implementada no tubo PVC e aletas de alumínio para o direcionamento do fluxo de ar na altura das aves. As setas vermelhas indicam a saída de ar direcionada.

3.6.3. Regulagem dos níveis de velocidade do ar

A velocidade do ar foi ajustada em três pontos próximos do comedouro, onde cada ponto de medição representava o centro das três repartições da gaiola, para que todas as aves recebessem de forma uniforme a mesma velocidade do ar, Figuras 9 e 10.



Figura 9. Vista superior dos pontos de ajuste da velocidade do ar, de acordo com os tratamentos. As setas indicam o local de calibração.

O ajuste da velocidade do ar na abertura de ventilação de rotação do micromotor elétrico (dimmer) de cada ventilador, foi realizado por meio de um dispositivo de controle da velocidade, instalado em cada extremidade do tubo, Figura 11. Para a medição da velocidade do ar, foi utilizado o termoanemômetro de fio quente

modelo (Instrutherm TAFR – 180, São Paulo, BR), do tipo portátil com saída digital, escala de velocidade de 0,2 a 20,0 m.s⁻¹ e precisão da leitura ± 3%.

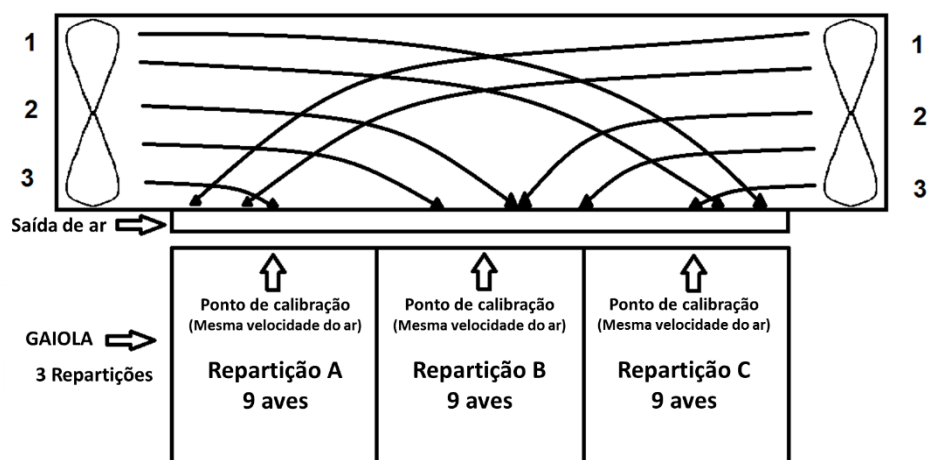


Figura 10. Pontos de calibração e linhas de fluxo no sistema independente de ventilação com controle da velocidade do ar.

No sistema independente de ventilação, foram estabelecidos valores médios de velocidade do ar na abertura do tubo de PVC para que o fluxo de ar incidente sobre as aves proporcionasse valores de aproximadamente 0, 1, 2, e 3 m.s⁻¹.



Figura 11. Dispositivos eletrônicos de controle individual da velocidade de rotação do micromotor elétrico (dimmer) dos ventiladores, utilizados para a regulação da velocidade do ar.

Em cada câmara climática, foi aplicada uma velocidade do ar previamente estabelecida. Os valores de velocidade do ar foram mantidos em tratamento durante todo o experimento. Vale ressaltar que os sistemas independentes de ventilação com

controle da velocidade do ar foram instalados apenas nas câmaras climáticas com tratamentos acima de 0 m.s⁻¹, Figura 12.



Figura 12. Disposição dos sistemas independentes de ventilação com controle da velocidade do ar no interior das câmaras climáticas.

A velocidade do ar foi controlada e dividida em 4 câmaras climáticas, Figura 13. A distribuição dos valores nas câmaras climáticas pode ser observada na Figura 13. O tratamento “controle” (câmara climática 4) foi isento de tubos de ventilação, contendo apenas as gaiolas, Figura 13.

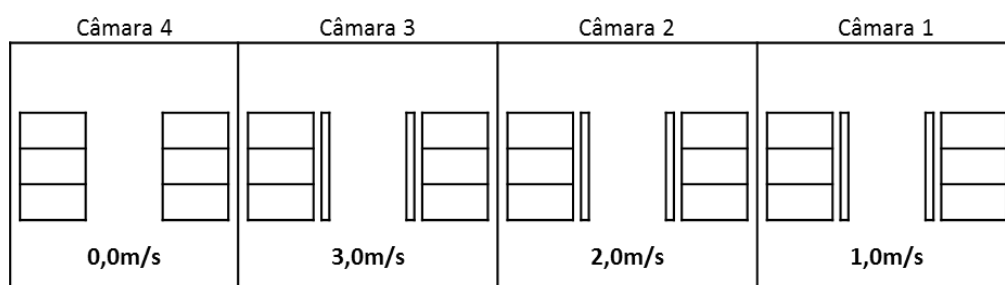


Figura 13. Distribuição dos valores de velocidade do ar nas câmaras climáticas.

Durante cada período experimental de 3 dias, o acionamento dos sistemas independentes de ventilação foi iniciado às 5:30 h e desligado às 21:30 h, por meio de um timer analógico, proporcionando 16 horas de ventilação por dia.

3.7. Avaliação Comportamental

Foi utilizada uma amostragem instantânea para avaliação do comportamento das codornas nos distintos tratamentos, conforme descrito por Catalan (2013). Nesta técnica, o observador registra o comportamento que a ave estava expressando, em diferentes pontos e em uma escala de tempo. Para isso, os padrões comportamentais foram avaliados por meio de um etograma.

Os comportamentos analisados foram adaptados da descrição de Hansen (1994), Webster (2000), Elston *et al.* (2000) e Rudkin e Stewart (2003). A adequação dos comportamentos foi realizada em uma observação prévia, utilizando as codornas nas condições de estudo padronizadas. O etograma foi elaborado para identificar 5 padrões comportamentais, conforme descritos na Tabela 4.

Tabela 4: Etograma de avaliação comportamental

| Padrão | Comportamento | Descrição |
|---------------|----------------------|--|
| n°1 | Comer | Cabeça dirigida para dentro do comedouro, comendo |
| n°2 | Beber | Ingestão de água nos bebedouros/bicando bebedouro |
| n°3 | Parar | Nenhum movimento, ave parada, encolhida, aves agrupadas ou amontoadas, realizando postura |
| n°4 | Abrir asas/arrepiar | Abrir e esticar as asas, aves afastadas umas das outras, arrepiar |
| n°5 | Outros | Ave investigando suas próprias penas ou de outras aves com o bico, pular, agressividade, dominância, agitação. |

As aves foram observadas durante três dias consecutivos, por meio do uso de câmeras de vídeo acopladas no teto. O equipamento, que apresentava resolução mínima de 420 linhas e lente com distância focal de 3,6 mm, foi conectado a um gravador de imagens VMI modelo 31SH de 16 canais, Figura 14, A e B.

A avaliação do comportamento foi realizada durante duas horas consecutivas, em intervalos de 30 minutos, em dois períodos por dia. Este procedimento possibilitou duas horas de avaliação no período da manhã (5 observação às 9:00, 9:30, 10:00, 10:30, 11:00h) e duas horas à tarde (5 observações às 15:00, 15:30, 16:00, 16:30, 17:00h), totalizando quatro horas por dia.



Figura 14. Avaliação dos padrões comportamentais das codornas. (A) Câmera de vídeo; (B) Observações do comportamento das aves.

As observações foram do tipo instantânea, durando aproximadamente 5, para cada codorna, nos horários estabelecidos, sendo registrado o número de aves que estavam apresentando um determinado comportamento naquele exato momento, em consonância com o etograma. A avaliação comportamental foi realizada de forma aleatória em cada repartição isoladamente.

3.8. Variáveis Fisiológicas

A temperatura superficial média (TSM) (asa, cabeça, canela, dorso) foi aferida por meio de um termômetro a infravermelho digital (Instrutherm TI-860, São Paulo, BR) com escala de -30°C a 270°C , precisão: $\pm 2,5\%$ da leitura, resolução: 1°C e emissividade de 0,95 fixa. Os valores foram obtidos de acordo com a Equação 2, proposta por Richards (1971).

$$TSM = (0,12T_{asa}) + (0,03T_{cabeça}) + (0,15T_{pata}) + (0,70T_{dorso}) \quad \text{Eq (2)}$$

A TSM foi mensurada aleatoriamente em 6 aves/gaiola (2 aves/repartição), duas vezes ao dia, às 8:00h e às 14:00h. Adicionalmente, as medidas de temperatura superficial da cabeça (TSC $^{\circ}\text{C}$) foram aferidas aleatoriamente, utilizando como amostragem 30 codornas por câmara climática, totalizando 15 aves por gaiola (5 aves/repartição), ao final de cada tratamento avaliado. Para isto, utilizou-se uma câmera termográfica (ThermaCAM® b60, Flir Systems, Wilsonville, OR, EUA), que

foi calibrada considerando a absorção de um corpo cinzento ($\epsilon = 0.98$; 180x180 pixels),
Figura 15.



Figura 15. Câmera termográfica.

Fonte: <http://www.instrumbrasil.com.br/>

As imagens termográficas foram analisadas pelo software de imagem termográfica (FLIR Quick Report, 1.2 SP2; FLIR Systems, Wilsonville, OR, EUA), sendo considerada, para a análise, cinco medições na cabeça das aves, área esta caracterizada como a de maior temperatura, Figura 16.

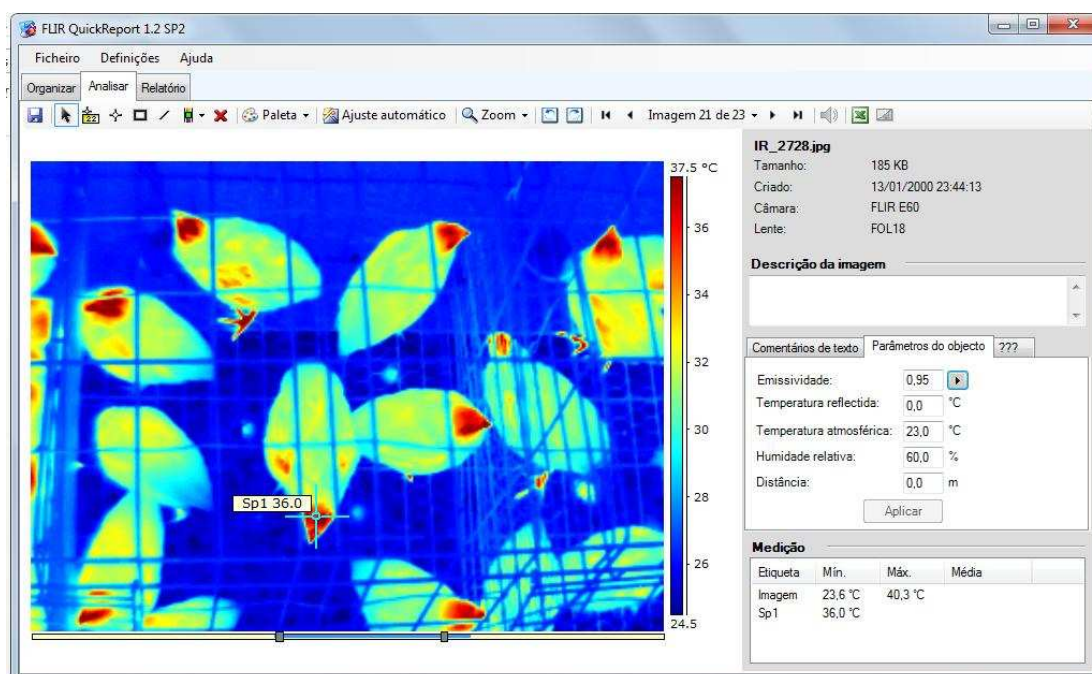


Figura 16. Extração dos valores de temperatura superficial da cabeça pelo software FLIR QuickReport 1.2.

3.9. Manejo e variáveis de desempenho zootécnico

O fornecimento de ração e água às aves foi *ad libitum*, três vezes ao dia ou quando necessário, mantendo os comedouros e bebedouros sempre abastecidos. Para isto, foram instalados, em cada repartição da gaiola, bebedouro tipo “nipple” e comedouros tipo calha. Foi fornecida às aves ração comercial (Master), formulada conforme as necessidades nutricionais para codornas em fase de postura, sendo esta capaz de atender todas as exigências nutricionais necessárias para garantir um bom desempenho produtivo. A variável de desempenho zootécnico denominada consumo de ração foi registrada diariamente para cada temperatura avaliada durante todo o experimento.

a) Consumo de ração ($\text{g.ave}^{-1}.\text{dia}^{-1}$): O consumo de ração, em cada repartição das gaiolas, foi determinado por meio de medições de sobras e desperdícios descontados da quantidade fornecida fornecida/dia a cada tratamento, sendo calculado a partir da Equação 3. Para a pesagem das aves e da ração foi utilizada uma balança eletrônica TECNAL®, (B-TEC-K 12), com capacidade de 12 kg e precisão de $\pm 0,1$ g.

$$CR = \frac{RF-S-D}{N} \quad \text{Eq (3)}$$

Onde:

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

RF: Ração fornecida, g;

S: Sobras no comedouro, g;

D: Desperdício, g;

N: Número de aves/repartição

b) Produção de ovos ($\text{n}^\circ\text{ovos.ave}^{-1}.\text{dia}^{-1}$): Medida a partir do número de ovos produzidos/dia em cada repartição das gaiolas, sendo determinada pela Equação 4.

$$PO = \frac{NO}{N} \quad \text{Eq (4)}$$

Onde:

PO: Produção de ovos ($n^{\circ}\text{ovos.ave}^{-1}.\text{dia}^{-1}$);

NO: Número de ovos/repartição

N: Número de aves/repartição

- c) Conversão alimentar ($\text{g.ovos}^{-1}.\text{dia}^{-1}$):** A conversão alimentar em cada repartição das gaiolas foi determinada pela relação entre o consumo de ração e a produção de ovos produzidos em cada período experimental, Equação 5.

$$CA = \frac{CR}{PO} \quad \text{Eq (5)}$$

Onde:

CA: Conversão alimentar ($\text{g.ovos}^{-1}.\text{dia}^{-1}$);

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

PO: Produção de ovos ($n^{\circ}\text{ovos.ave}^{-1}.\text{dia}^{-1}$);

- d) 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 em cada repartição das gaiolas, conforme a Equação 6.

$$TM = \left(\frac{M}{N} \right) \times 100 \quad \text{Eq (6)}$$

Onde:

TM: Taxa de mortalidade (%);

M: Animais mortos;

N: Número de animais/repartição.

3.10. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi constituído de dois fatores com quatro níveis por fator (Velocidade do ar: V0:V3 e Temperatura do ar: T1:T4). As aves foram dispostas em blocos casualizados, conforme descrito na Tabela 5.

A unidade experimental foi a repartição da gaiola, com três repetições por gaiola e duas gaiolas em cada câmara climática, totalizando seis repetições ($r = 6$).

Desta forma, os graus de liberdade (GL) para a velocidade do ar, temperatura do ar e interação entre os fatores foram 3, 3 e 9. Este delineamento proporcionou 80 graus de liberdade para o resíduo a ser utilizado no teste F, Tabela 5.

Tabela 5. Representação do delineamento experimental na tabela de Análise de Variância (ANOVA)

| FV | GL |
|-----------------|----|
| Velocidade (A) | 3 |
| Temperatura (B) | 3 |
| Interação A x B | 9 |
| Resíduo | 80 |
| Total | 95 |

FV.: Fonte de variação

Em cada câmara climática foi utilizado o mesmo nível de velocidade do ar ao longo do período experimental, e os tratamentos referentes à temperatura do ar foram aplicados na seguinte sequência, ao longo do tempo: 23, 17, 29, 35°C. Este procedimento foi adotado de modo que, o início do experimento ocorresse com a temperatura de conforto térmico, seguindo os arranjos na Tabela 6.

Tabela 6. Arranjo dos tratamentos nas câmaras climáticas

| Arranjo dos Tratamentos | | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| Velocidade do ar | Temperatura e Período | | | |
| | T2 - Controle | T1 - Frio Moderado | T3 - Calor Moderado | T4 - Calor Severo |
| | <i>Periodo 1</i> | <i>Periodo 2</i> | <i>Periodo 3</i> | <i>Periodo 4</i> |
| V0 - 0,0 m.s ⁻¹ : (Câmara 4 - Controle) | T2V0 | T1V0 | T3V0 | T4V0 |
| V1 - 1,0 m.s ⁻¹ : (Câmara 1) | T2V1 | T1V1 | T3V1 | T4V1 |
| V2 - 2,0 m.s ⁻¹ : (Câmara 2) | T2V2 | T1V2 | T3V2 | T4V2 |
| V3 - 3,0 m.s ⁻¹ : (Câmara 3) | T2V3 | T1V3 | T3V3 | T4V3 |
| Dias | 1-3 | 6-8 | 11-13 | 15-17 |

3.11. Análise estatística

Os dados de comportamento, as variáveis de desempenho zootécnico e as variáveis fisiológicas foram analisadas estatisticamente utilizando-se o programa

computacional Sigma Plot 12.0 (Systat Software, Inc., San Jose, CA, USA). Neste programa, foi selecionada a opção análise de variância “Two-Way ANOVA”, sendo agrupadas as médias dos tratamentos e utilizando o teste de Tukey ($P < 0,05$). Para avaliar os efeitos principais e as interações dos fatores, foi aplicado o teste de múltiplas comparações de Holm-Sidak, para que a análise dos valores médios fosse realizada com base no grupo controle (23°C e 0 m.s^{-1}).

Além das análises citadas anteriormente, foi utilizada a opção Análise de Regressão do programa computacional estatístico Sigma Plot 12.0 para avaliar os efeitos da velocidade e temperatura do ar na temperatura superficial da cabeça das aves.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do ambiente térmico e aéreo

Os valores de temperatura do ar (Tar) e umidade relativa (UR), assim como os respectivos valores de ITGU correspondentes aos diferentes ambientes térmicos avaliados estão apresentados na Tabela 7. A caracterização do ambiente térmico é de fundamental importância para melhor compreender os resultados obtidos, e auxiliar em uma correta conclusão a partir da análise dos dados.

Como pode-se observar na Tabela 7, os valores médios de Tar e UR estiveram próximos dos propostos na metodologia, com temperatura média do ar geralmente entre 0,1 - 0,8°C (período diurno) e 0,3 - 0,7°C (período noturno) em relação ao valor médio para os quatro tratamentos. A amplitude média foi de 0,4 - 2,0 °C (diurno) e 0,5 - 1,1°C (noturno). A umidade relativa variou de 69% e 73% e o ITGU aumentou com o aumento da temperatura do ar, de 65 para 86.

Tabela 7. Médias e desvio padrão dos valores de temperatura do ar (Tar, °C), umidade relativa do ar (UR, %) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), para cada tratamento avaliado

| Ambiente térmico | | | | |
|-------------------------|----------------|------------|------------|------------|
| Tratamento | Período (h) | Tar (°C) | UR (%) | ITGU |
| 17°C - Frio Moderado | (7:00 - 19:00) | 17,8 ± 1,3 | 72,6 ± 7,2 | 64,8 ± 1,7 |
| | (19:00 - 7:00) | 23,3 ± 0,7 | 71,8 ± 4,6 | 72,2 ± 0,9 |
| 23°C - Conforto Térmico | (7:00 - 19:00) | 23,4 ± 0,4 | 70,7 ± 4,1 | 72,1 ± 0,7 |
| | (19:00 - 7:00) | 23,7 ± 0,5 | 72,2 ± 3,8 | 72,8 ± 0,8 |
| 29°C - Calor Moderado | (7:00 - 19:00) | 29,1 ± 1,3 | 70,7 ± 4,7 | 79,3 ± 1,6 |
| | (19:00 - 7:00) | 23,7 ± 0,8 | 70,2 ± 9,4 | 72,3 ± 1,2 |
| 35°C - Calor Severo | (7:00 - 19:00) | 35,1 ± 2,0 | 69,4 ± 5,0 | 86,0 ± 2,4 |
| | (19:00 - 7:00) | 23,7 ± 1,1 | 69,4 ± 5,0 | 72,2 ± 1,4 |

Em princípio, os valores de ITGU estiveram críticos para as condições de temperatura de 17 e 35°C, o que pode comprometer o desempenho das codornas e influenciar o seu comportamento. Conforme Campos (2000), o limite ideal de ITGU para galinhas poedeiras encontra-se na faixa de 70 e 79. Castro (2014), trabalhando

com codornas japonesas em postura esubmetidas a diferentes ambientes térmicos obteve valores de ITGU próximos aos encontrados no presente trabalho, sendo 71, 77, 80 e 82, respectivamente para as temperaturas de 20; 28; 30 e 32°C.

É possível observar na Tabela 7 que o valor de ITGU referente à temperatura de 35°C (Calor severo), encontra-se fora do sugerido por Campos (2000). Amaral (2012) concluiu que codornas de corte apresentam tolerância a temperaturas do ar de até 30,9 e ITGU de 80,4. Estes resultados indicam que a temperatura de 35°C pode comprometer o comportamento e desempenho de codornas poedeiras. Castro (2014), em experimento com codornas japonesas, relata que o intervalo de conforto térmico, estabelecido com base no ITGU, encontra-se entre 67,3 a 77. O autor sugere que valores de ITGU fora desse intervalo devem ser entendidos como representativos de situação de “atenção”, sendo preocupantes para a produção de ovos de codorna e indicativos de ambientes estressantes por frio ou calor. Deve-se observar que os resultados de ITGU, dispostos na Tabela 7, referentes ao tratamento considerado de conforto térmico, estão dentro da faixa de conforto estabelecida como adequada por Castro (2014).

Os níveis de ruídos medidos correspondentes aos diferentes tratamentos avaliados estão apresentados na Tabela 8. Houve um aumento significativo dos níveis de ruídos com o aumento da velocidade ($P < 0,05$), variando em cerca de 56 a 73dB. Geralmente, ocorrem diferenças mínimas entre as distintas temperaturas na mesma velocidade, com exceção de duas combinações (23 °C e 0 m.s⁻¹; 35 °C e 1 m.s⁻¹). É necessário destacar que o aumento nos níveis de ruídos, deve-se também às maiores movimentações das aves, de acordo com o diário de registro dos diferentes níveis de velocidade do ar aplicados em cada tratamento.

Considerando o ambiente de produção avícola, o ruído elevado é prejudicial tanto para os animais quanto para os trabalhadores. De acordo com a NR 15 (BRASIL, 2004), é estabelecido o limite máximo permitido de 85dB no ambiente de trabalho. Desta forma, pode-se verificar na Tabela 8 que os valores obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido, permitindo inferir que os animais não foram expostos a níveis de ruídos estressantes, o que poderia prejudicar o desempenho produtivo das aves.

Tabela 8. Médias e desvio padrão dos níveis de ruídos (dB), correspondentes aos diferentes tratamentos avaliados

| Temperatura (°C) | Velocidade (m.s ⁻¹) | | | |
|------------------|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 17 | 56,4 ± 0,2 ^{A b} | 69,9 ± 0,9 ^{B b} | 70,7 ± 0,6 ^{B ns} | 73,1 ± 0,8 ^{C ns} |
| 23 | 54,8 ± 0,7 ^{A a} | 70,0 ± 0,4 ^{B b} | 71,4 ± 0,5 ^{C ns} | 73,2 ± 0,2 ^{D ns} |
| 29 | 56,1 ± 0,2 ^{A b} | 69,9 ± 0,4 ^{B b} | 71,5 ± 0,3 ^{C ns} | 73,4 ± 0,9 ^{C ns} |
| 35 | 56,1 ± 0,2 ^{A b} | 67,6 ± 0,6 ^{B a} | 72,0 ± 1,1 ^{C ns} | 74,3 ± 0,5 ^{C ns} |

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha e minúscula na coluna, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *ns, não significativo.

Na Tabela 9 estão dispostos os valores médios de concentração (ppm) do gás amônia para os tratamentos avaliados, constatando-se a ocorrência de valores mínimos. Com base nesta tabela, verifica-se que os diferentes tratamentos não promoveram diferenças quanto à concentração de amônia ($P > 0,05$), demonstrando que os valores de temperatura e velocidade do ar não influenciaram a concentração deste gás durante o período estudado. Vale ressaltar que, neste experimento, todos os dejetos foram removidos a cada 2 dias. Neste sentido, Sousa *et al.* (2013) também não encontraram concentrações elevadas de amônia em câmaras climáticas, quando os dejetos foram removidos diariamente, visando uma melhor qualidade do ar. Na criação de frangos de corte, o valor limite de amônia, de acordo com Lima *et al.* (2004) e Menegali *et al.* (2012), foi estabelecido como aproximadamente 20 ppm. Assim, os valores constatados na presente pesquisa estiveram abaixo do limite tolerável recomendado pelos autorer, não sendo suficientes para influenciar no desempenho humano e das aves.

Tabela 9. Médias e desvio padrão da concentração de amônia (NH₃) (ppm) para os tratamentos avaliados

| Temperatura (°C) | Velocidade (m.s ⁻¹) | | | |
|------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 17 | 3,0 ± 5,2 ^{ns} | 2,0 ± 3,5 ^{ns} | 2,0 ± 3,5 ^{ns} | 2,3 ± 4,0 ^{ns} |
| 23 | 1,3 ± 1,5 ^{ns} | 2,3 ± 2,1 ^{ns} | 1,0 ± 1,0 ^{ns} | 1,7 ± 1,5 ^{ns} |
| 29 | 1,7 ± 2,9 ^{ns} | 2,0 ± 3,5 ^{ns} | 1,3 ± 2,3 ^{ns} | 1,7 ± 2,9 ^{ns} |
| 35 | 0,3 ± 0,6 ^{ns} | 2,0 ± 1,7 ^{ns} | 1,0 ± 1,7 ^{ns} | 2,3 ± 2,1 ^{ns} |

*ns, não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2. Comportamento animal

De forma geral, não houve grande variação do comportamento das codornas nos diferentes dias de observação. A frequência dos comportamentos referentes aos dias e períodos observados estão apresentadas no Apêndice 2, item 7.2. Em decorrência disso, os resultados comportamentais foram agrupados e avaliados por período (dias 1, 2 e 3).

Os dados correspondentes a análise de variância da avaliação do efeito da temperatura e velocidade do ar sobre os diferentes padrões comportamentais constatados durante a realização do experimento encontram-se na Tabela 10. Pelos resultados da análise de variância, todos os comportamentos observados apresentaram diferença estatística significativa nas distintas temperaturas; e todos os comportamentos, exceto “beber” e “abrir asas/arrepiar”, revelaram diferença estatística significativa para os níveis de velocidade do ar ($P < 0,05$). Além disso, as interações dos fatores, com exceção de comportamento “beber” e “outros”, foram significativas. Pode-se notar também que todos os padrões comportamentais (comer; beber; abrir asas/arrepiar; parar e outros) proporcionaram diferenças estatísticas significativas ($P < 0,001$) para o fator de temperatura do ar.

Os dados médios do número de codornas que expressaram os padrões comportamentais nas diferentes temperaturas utilizadas, com relação aos níveis de velocidade do ar, estão representados na Figura 17.

Observa-se, pelos dados dispostos na Figura 17, que, na temperatura de 17°C, o maior número de codornas tendeu a expressar o comportamento “parar” (> 4 aves vs 1,2 - 2,2 para as demais temperaturas), mostrando grande efeito das variáveis térmicas ambientais sobre a expressão dos padrões comportamentais. Esse resultado “aves permanecendo paradas” é reflexo direto do desconforto pelo frio e, possivelmente, a redução do consumo de ração. Constata-se também o maior número de animais expressando o padrão comportamental “outros” sob elevadas temperaturas de 29 e 35°C (aproximadamente 4 aves vs 2-3 aves), indicando que altos valores dessa variável podem promover a agitação das codornas. Portanto, a exposição das aves a ambientes com altas temperaturas gera respostas comportamentais que impõem consequências prejudiciais para a produtividade.

Tabela 10. Análise de variância (quadrados médios e probabilidade P) do efeito da temperatura e velocidade do ar sobre os diferentes padrões comportamentais: comer; beber; ficar parado; abrir asas/arrepiar e outros durante a avaliação experimental

| F.V ⁺ | Comer | | Beber | | Abrir Asas/arrepiar | | Parar | | Outros | |
|---------------------------------|--------|---------|--------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|---------|---------|---------------------|
| | QM | P | QM | P | QM | P | QM | P | QM | P |
| <i>Temperatura</i> | 18,968 | <0,001* | 17,679 | <0,001* | 37,885 | <0,001* | 373,14 | <0,001* | 134,631 | <0,001* |
| <i>Velocidade</i> | 2,179 | <0,001* | 0,0495 | 0,802 ^{ns} | 1,031 | 0,008 ^{ns} | 7,096 | <0,001* | 4,27 | <0,001* |
| <i>Temperatura x Velocidade</i> | 2,146 | <0,001* | 0,354 | 0,012 ^{ns} | 1,866 | <0,001* | 3,192 | <0,001* | 0,287 | 0,760 ^{ns} |

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

⁺F.V.: fonte de variação

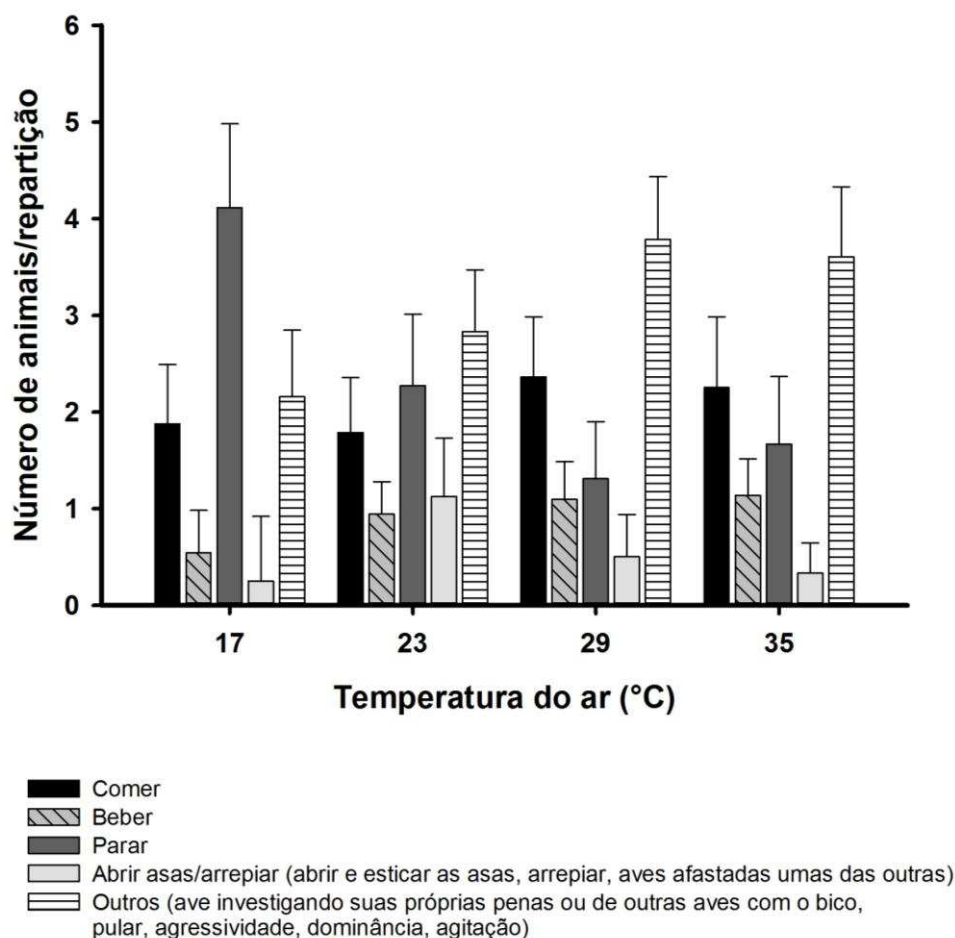


Figura 17. Padrão comportamental das codornas (médias e desvio padrão) sob diferentes valores de temperatura do ar, considerando todas as velocidades do ar avaliadas ao longo do período experimental.

No entanto, a nossa compreensão dos mecanismos básicos, associados ao efeito relatado, bem como relacionados ao comportamento e bem-estar das aves sob condições de estresse de calor, são escassos.

Os dados médios do número de codornas que expressaram os padrões comportamentais, sob diferentes valores de velocidade do ar e considerando-se todas as temperaturas do ar, estão representados na Figura 18. Pode-se verificar que a velocidade do ar influenciou os comportamentos dos animais. Entretanto, como indicado pela análise de variância na Tabela 10, a velocidade do ar não influenciou os comportamentos “beber” e “abrir asas/arrepiar”. Nota-se que as codornas apresentaram tendência a permanecer paradas no tratamento controle, com velocidade do ar de $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, e maior número de animais expressaram o padrão comportamental “outros” em velocidades mais elevadas.

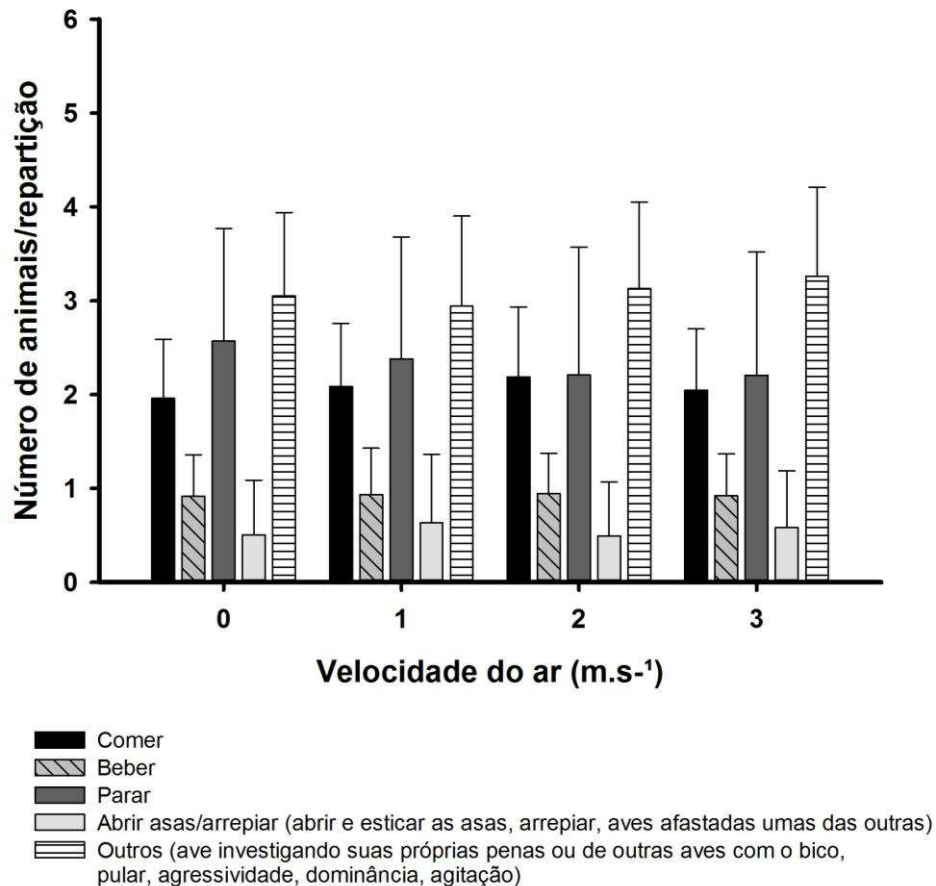


Figura 18. Padrão comportamental das codornas (médias e desvio padrão) sob diferentes valores de velocidade do ar, considerando todas as temperaturas do ar avaliadas ao longo do período experimental.

4.2.1. Comer

Os resultados relativos ao número médio de animais que expressaram o padrão comportamental “comer” encontram-se apresentados na Tabela 11.

Verifica-se que as diferentes temperaturas e velocidades do ar experimentais foram capazes de influenciar na expressão do padrão comportamental “comer”, Tabela 11. Verifica-se que o número médio de animais expressando o padrão comportamental “comer” foi menor em temperaturas mais baixas, revelando efeito significativo ($P < 0,05$) das temperaturas de 17 e 23°C, e das temperaturas de 29 e 35°C. As temperaturas do ar de 17 e 23°C, não diferiram estatisticamente entre si ($P > 0,05$), assim como as temperaturas de 29 e 35°C. Isso leva a inferir que as aves foram estimuladas a consumir mais alimento nestas condições térmicas ambientais. Contudo, Payne (1967) verificou que, sob condições de estresse térmico, ocorre queda na

ingestão alimentar e, assim, neste caso, não se pode verificar essa afirmação para a expressão do comportamento “comer”. É importante ressaltar que a observação deste comportamento não indica necessariamente a ingestão de alimento, mas, em vez disso, simplesmente presença no comedouro.

Tabela 11. Números médios de animais expressando o padrão comportamental COMER para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura)

| Temperatura (°C) | Velocidade (m.s ⁻¹) | | | | Média |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| 17 | 2,0 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 ± 0,1 ^a |
| 23 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,8 ± 0,1 ^a |
| 29 | 2,2 | 2,4 | 2,6 | 2,3 | 2,4 ± 0,2 ^b |
| 35 | 1,8 | 2,3 | 2,6 | 2,4 | 2,3 ± 0,3 ^b |
| Média | 2,0 ± 0,1 ^A | 2,1 ± 0,3 ^{AB} | 2,2 ± 0,5 ^B | 2,0 ± 0,3 ^{AB} | |

*Médias e desvio padrão seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha (médias de velocidade) e minúscula na coluna (médias de temperatura), pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Erro padrão dos quadrados mínimos para temperatura e velocidade = 0,04

Erro padrão dos quadrados mínimos para a interação= 0,08

Com relação ao efeito da velocidade do ar, observa-se que não houve efeito significativo entre os tratamentos com 0, 1 e 3 m.s⁻¹, tomando-se como base o número médio de animais expressando este comportamento (P>0,05).

De acordo com os valores médios apresentados, pôde-se verificar que a expressão do comportamento “comer” aumentou significativamente com o aumento da temperatura do ar e que a elevação da velocidade do ar não foi capaz de influenciar nessa expressão comportamental. Sousa *et al.* (2014) relataram que a presença de codornas japonesas em fase de postura no comedouro apresentou diferenças entre as temperaturas estabelecidas, com menor porcentagem para a temperatura 22°C (16,6%) e a maior para a de 28°C (27,7%).

Na Tabela 12, encontram-se os resultados das interações entre a temperatura e a velocidade do ar. Para os efeitos principais, a diferença entre médias (DM) foi estatisticamente significativa (P<0,05) nas temperaturas de 29 e 35°C (0,6; 0,5 n° de animais maior que o tratamento controle, respectivamente) e a DM nas velocidades de 1 e 2 m.s⁻¹ (0,1 e 0,2 n° de animais maior que o controle, respectivamente) (P<0,05).

Estes resultados demonstram que o número de animais expressando o padrão comportamental comer foi maior com o aumento da temperatura do ar e sob baixos valores de velocidade do ar. Portanto, estes resultados indicam que, quando as aves foram submetidas a níveis elevados de velocidade do ar, a expressão do comportamento “comer” foi similar ao tratamento controle.

Tabela 12. Diferença entre médias (DM) do padrão comportamental COMER para os efeitos principais e interações dos tratamentos

| Efeitos Principais | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura (°C) | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| DM | 0,1 | 0,6* | 0,5* |
| Velocidade (m.s⁻¹) | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| DM | 0,1* | 0,2* | 0,1 |
| Interações | | | |
| Velocidade dentro da temperatura do ar | | | |
| Níveis | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| <i>17</i> | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| <i>23</i> | 0,03 | 0,01 | 0,1 |
| <i>29</i> | 0,2 | 0,3* | 0,04 |
| <i>35</i> | 0,5* | 0,8* | 0,6* |
| Temperatura dentro da velocidade do ar | | | |
| Níveis | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| <i>0</i> | 0,2 | 0,4* | 0,02 |
| <i>1</i> | 0,05 | 0,6* | 0,4* |
| <i>2</i> | 0,03 | 0,8* | 0,8* |
| <i>3</i> | 0,2 | 0,6* | 0,7* |

*Diferença estatística significativa (P<0,05).

Múltiplas comparações x Grupo controle (23°C e 0 m.s⁻¹) pelo teste de Holm-Sidak.

O valor de DM foi significativamente maior (P<0,05), sob elevadas temperaturas do ar para a velocidade de 2 m.s⁻¹ seguida de 3 m.s⁻¹. Nota-se ainda que, em todos os níveis de velocidade do ar, referentes à temperatura de 17°C, não houve diferença estatística significativa (P>0,05) dos tratamentos com relação ao ambiente térmico designado como o de controle.

De acordo com Barbosa Filho *et al.* (2007), o horário de avaliação tem bastante influência na expressão dos comportamentos das aves, sendo que todos os animais seguem um biorritmo devido ao comportamento biológico, que está ligado, principalmente, ao aspecto do fotoperíodo. É necessário considerar a influência do período de avaliação (manhã e tarde) na expressão dos comportamentos, já que, no período da manhã, as aves passam mais tempo no comedouro (SILVA *et al.*, 2006). Entretanto, a maioria dos comportamentos não apresentaram diferenças quanto ao período de avaliação e, diante disso, as análises dos dados foram feitas pela expressão do comportamento ao longo do dia.

4.2.2. Beber

Os resultados referentes ao número médio de animais que expressaram o padrão comportamental “beber” foram dispostos na Tabela 13. Verifica-se, por meio dos dados apresentados, que apenas o fator temperatura do ar foi capaz de influenciar estatisticamente a expressão desse padrão ($P < 0,05$). Assim, como esperado, ocorreu aumento significativo na expressão desse comportamento com o aumento da temperatura do ar ($P < 0,05$). Entretanto, as codornas demonstraram o mesmo resultado nas temperaturas de 29 e 35°C, não diferindo estatisticamente entre si ($P > 0,05$). Em todas as velocidades do ar, houve um maior número de aves expressando o padrão comportamental “beber” com o aumento de temperatura.

Tabela 13. Números médios de animais expressando o padrão comportamental BEBER para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura)

| Temperatura (°C) | Velocidade (m.s ⁻¹) | | | | Média |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| 17 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,5 ± 0,1 ^a |
| 23 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,9 ± 0,1 ^b |
| 29 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 ± 0,0 ^c |
| 35 | 1,2 | 1,0 | 1,2 | 1,1 | 1,1 ± 0,1 ^c |
| Média | 0,9 ± 0,3 ^{ns} | 0,9 ± 0,2 ^{ns} | 0,9 ± 0,3 ^{ns} | 0,9 ± 0,3 ^{ns} | |

*Médias e desvio padrão seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha (médias de velocidade) e minúscula na coluna (médias de temperatura), pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Erro padrão dos quadrados mínimos para temperatura e velocidade = 0,02

Erro padrão dos quadrados mínimos para a interação = 0,05

O comportamento de maior procura do bebedouro pelas aves indica maior estresse por calor em condições de elevadas temperaturas. Neste sentido, de acordo com Barbosa Filho *et al.* (2007) e Castro *et al.* (2013), uma das características da situação de estresse apresentada pelas aves é o aumento na expressão do padrão comportamental beber água. Lara e Rostagno (2013) afirmam que as aves são sensíveis aos desafios ambientais associados à temperatura do ar, especialmente quando submetidas ao estresse por calor, buscando frequentemente maior ingestão de água.

Observa-se, ainda, que a velocidade do ar não interferiu no comportamento das aves, sem diferença estatística significativa para o comportamento “beber” ($P > 0,05$), nos diferentes níveis avaliados. Este fato revela que a velocidade do ar não teve a capacidade de alterar este comportamento, independente da temperatura do ar avaliada (Tabela 13). Entretanto, Ruzal *et al.* (2011) relataram que, sob temperaturas elevadas, quanto maior a taxa de ventilação maior o consumo de água, diferente do encontrado no presente trabalho. Bottcher *et al.* (1995) reportaram que altos valores de velocidade do ar podem causar perturbações às aves. Uma possível explicação para esse resultado pode estar relacionada à utilização de apenas um bebedouro para as codornas em cada repartição.

Na Tabela 14 foram apresentados os resultados, referentes às comparações múltiplas versus o grupo controle, para avaliação da diferença entre médias (DM) do número médio de animais expressando o comportamento “beber”. As aves foram submetidas a combinações de valores distintos de temperatura e velocidade do ar, considerando 23°C e 0 m.s^{-1} como o tratamento controle.

De forma geral, com base nos efeitos principais, foram verificadas diferenças significativas nos padrões comportamentais das codornas poedeiras, para diferentes temperaturas ($P < 0,05$). As DMs para os valores de 17, 29 e 35°C , foram, respectivamente, 0,4; 0,2 e 0,2. Estes resultados foram maiores e estatisticamente significativos ($P < 0,05$) que o tratamento controle, sendo este comportamento mais expressivo na temperatura de 17°C . Para os níveis de velocidade do ar, as DMs não diferiram estatisticamente do tratamento controle ($P > 0,05$), mostrando que, neste caso, a velocidade do ar não foi capaz de promover modificações no padrão comportamental “beber”.

Tabela 14. Diferença entre médias (DM) do padrão comportamental BEBER para os efeitos principais e interações dos tratamentos

| Efeitos Principais | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura (°C) | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| DM | 0,4* | 0,2* | 0,2* |

| Velocidade (m.s⁻¹) | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|
| DM | 0,02 | 0,03 | 0,006 |

| Interações | | | |
|---|----------|----------|----------|
| Velocidade dentro da temperatura do ar | | | |
| Níveis | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| <i>17</i> | 0,2* | 0,2 | 0,1 |
| <i>23</i> | 0,04 | 0,01 | 0,01 |
| <i>29</i> | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| <i>35</i> | 0,2* | 0,1 | 0,1 |

| Temperatura dentro da velocidade do ar | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Níveis | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| <i>0</i> | 0,5* | 0,2* | 0,3* |
| <i>1</i> | 0,3* | 0,1 | 0,04 |
| <i>2</i> | 0,4* | 0,2* | 0,2* |
| <i>3</i> | 0,5* | 0,2* | 0,2* |

*Diferença estatística significativa (P<0,05).

Múltiplas comparações x Grupo controle (23°C e 0 m.s⁻¹) pelo teste de Holm-Sidak.

Quando observam-se as comparações das DMs nas interações, a Tabela 14 indica que, a DM foi maior quando as temperaturas de 17 e 35°C estiveram associadas à velocidade do ar 1 m.s⁻¹, sendo a influência significativa (P<0,05) apenas nestes casos. Para os níveis de velocidade, a DM foi significativamente maior nas temperaturas de 17, 29 e 35°C. Entretanto, não foram verificadas diferenças estatísticas na velocidade do ar de 1 m.s⁻¹ a 29 e 35°C (P<0,05).

4.2.3. Parar

Os resultados relativos ao número médio de animais que expressaram o padrão comportamental “parar” encontram-se organizados na Tabela 15. Observou-se diferença estatística significativa ($P < 0,05$), com redução da expressão desse comportamento à medida que ocorre o aumento da temperatura ambiente. O fator temperatura foi incisivamente capaz de modificar a expressão do comportamento “parar”, apresentando maior número de aves expressando este comportamento na temperatura de 17°C, seguida de 23°C. Presume-se que, uma das causas que pode ter contribuído para esse resultado tenha sido atribuída a condição de estresse pelo frio a qual as aves foram submetidas. Assim, a temperatura em questão esteve fora da zona de termoneutralidade para codornas de postura, influenciando diretamente no seu comportamento.

Tabela 15. Números médios de animais expressando o padrão comportamental PARAR para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura)

| Temperatura (°C) | Velocidade (m.s ⁻¹) | | | | Média |
|---------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| 17 | 4,2 | 4,0 | 4,1 | 4,0 | 4,1 ± 0,1 ^d |
| 23 | 2,2 | 2,4 | 2,1 | 2,4 | 2,3 ± 0,2 ^c |
| 29 | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,3 ± 0,2 ^b |
| 35 | 2,3 | 1,7 | 1,4 | 1,3 | 1,7 ± 0,5 ^a |
| Média | 2,6 ± 1,1 ^C | 2,4 ± 1,2 ^B | 2,2 ± 1,3 ^A | 2,2 ± 1,3 ^A | |

*Médias e desvio padrão seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha (médias de velocidade) e minúscula na coluna (médias de temperatura), pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Erro padrão dos quadrados mínimos para temperatura e velocidade = 0,05

Erro padrão dos quadrados mínimos para a interação = 0,09

De acordo com Pereira *et al.* (2015), os padrões comportamentais sofrem a influência do ambiente térmico ao qual a ave está submetida. Castro (2014), trabalhando com codornas japonesas em postura, submetidas a diferentes ambientes térmicos (20; 22; 34; 26°C), observou comportamento semelhante, com indícios de desconforto por frio na temperatura de 20°C.

Para a velocidade do ar, o tratamento controle foi o que apresentou maior número de aves realizando este comportamento, sendo estatisticamente maior que as

demais velocidades do ar ($P < 0,05$). Entretanto, a velocidade de 2 e 3 m.s^{-1} foram iguais, não diferindo entre si ($P > 0,05$). Isso indica que o maior nível de velocidade do ar não fez com que mais aves ficassem paradas, mostrando um resultado de comportamento diferente do esperado, que possivelmente seria o de que, quando submetidas a baixas temperaturas associadas a elevados níveis de velocidade do ar, maior número de codornas expressassem o comportamento “parar”. Entretanto, Furtado *et al.* (2011), avaliando índices bioclimáticos e produtivos em galinhas poedeiras, encontraram valores bastante elevados de velocidade do ar acima de 6 m.s^{-1} , que resultaram em uma condição de desconforto térmico aos animais, influenciando, conseqüentemente, no desempenho produtivo.

Os resultados referentes às comparações múltiplas versus o grupo controle para avaliação da diferença entre médias (DM) do número médio de animais expressando o comportamento “parar” podem ser encontradas na Tabela 16. As codornas foram mantidas em combinações de distintas de temperatura e velocidade do ar, sendo 23°C e 0 m.s^{-1} o tratamento controle. Considerando os valores médios apresentados para comparar os efeitos principais desses fatores, verifica-se que o número médio de animais expressando esse estado diminuiu significativamente ($P < 0,05$) à medida que a temperatura aumentou em relação ao tratamento controle. Por outro lado, na temperatura do ar de 17°C, a diferença entre médias foi de 1,8 animais em relação ao tratamento controle de 23°C. No que diz respeito aos efeitos principais das comparações de DM nas velocidades do ar, observa-se que o aumento da velocidade fez com que o comportamento “parar” apresentasse diferenças estatísticas significativas entre o tratamento controle 0 m.s^{-1} , ($P < 0,05$).

Rodrigues (2006) avaliou o comportamento de poedeiras em condições de conforto térmico e estresse por calor. O autor constatou que as aves passaram mais tempo “investigando as penas” no período da tarde, quando submetidas ao conforto, e ainda que estas permanecem mais tempo expressando o padrão comportamental “parar” na condição de conforto do que em condições de estresse pelo calor. Campos (2000) cita que, quanto mais elevada a temperatura menor a atividade física das aves. Entretanto, na Tabela 16, pode-se observar que o padrão comportamental “parar” foi maior quando as aves foram submetidas a baixa temperatura (17°C).

Tabela 16. Diferença entre médias (DM) do padrão comportamental PARAR para os efeitos principais e interações dos tratamentos

| Efeitos Principais | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura (°C) | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| DM | 1,8* | 1,0* | 0,6* |
| Velocidade (m.s⁻¹) | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| DM | 0,2* | 0,4* | 0,4* |
| Interações | | | |
| Velocidade dentro da temperatura do ar | | | |
| Níveis | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| <i>17</i> | 0,3 | 0,1 | 0,2 |
| <i>23</i> | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| <i>29</i> | 0,2 | 0,4* | 0,5* |
| <i>35</i> | 0,5* | 0,9* | 1,0* |
| Temperatura dentro da velocidade do ar | | | |
| Níveis | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| <i>0</i> | 2,1* | 0,6* | 0,1 |
| <i>1</i> | 1,6* | 1,0* | 0,7* |
| <i>2</i> | 2,1* | 1,0* | 0,8* |
| <i>3</i> | 1,7* | 1,3* | 1,1* |

*Diferença estatística significativa (P<0,05).

Múltiplas comparações x Grupo controle (23°C e 0 m.s⁻¹) pelo teste de Holm-Sidak.

Para as comparações das diferenças entre médias em distintos níveis das interações, a Tabela 16 indica que a DM foi significativamente maior apenas nas temperaturas de 29 e 35°C. Na temperatura de 29°C, as velocidades 2 e 3 m.s⁻¹ diferiram estatisticamente do tratamento controle (P<0,05). Já na temperatura de 35°C, as velocidades de 1, 2 e 3 m.s⁻¹ diferiram do tratamento controle (P<0,05). Para o fator velocidade do ar, a DM foi significativamente maior em todos os níveis, exceto na combinação de temperatura de 35°C e velocidade de 0 m.s⁻¹, que não diferiu do tratamento controle (P>0,05).

Estudando o comportamento e bem-estar de aves, Silva *et al.* (2006) verificaram que, na condição de estresse térmico, os comportamentos detectados com maior frequência, principalmente no período da tarde, foram os de sentar, ficar parado

e beber água, característicos de aves sob condições de estresse. Pereira *et al.* (2015) ao avaliar o comportamento das aves considerando os diferentes períodos observaram que de manhã as aves permaneceram mais tempo sentadas ou paradas para o comportamento de postura.

4.2.4. Abrir asas/arrepiar

Os resultados referentes ao número médio de animais que expressaram o padrão comportamental “abrir asas/arrepiar” estão apresentados na Tabela 17. Verifica-se o menor número de aves realizando o comportamento “abrir asas/arrepiar” nas temperaturas de 17 e 35°C, não apresentando diferença estatística significativa entre si ($P > 0,05$).

De forma geral, o padrão comportamental “abrir asas/arrepiar” foi estatisticamente maior para a temperatura de 23°C, com valor médio de 1,1 aves, considerando todos os níveis de velocidade do ar ($P < 0,05$). Com base nesse resultado, pode-se inferir que este padrão comportamental remete ao estado de conforto térmico em que as aves se encontram.

Tabela 17. Números médios de animais expressando o padrão comportamental ABRIR ASAS/ARREPIAR para avaliar o efeito da temperatura do ar (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura)

| Temperatura (°C) | Velocidade (m.s ⁻¹) | | | | Média |
|---------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| 17 | 0,2 | 0,6 | 0,1 | 0,1 | 0,3 ± 0,2 ^a |
| 23 | 1,2 | 1,0 | 1,2 | 1,1 | 1,1 ± 0,1 ^b |
| 29 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,8 | 0,5 ± 0,2 ^c |
| 35 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,3 ± 0,1 ^a |
| Média | 0,5 ± 0,5 ^A | 0,7 ± 0,2 ^B | 0,5 ± 0,5 ^A | 0,6 ± 0,5 ^{AB} | |

*Médias e desvio padrão seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha (médias de velocidade) e minúscula na coluna (médias de temperatura), pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Erro padrão dos quadrados mínimos para temperatura e velocidade = 0,03

Erro padrão dos quadrados mínimos para a interação = 0,07

De acordo com Medeiros *et al.* (2005) e Pereira *et al.* (2005), o padrão comportamental “abrir asas” normalmente tende a ser normal, contudo, quando

associado a altas temperaturas como de 32 a 36°C (ITGU 78 a 88), este atua para possibilitar a dissipação de calor. Apesar disso, a temperatura de 17°C não diferiu estatisticamente da temperatura do ar de 35°C ($P>0,05$), ambos com 0,3 aves, em comparação aos valores de 0,5 (29 °C) e 1,1 aves (23 °C).

Utilizando os valores médios de comportamento na análise do efeito da velocidade do ar, não houve diferença estatística significativa entre as velocidades de 0, 2 e 3 m.s⁻¹ ($P>0,05$). Os maiores valores foram observados para o nível de 1 m.s⁻¹, entretanto não houve diferença significativa com relação a 3 m.s⁻¹ ($P>0,05$). Pereira *et al.* (2005) encontraram resultados similares no comportamento das aves que foram estudadas sob a condição térmica de estresse por frio (13°C e UR = 75%), relatando que estas arrepiam mais as penas nesta situação. Alves (2006) afirma que quando as aves estão em desconforto térmico, resultante de ambientes acima da zona de termoneutralidade, o comportamento de abrir asas é reduzido.

Na Tabela 18 estão dispostos os resultados relativos às comparações múltiplas versus o grupo controle, para avaliação da diferença entre médias (DM) do número médio de animais que expressaram o comportamento “abrir asas/arrepiar”. As aves foram submetidas a combinações de distintos valores de temperatura e velocidade do ar, considerando 23°C e 0 m.s⁻¹ como o tratamento controle. Para comparar a influência das interações entre esses fatores em relação aos efeitos principais, a DM revelou diferença estatística significativa de todas as temperaturas com relação ao tratamento controle, sendo que o nível de 17°C foi 0,9 aves maior que o controle ($P<0,05$).

A DM no fator velocidade do ar apresentou diferença estatística ($P<0,05$) apenas para o nível de 1,0 m.s⁻¹, sendo que os níveis de 2 e 3 m.s⁻¹ foram iguais ao tratamento controle ($P>0,05$). Estes resultados mostram que a temperatura do ar possui grande influência sobre o comportamento “abrindo asas/arrepiar” e que a velocidade do ar teve pouca influência sobre este comportamento, fazendo com que maior número de aves expressasse este comportamento apenas na velocidade do ar de 1 m.s⁻¹.

Para as comparações das diferenças entre médias em distintos níveis das interações, a DM só foi maior nas temperaturas 17 e 23 °C a 1 m.s⁻¹ e 29 °C a 3 m.s⁻¹ (Tabela 18). Este resultado revela que, em menores temperaturas ou quando associadas a níveis elevados de velocidade do ar, as aves apresentam tendência de expressar o comportamento “abrir asas/arrepiar”.

Tabela 18. Diferença entre médias (DM) do padrão comportamental ABRIR ASAS/ARREPIAR para os efeitos principais e interações dos tratamentos

| Efeitos Principais | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura (°C) | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| DM | 0,9* | 0,6* | 0,8* |
| Velocidade (m.s⁻¹) | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| DM | 0,1* | 0,01 | 0,1 |
| Interações | | | |
| Velocidade dentro da temperatura do ar | | | |
| Níveis | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| <i>17</i> | 0,4* | 0,1 | 0,1 |
| <i>23</i> | 0,2* | 0,02 | 0,1 |
| <i>29</i> | 0,2 | 0,08 | 0,5* |
| <i>35</i> | 0,2 | 0,04 | 0,01 |
| Temperatura dentro da velocidade do ar | | | |
| Níveis | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| <i>0</i> | 1,0* | 0,9* | 0,9* |
| <i>1</i> | 0,4* | 0,5* | 0,5* |
| <i>2</i> | 1,1* | 0,9* | 0,9* |
| <i>3</i> | 1,0* | 0,9* | 0,8* |

*Diferença estatística significativa (P<0,05).

Múltiplas comparações x Grupo controle (23°C e 0 m.s⁻¹) pelo teste de Holm-Sidak.

De outra forma, para o fator velocidade do ar, a DM foi significativamente maior em todos os níveis (P<0,05), apresentando grande efeito da velocidade em relação ao tratamento controle.

Medeiros *et al.* (2005) afirmaram que, com a presença de ventilação, o estresse térmico é exarcebado, uma vez que ocorre a aceleração na dissipação do calor corporal, o que leva a uma sensação de frio cada vez mais intenso. Deve ser mencionado, ainda, que a faixa de velocidade do ar entre 1,5 e 3,0 m.s⁻¹ é ótima para que as aves tenham um bom desempenho sob condições muito quentes (AL-DAWOOD e BÜSCHER, 2014.) Entretanto, de acordo com Yahav *et al.* (2004), a velocidade do ar de 1,5 a 2

m.s⁻¹ é ideal para o desempenho ótimo das aves sob condições de muito calor. De acordo com Drury e Siegel (1966), valores de velocidade do ar superiores àqueles normalmente utilizados permitem aos frangos tolerarem o aumento da temperatura para 40°C. Este fato pode estar associado à recuperação das aves sobreviventes com o decréscimo da temperatura.

4.2.5. Outros

Os resultados pertinentes ao número médio de codornas que expressaram o padrão comportamental “outros” foram dispostos na Tabela 19. Os resultados indicam que os níveis experimentais de velocidade do ar e temperaturas do ar influenciaram significativamente o comportamento das aves, (P<0,05). Este padrão incorporou os comportamentos investigando penas, pulando, sendo agressivas e estando agitadas. Considerando a velocidade do ar, houve aumento do número médio de aves expressando este comportamento, com o aumento da temperatura ambiente (P<0,05). No início do estresse pelo calor, os animais, em geral, ficam mais agitados, podendo estar relacionado ao predomínio desse comportamento em temperaturas elevadas.

Tabela 19. Números médios de animais expressando o padrão comportamental OUTROS para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura)

| Temperatura (°C) | Velocidade (m.s ⁻¹) | | | | Média |
|---------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| 17 | 2,1 | 1,9 | 2,2 | 2,3 | 2,1 ± 0,2 ^a |
| 23 | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 2,8 ± 0,1 ^b |
| 29 | 3,7 | 3,5 | 3,8 | 3,9 | 3,8 ± 0,2 ^d |
| 35 | 3,5 | 3,5 | 3,6 | 3,8 | 3,6 ± 0,1 ^c |
| Média | 3,0 ± 0,7 ^{AC} | 2,9 ± 0,8 ^A | 3,1 ± 0,7 ^{BC} | 3,2 ± 0,8 ^B | |

*Médias e desvio padrão seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha (médias de velocidade) e minúscula na coluna (médias de temperatura), pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Erro padrão dos quadrados mínimos para temperatura e velocidade = 0,04

Erro padrão dos quadrados mínimos para a interação= 0,09

Observa-se ainda que, de forma similar, houve intensificação do número médio de aves expressando este comportamento, com o aumento da velocidade do ar. Esse

fato é relatado por Medeiros *et al.* (2005), que constataram que, nos ambientes considerados quentes (ITGU de 78 a 88), ocorre intensificação do estresse térmico com a elevação da temperatura do ar de 26 para 36°C e da umidade relativa de 34 para 76%, e redução da velocidade do ar de 2,4 para 0,6 m.s⁻¹.

Por meio da Tabela 20, observam-se os resultados referentes às comparações múltiplas versus o grupo controle para avaliação da diferença entre médias do número médio de animais que expressaram o comportamento “outros”. As codornas foram submetidas a combinações de distintos valores de temperatura e velocidade do ar, considerando 23°C e 0 m.s⁻¹ como o tratamento controle.

Tabela 20. Diferença entre médias (DM) do padrão comportamental OUTROS para os efeitos principais e interações dos tratamentos

| Efeitos Principais | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura (°C) | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| DM | 0,7* | 1,0* | 0,8* |
| Velocidade (m.s⁻¹) | 1 | 2 | 3 |
| DM | 0,1 | 0,1 | 0,2* |
| Interações | | | |
| Velocidade dentro da temperatura do ar | | | |
| Níveis | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| <i>17</i> | 0,2 | 0,04 | 0,2 |
| <i>23</i> | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| <i>29</i> | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| <i>35</i> | 0,1 | 0,2 | 0,4* |
| Temperatura dentro da velocidade do ar | | | |
| Níveis | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| <i>0</i> | 0,7* | 0,9* | 0,6* |
| <i>1</i> | 0,7* | 0,9* | 0,8* |
| <i>2</i> | 0,7* | 1,0* | 0,7* |
| <i>3</i> | 0,6* | 1,0* | 0,9* |

*Diferença estatística significativa (P<0,05).

Múltiplas comparações x Grupo controle (23°C e 0 m.s⁻¹) pelo teste de Holm-Sidak.

Os resultados também revelaram a influência de interações da temperatura e velocidade do ar no padrão comportamental “outros”. Para os efeitos principais, a diferença entre médias foi estatisticamente significativa ($P < 0,05$) em todas as temperaturas 17, 29 e 35°C (0,7; 1,0 e 0,8 n° médio de aves maior que o controle, respectivamente) e apenas na velocidade de 3 m.s⁻¹ ocorreu aumento significativo ($P < 0,05$). Estes resultados demonstram que, com base nos efeitos principais, o número de animais que expressaram o comportamento “outros” aumentou com a intensificação da velocidade do ar em relação ao tratamento controle, levando, possivelmente, a maior agitação das aves.

Nas comparações das diferenças entre médias em distintos níveis de interações, a Tabela 20 indica que, a DM foi maior apenas na temperatura de 35°C, com o valor máximo de DM em 3 m.s⁻¹, sendo a interação significativa ($P > 0,05$). Esse resultado mostra que a velocidade do ar não fez com que as aves apresentassem diferenças comportamentais nas demais temperaturas. De forma similar ao comportamento “abrir asas/arrepiar”, no padrão comportamental “outros”, a DM foi significativamente, maior em todos os níveis de velocidade do ar ($P < 0,05$), apresentando grande efeito desse fator em relação a DM quando comparando as temperaturas com o tratamento controle.

4.3. Variáveis de desempenho zootécnico

Na Tabela 21, encontram-se os resultados da análise de variância dos parâmetros de desempenho zootécnico para o estudo dos efeitos da temperatura e da velocidade do ar sobre o consumo de ração (CR, g.ave⁻¹.dia⁻¹), produção de ovos (PO, n°ovos.ave⁻¹.dia⁻¹) e conversão alimentar (CA, g.n°ovos⁻¹.dia⁻¹). A partir dos resultados da análise de variância da Tabela 21, observa-se que para o consumo de ração houve diferença estatística significativa nas diferentes temperaturas, velocidades do ar e interação dos fatores avaliados ($P < 0,001$). Não houve influência estatística significativa da interação para a produção de ovos e conversão alimentar ($P > 0,05$). Para a conversão alimentar houve diferença significativa apenas para a temperatura do ar ($P < 0,05$).

Tabela 21. Análise de variância (quadrados médios e probabilidade P) do efeito da temperatura e velocidade do ar sobre as variáveis de desempenho zootécnico: o consumo de ração (CR, g.ave⁻¹.dia⁻¹), produção de ovos (PO, n°ovos.ave⁻¹.dia⁻¹) e conversão alimentar (CA, g.n°ovos⁻¹.dia⁻¹)

| F.V ⁺ | CR | | PO | | CA | |
|------------------|--------|---------|--------|---------------------|---------|---------------------|
| | QM | P | QM | P | QM | P |
| Temperatura (A) | 65,317 | <0,001* | 0,344 | <0,001* | 684,841 | <0,001* |
| Velocidade (B) | 97,584 | <0,001* | 0,124 | <0,001* | 35,04 | 0,280 ^{ns} |
| (A) x (B) | 9,72 | <0,001* | 0,0103 | 0,411 ^{ns} | 33,563 | 0,279 ^{ns} |

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

⁺FV.: Fonte de variação;

Os dados médios de desempenho zootécnico das codornas nas diferentes temperaturas avaliadas com relação aos níveis de velocidade do ar estão representados na Figura 19.

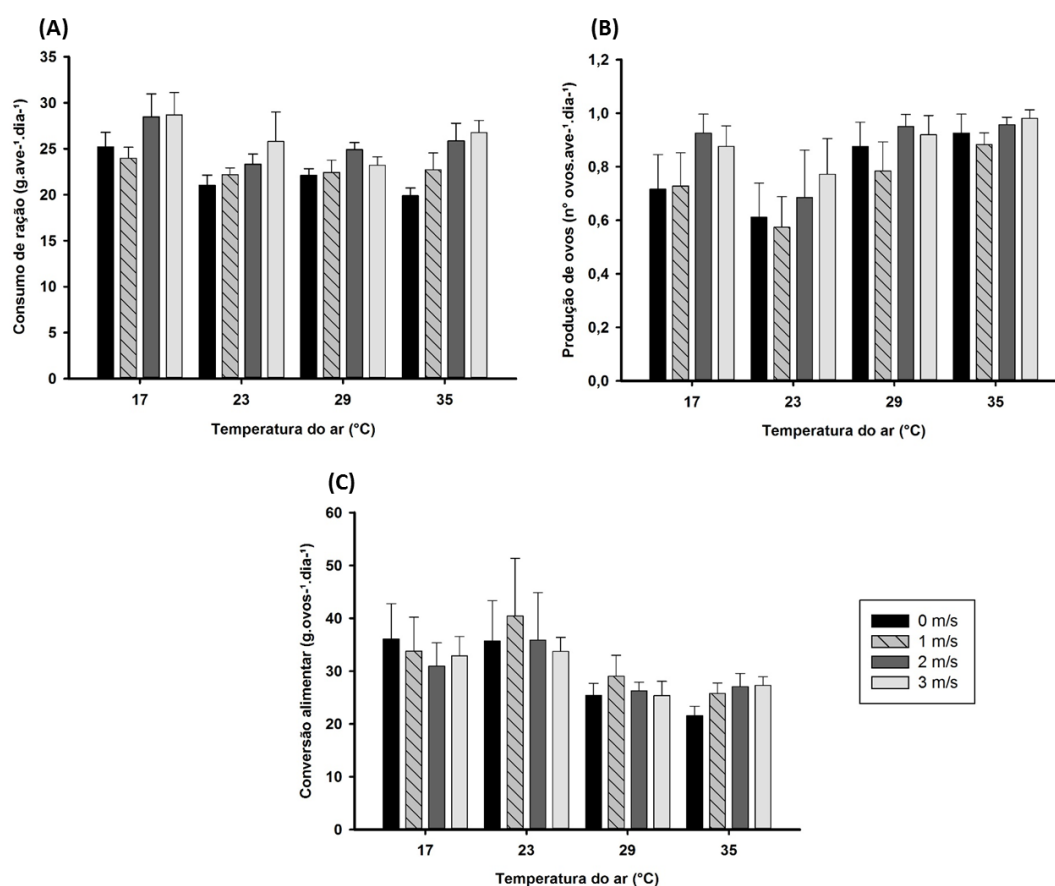


Figura 19. Desempenho zootécnico das aves (média e desvio padrão) nas diferentes faixas de temperatura do ar, considerando-se todo o período experimental. (A) Consumo de ração (g.ave⁻¹.dia⁻¹); (B) Produção de ovos (n°ovos.ave⁻¹.dia⁻¹); (C) Conversão alimentar (g.n°ovos⁻¹.dia⁻¹).

Observa-se na Figura 19 que, como citado na Tabela 21, somente o consumo de ração foi significativamente afetado pela temperatura, velocidade do ar e interação ($P < 0,001$). Em contraste, com base nas variáveis de desempenho zootécnico denominadas produção de ovos e conversão alimentar, (Figura 19B e C), verifica-se que os dados médios nas diferentes velocidades foram próximos uns dos outros sob temperatura de 35°C, com diferenças estatísticas significativas principalmente para o fator temperatura ($P < 0,001$). Este resultado pode estar relacionado ao fato de que as aves estavam no início da postura e os níveis de temperatura foram aplicadas de forma sequencial, se estabilizando no decorrer do tempo e mantendo-se próximos, não sendo, portanto influenciados estatisticamente pela interação ($P = 0,411$) e ($P = 0,279$). Constata-se ainda, que houve tendência de menores valores sob os níveis de velocidade do ar de 0 m.s⁻¹ e 2 m.s⁻¹ para o consumo de ração e produção de ovos.

4.3.1. Consumo de ração

Os dados médios e desvio padrão do consumo de ração (CR), expressos em g.ave⁻¹.dia⁻¹, correspondentes aos níveis de de temperatura do ar, para cada nível de velocidade do ar, estão apresentados na Tabela 22.

Tabela 22. Valores médios do consumo de ração (CR, g.ave⁻¹.dia⁻¹) para as combinações de temperatura e velocidade do ar, e as médias por temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e por velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura)

| Temperatura (°C) | Velocidade (m.s ⁻¹) | | | | Média |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| 17 | 25,2 | 24,0 | 28,5 | 28,7 | 26,6 ± 2,4 ^b |
| 23 | 21,0 | 22,2 | 23,3 | 25,8 | 23,1 ± 2,1 ^a |
| 29 | 22,1 | 22,4 | 24,9 | 23,2 | 23,2 ± 1,3 ^a |
| 35 | 19,9 | 22,7 | 25,9 | 26,8 | 23,8 ± 3,2 ^a |
| Média | 22,0 ± 2,3 ^A | 22,8 ± 0,8 ^A | 25,6 ± 2,2 ^B | 26,1 ± 2,3 ^B | |

*Médias e desvio padrão seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha (médias de velocidade) e minúscula na coluna (médias de temperatura), pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Erro padrão dos quadrados mínimos para temperatura e velocidade = 0,334

Erro padrão dos quadrados mínimos para a interação = 0,67

Os valores médios do consumo de ração, para as 16 combinações dos tratamentos, são fornecidos juntamente com as médias desses dois fatores. Verifica-se que os valores médios de temperatura e de velocidade do ar foram capazes de influenciar no consumo de ração. Como esperado, os valores médios de CR diminuíram (médias ao longo de todas as velocidades), com o aumento da temperatura, variando de 26,6 a 23,8 g.ave⁻¹.dia⁻¹. De forma similar, no interior de cada tratamento de velocidade, o CR foi maior em temperaturas mais baixas. No entanto, o CR na temperatura de 23 °C tende a ser inferior ao de 29 °C (exceto na velocidade de 3 m.s⁻¹), provavelmente por causa da ordem de aplicação dos tratamentos, com aves jovens sujeitas à primeira temperatura a 23 °C. No que diz respeito ao efeito de velocidade, a tendência geral foi a de aumentar o CR com a elevação da velocidade do ar.

Considerando os valores médios apresentados, observa-se que o consumo de ração diminuiu significativamente à medida que a temperatura aumentou. Entretanto, não houve diferença estatística significativa ($P>0,05$) entre as temperaturas de 23°C, 29°C e 35°C, com maior consumo de ração sob 17°C. Estes resultados são similares aos encontrados por Gewehr *et al.*, (2005), Özbey *et al.*, (2006), Silva (2012) e Castro (2014), que verificaram redução significativa no consumo de ração com o aumento da temperatura do ar, sendo efeito direto do estresse por calor em temperaturas superiores a 26°C. Pode-se notar na Tabela 22 que a elevação da temperatura até 35°C diminuiu o consumo de ração de 21,0 para 19,9 g.ave⁻¹.dia⁻¹, em relação ao tratamento controle. Esse desempenho zootécnico está de acordo com Vercese (2012), que também constatou diminuição no consumo de ração em aves submetidas ao estresse por calor de 30, 33 e 36°C, com redução significativa de 11,97; 16,67 e 21,55%, respectivamente, quando comparadas às aves mantidas em temperatura termoneutra de 21°C.

Contudo, pode-se verificar na Tabela 22 que, com a ausência de velocidade do ar, o consumo de ração pelas codornas apresentou tendências de redução em torno de 21%, com o aumento da temperatura ambiente de 17°C para 35°C. Em contraste, Sousa *et al.* (2014) relataram que consumo de ração não foi influenciado ($P>0,05$) pelos ambientes térmicos de criação adotados.

Observa-se ainda que, em todas as temperaturas, o consumo médio de ração aumentou significativamente com a elevação da velocidade do ar. Apesar da tendência

de intensificação no consumo de ração com o aumento da velocidade do ar, os valores de 2 m.s⁻¹ e 3 m.s⁻¹ não diferiram entre si (P>0,05).

Na Tabela 23 estão dispostos os resultados das comparações múltiplas versus o grupo controle, para avaliação da diferença entre médias do consumo de ração das aves, submetidas a combinações distintas de temperatura e velocidade do ar, considerando 23°C e 0 m.s⁻¹ como o tratamento controle. Para comparar a influência das interações entre esses fatores, a diferença entre médias (DM) foi testada usando o procedimento proposto por Holm-Sidak.

Tabela 23. Diferença entre médias (DM) do consumo de ração (CR, g.ave⁻¹.dia⁻¹) para os efeitos principais e interações dos tratamentos

| Efeitos Principais | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura (°C) | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| DM | 3,5* | 0,1 | 0,7 |
| Velocidade (m.s⁻¹) | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| DM | 0,8 | 3,6* | 4,1* |
| Interações | | | |
| Velocidade dentro da temperatura do ar | | | |
| Níveis | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| <i>17</i> | 1,2 | 3,3* | 3,5* |
| <i>23</i> | 1,2 | 2,3* | 4,8* |
| <i>29</i> | 0,3 | 2,8* | 1,1 |
| <i>35</i> | 2,8* | 6,0* | 6,9* |
| Temperatura dentro da velocidade do ar | | | |
| Níveis | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| <i>0</i> | 4,2* | 1,1 | 1,1 |
| <i>1</i> | 1,8 | 0,2 | 0,5 |
| <i>2</i> | 5,2* | 1,6 | 2,5* |
| <i>3</i> | 2,9* | 2,6 | 1,0 |

*Diferença estatística significativa (P<0,05).

Múltiplas comparações x Grupo controle (23°C e 0 m.s⁻¹) pelo teste de Holm-Sidak.

Para os efeitos principais, a DM foi significativa na temperatura de 17 °C (3,5 g.ave⁻¹.dia⁻¹ maior que o controle) (P<0,05). Além disso, as DMs nas velocidades de 2 e 3 m.s⁻¹ foram significativas (3,6 e 4,1 g.ave⁻¹.dia⁻¹, respectivamente) (P<0,05). Estes

resultados demonstram que CR aumentou em menor temperatura e nas velocidades mais elevadas.

No que diz respeito às comparações das diferenças entre médias em distintos níveis das interações, a Tabela 23 indica que a DM a 3 m.s⁻¹ foi maior para todos os níveis de temperatura, exceto a 29 °C. Este forte efeito sobre a DM mostra como velocidade do ar aumenta o consumo de ração sob temperaturas elevadas. De forma similar, para os níveis de velocidade, a DM foi significativamente maior em baixa temperatura, constatando-se sob 17°C para as velocidades de 0, 2 e 3 m.s⁻¹. No entanto, pouco efeito da velocidade na DM foi observado em 29 ou 35 °C, exceto em 2 e 3 m.s⁻¹, respectivamente.

Estes resultados são consistentes com os de Yahav *et al.* (2001), que avaliaram o efeito da velocidade do ar sobre o desempenho de frangos de corte submetidos a elevada temperatura. Os autores verificaram, que o consumo de ração foi significativamente maior quando as aves foram submetidas à velocidade do ar de 1,5 e 2 m.s⁻¹, e significativamente menor na em 0,5 e 1 m.s⁻¹. Pode ser deduzido que a carga de calor, quando as aves foram submetidas a baixos níveis de velocidade do ar, foi mais elevada, conduzido para a supressão da ingestão de alimento.

Ao analisar os dados, deve-se levar em consideração que o experimento foi conduzido no tempo: primeiro para a temperatura de 23°C, depois 17°C, em seguida 29°C e por fim 35°C. Assim, inicialmente as aves estavam com aproximadamente 8 semanas e atingiram 10 semanas de vida ao término do experimento. Neste sentido, as codornas estiveram sob regime crescente de produção de ovos, conforme a curva específica de produção. De acordo com Albino e Barreto (2012), o consumo de ração acompanha a curva de produção e verifica-se maior consumo quando a produção de ovos é sustentada em patamares elevados, momento em que a exigência das codornas torna-se elevada, com um consumo de 28 a 30 g.ave⁻¹.dia⁻¹ durante o pico de postura.

Os maiores valores médios do consumo de ração foram verificados na temperatura de 17°C, sob velocidades do ar de 2 e 3 m.s⁻¹. Resultado similar foi encontrado por Ruzal *et al.* (2011), que observaram maior consumo de ração na velocidade do ar de 2 m.s⁻¹ durante a exposição de galinhas poedeiras a altos valores de temperatura do ar.

4.3.2. Produção de ovos

Os dados médios da produção de ovos (PO) n° ovos.ave⁻¹.dia⁻¹, correspondentes a distintos níveis de temperatura do ar, para cada nível de velocidade do ar, estão dispostos na Tabela 24.

Tabela 24. Valores médios da produção de ovos (PO, n° ovos.ave⁻¹.dia⁻¹) para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura)

| Temperatura (°C) | Velocidade (m.s ⁻¹) | | | | Média |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| 17 | 0,72 | 0,73 | 0,93 | 0,88 | 0,82 ± 0,11 ^b |
| 23 | 0,61 | 0,57 | 0,69 | 0,77 | 0,66 ± 0,09 ^a |
| 29 | 0,88 | 0,78 | 0,95 | 0,92 | 0,88 ± 0,07 ^{bc} |
| 35 | 0,93 | 0,88 | 0,96 | 0,98 | 0,94 ± 0,04 ^c |
| Média | 0,79 ± 0,15 ^A | 0,74 ± 0,13 ^A | 0,88 ± 0,13 ^B | 0,89 ± 0,09 ^B | |

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha (médias de velocidade) e minúscula na coluna (médias de temperatura), pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Erro padrão dos quadrados mínimos para temperatura e velocidade = 0,02
Erro padrão dos quadrados mínimos para a interação = 0,04

É possível observar, na Tabela 24, que a produção de ovos sofreu influência da temperatura e da velocidade do ar. Os valores médios de produção de ovos (médias das velocidades) aumentaram significativamente ($P < 0,05$), com o aumento da temperatura. Entretanto, a menor produção de ovos foi encontrada na temperatura de 23°C, sendo justificada pela ordem de aplicação dos tratamentos 23, 17, 29 e 35°C respectivamente, pois as aves apresentam tendência de aumento na produção a partir do início da postura.

Considerando a produção de ovos com relação aos distintos níveis de velocidade do ar, nota-se que ocorreu aumento na PO com a intensificação da velocidade do ar. No entanto, não houve diferença estatística significativa ($P > 0,05$) nas velocidades de 2 e 3 m.s⁻¹, sendo constatadas diferenças significativas apenas nas velocidades de 0 e 1 m.s⁻¹ ($P < 0,05$). Com base nesses resultados, supõe-se que a utilização de elevados níveis de velocidade do ar podem favorecer significativamente a produção de ovos, mitigando o efeito negativo de elevadas temperaturas sobre o desempenho produtivo das aves. Vale ressaltar que a produção de ovos, em todos os níveis de velocidade do ar avaliados, comportou-se de maneira idêntica, com maior produção no tratamento 2 e 3 m.s⁻¹.

Diferentes resultados foram encontrados por Ruzal *et al.* (2011), que submetem galinhas poedeiras ao estresse pelo calor (35°C), não encontrando diferença significativa na produção de ovos nos tratamentos 0,0; 0,5; 1,5; 2,0 e 3,0 m.s⁻¹. Os autores ainda relatam que um dos principais problemas apresentados pela utilização de elevados níveis de velocidade do ar está relacionado ao seu efeito sobre o balanço hídrico corporal. Entretanto, no presente estudo, a produção de ovos não foi afetada pelos elevados níveis de velocidade do ar, o que poderia impedir o efeito negativo sobre as vari de desempenho zootécnico e com destaque a produção de ovos.

Na Tabela 25 estão apresentados os resultados das comparações múltiplas versus o grupo controle, para avaliação da diferença entre médias da produção de ovos das aves, submetidas a combinações de diferentes temperaturas e velocidade do ar, considerando 23°C e 0 m.s⁻¹ como o tratamento controle.

Tabela 25. Diferença entre médias (DM) da produção de ovos (PO, n°ovos.ave⁻¹.dia⁻¹) para os efeitos principais e interações dos tratamentos

| Efeitos Principais | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura (°C) | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| DM | 0,2* | 0,2* | 0,3* |
| Velocidade (m.s⁻¹) | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| DM | 0,04 | 0,1* | 0,1* |
| Interações | | | |
| Velocidade dentro da temperatura do ar | | | |
| Níveis | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| <i>17</i> | 0,01 | 0,2* | 0,2* |
| <i>23</i> | 0,03 | 0,07 | 0,2* |
| <i>29</i> | 0,1 | 0,1 | 0,04 |
| <i>35</i> | 0,04 | 0,03 | 0,05 |
| Temperatura dentro da velocidade do ar | | | |
| Níveis | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| <i>0</i> | 0,1 | 0,3* | 0,3* |
| <i>1</i> | 0,2* | 0,2* | 0,3* |
| <i>2</i> | 0,2* | 0,3* | 0,3* |
| <i>3</i> | 2,8 | 4,0* | 5,7* |

*Diferença estatística significativa (P<0,05).

Múltiplas comparações x Grupo controle (23°C e 0 m.s⁻¹) pelo teste de Holm-Sidak.

Na Tabela 25, podemos observar os resultados das comparações da influência de interações de temperatura e de velocidade do ar. Para os efeitos principais, a diferença entre médias apresentou diferença estatística significativa ($P < 0,05$) em todas as temperaturas 17, 29 e 35°C (0,2; 0,2 e 0,3 n°ovos.ave⁻¹.dia⁻¹ maior que o controle, respectivamente) e a DM nas velocidades 2 e 3 m.s⁻¹ foram significativos (0,1 n°ovos.ave⁻¹.dia⁻¹, para ambos) ($P < 0,05$). Estes resultados demonstram que a produção de ovos aumentou com o aumento da velocidade do ar, apresentando efeito benéfico da movimentação do ar para a produção.

Nas comparações das diferenças entre médias, em distintos níveis das interações, a Tabela 25 indica que a DM foi maior na temperatura de 17°C, com o valor máximo em 2 e 3 m.s⁻¹ e na temperatura de 23°C com 3 m.s⁻¹ ($P < 0,05$). Assim, a velocidade do ar proporciona um aumento na produção de ovos independente da temperatura. A diferença entre médias foi significativamente maior ($P < 0,05$), sob altas temperaturas para a velocidade de 3 m.s⁻¹. No entanto, esse aumento também pode ser atribuído à crescente produção no decorrer do período de realização do experimento. Neste sentido, vale lembrar que a aplicação dos tratamentos ocorreu no tempo, com a sequência das temperaturas de 23, 17, 29 e 35°C. Durante o período experimental, as codornas estavam em fase inicial de postura e, conseqüentemente, ocorreu aumento normal na produção de ovos, independente dos valores de temperatura.

4.3.3. Conversão alimentar

Os dados médios da conversão alimentar (CA) g.ovos⁻¹.dia⁻¹, correspondentes a distintos níveis de temperatura do ar, para cada nível de velocidade do ar, estão organizados na Tabela 26. Verifica-se que apenas os níveis de temperatura do ar foram capazes de influenciar na conversão alimentar. Esta variável foi menor à medida que houve o aumento da temperatura, apresentando diferenças estatísticas significativas ($P < 0,05$) para os níveis de 17 e 23°C em relação aos de 29 e 35°C. Com relação ao efeito da velocidade, não foram observadas diferenças estatísticas significativas ($P > 0,05$) entre as velocidades do ar estudadas, não sendo capaz de influenciar na conversão alimentar.

Tabela 26. Valores médios da conversão alimentar (CA, g.ovos⁻¹.dia⁻¹) para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura)

| Temperatura (°C) | Velocidade (m.s ⁻¹) | | | | Média |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| 17 | 36,1 | 33,8 | 30,2 | 32,9 | 33,3 ± 2,4 ^b |
| 23 | 35,7 | 40,4 | 35,9 | 33,7 | 36,4 ± 2,8 ^b |
| 29 | 25,4 | 29,0 | 26,3 | 25,4 | 26,5 ± 1,7 ^a |
| 35 | 21,6 | 25,8 | 27,1 | 27,3 | 25,5 ± 2,7 ^a |
| Média | 29,7 ± 7,3 ^{ns} | 32,3 ± 6,4 ^{ns} | 29,9 ± 4,4 ^{ns} | 29,8 ± 4,1 ^{ns} | |

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha (médias de velocidade) e minúscula na coluna (médias de temperatura), pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; *ns* Diferença estatística não significativa a 5% de probabilidade.

Erro padrão dos quadrados mínimos para temperatura e velocidade = 1,06

Erro padrão dos quadrados mínimos para a interação = 2,11

A partir dos dados de consumo de ração e produção de ovos, esperava-se que os resultados de conversão alimentar apresentassem diferenças significativas e melhores valores de CA com níveis de velocidade do ar mais altos. Entretanto, estes resultados não foram encontrados no presente trabalho.

Na Tabela 27 encontram-se as comparações múltiplas versus o grupo controle, para avaliação da diferença entre médias da conversão alimentar das aves, submetidas a combinações de distintos níveis de temperatura e velocidade do ar, considerando 23°C e 0 m.s⁻¹ como o tratamento controle. Além disso, observa-se a influência das interações desses fatores. Para os efeitos principais, a DM foi significativa nas temperaturas de 17, 29 e 35°C (3,0; 9,9 e 11,0 g.ovos⁻¹.dia⁻¹, respectivamente) (P<0,05) e não significativa no fator de velocidade (P>0,05). Portanto, os resultados indicam que, neste trabalho, a velocidade do ar não realizou nenhum efeito sobre a conversão alimentar das codornas.

Com relação às comparações de DM em distintos níveis das interações, a Tabela 27 mostra que a DM não apresentou diferença estatística significativa (P>0,05) para a velocidade dentro da temperatura. De forma contrária, a DM foi significativamente (P<0,05) maior na interação da temperatura dentro da velocidade do ar, especialmente para 35°C nas velocidades de 0, 1 e 2 m.s⁻¹, com destaque em 1 m.s⁻¹ (14,7 g.ovos⁻¹.dia⁻¹).

Tabela 27. Diferença entre médias (DM) da conversão alimentar (CA, g.ovos⁻¹.dia⁻¹) para os efeitos principais e interações dos tratamentos

| Efeitos Principais | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura (°C) | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| DM | 3,0* | 9,9* | 11,0* |
| Velocidade (m.s⁻¹) | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| DM | 2,6 | 0,3 | 0,1 |
| Interações | | | |
| Velocidade dentro da temperatura do ar | | | |
| Níveis | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| <i>17</i> | 2,3 | 5,1 | 3,2 |
| <i>23</i> | 4,8 | 0,2 | 1,9 |
| <i>29</i> | 3,2 | 0,8 | 0,0 |
| <i>35</i> | 4,2 | 5,5 | 5,7 |
| Temperatura dentro da velocidade do ar | | | |
| Níveis | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| <i>0</i> | 0,4 | 10,3* | 14,1* |
| <i>1</i> | 6,7* | 11,4* | 14,7* |
| <i>2</i> | 4,9 | 9,6* | 8,8* |
| <i>3</i> | 0,9 | 8,4* | 6,5 |

*Diferença estatística significativa (P<0,05).

Múltiplas comparações x Grupo controle (23°C e 0 m.s⁻¹) pelo teste de Holm-Sidak.

Ainda na temperatura de 29°C, foi observado grande efeito da DM em todos os níveis de velocidade do ar, com maiores valores em 0 e 1 m.s⁻¹ (10,3 e 11,4 g.ovos⁻¹.dia⁻¹, respectivamente).

4.3.4. Taxa de mortalidade

Não houve mortalidade das codornas durante o período experimental, o que pode ser explicado pela forma em que foram aplicadas as temperaturas (cíclica) e o curto período de avaliação, fazendo com que as aves tivessem rápida recuperação e adaptação.

4.4. Variáveis fisiológicas

Na Tabela 28, encontram-se os resultados da análise de variância das variáveis fisiológicas para o estudo do efeito da temperatura do ar e da velocidade do ar sobre a temperatura superficial média (TSM) e temperatura superficial da cabeça (TSC).

Tabela 28. Análise de variância (quadrados médios e probabilidade P) do efeito da temperatura e velocidade do ar sobre as variáveis fisiológicas: temperatura superficial média (TSM) e temperatura superficial da cabeça (TSC)

| F.V. | TSM | | TSC | |
|-----------------|----------|----------|--------|----------|
| | QM | P | QM | P |
| Temperatura (A) | 2747,268 | <0,001 * | 408,87 | <0,001 * |
| Velocidade (B) | 33,224 | <0,001 * | 37,646 | <0,001 * |
| (A) x (B) | 7,32 | <0,001 * | 7,895 | <0,001 * |

* Diferença estatística significativa a 5% de probabilidade;
FV.: Fonte de variação;

Observa-se, a partir dos dados da análise de variância da Tabela 28, que houve diferença estatística significativa para as variáveis fisiológicas TSM e TSC, nas diferentes temperaturas, velocidades do ar e interação dos fatores avaliados ($P < 0,001$). Com base nesses resultados é possível destacar o forte efeito que diferentes temperaturas e a velocidades do ar exercem sobre as aves, modificando assim a resposta fisiológica diante de determinada situação.

Os dados médios das variáveis fisiológicas das codornas nas diferentes temperaturas avaliadas com relação aos níveis de velocidade do ar estão representados na Figura 20. Pode-se observar na Figura 20 que, como citado na Tabela 28, as duas variáveis fisiológicas avaliadas apresentaram diferença significativa da temperatura, velocidade do ar e interação ($P < 0,001$).

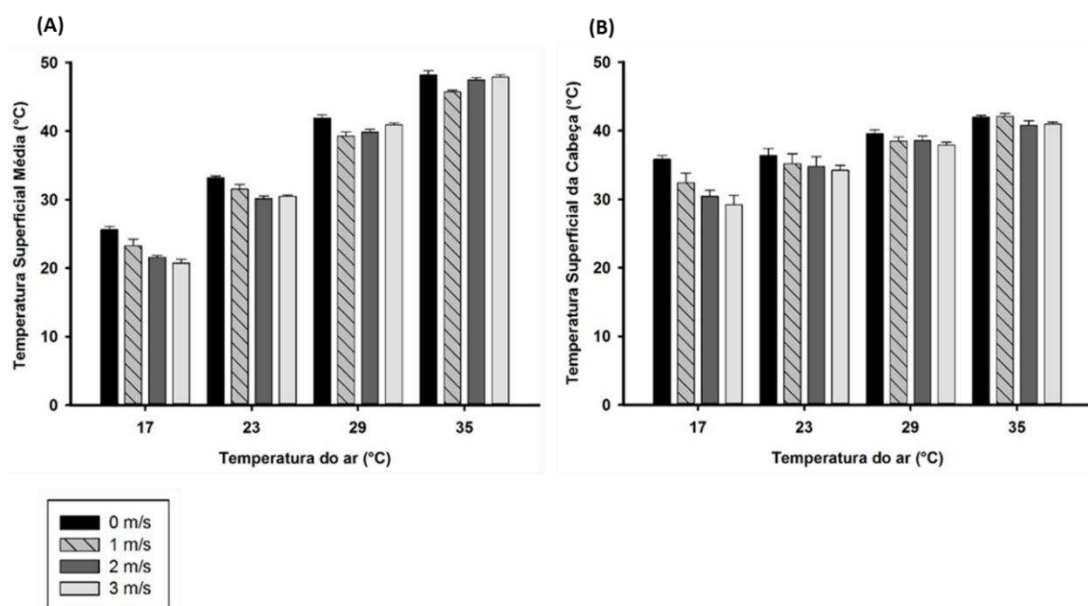


Figura 20. Variáveis fisiológicas das aves (média e desvio padrão) em todo o período experimental nas diferentes faixas de temperatura do ar. (A) Temperatura superficial média (°C); (B) Temperatura superficial da cabeça (°C).

Existe uma forte tendência do aumento da TSM e TSC com o aumento da temperatura do ar. Assim, observa-se que, à medida que ocorre o aumento da velocidade do ar, a TSM e TSC diminuem com maior efeito na temperatura de 17°C, mostrando que a velocidade do ar apresenta característica eficiente na retirada de calor da superfície das aves. Parte das respostas fisiológicas podem estar relacionadas com a redistribuição do fluxo de sangue no corpo, com a exposição ao calor provocando vasodilatação periférica em paralelo com a vasoconstrição visceral (RUZAL, 2011).

4.4.1. Temperatura superficial média das aves

Os valores médios da temperatura superficial média (TSM, °C) dos tratamentos, juntamente com as médias de temperatura e velocidade do ar, estão dispostos na Tabela 29. No presente trabalho, notou-se que a temperatura e a velocidade do ar têm grande influência na TSM de codornas japonesas. É possível verificar, pelos valores médios e desvio padrão, que a TSM (médias ao longo de todas as velocidades) aumentou significativamente ($P < 0,05$), à medida que ocorreu o aumento na temperatura do ar, com uma variação de 22,5°C na temperatura de 17 para 35°C. No interior de cada tratamento de velocidade, a TSM foi menor a temperaturas mais baixas e velocidades altas.

Tabela 29. Valores médios da temperatura superficial média (TSM, °C) para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura)

| Temperatura (°C) | Velocidade (m.s ⁻¹) | | | | Média |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| 17 | 25,6 | 23,4 | 21,6 | 20,7 | 22,8 ± 2,2 ^a |
| 23 | 33,2 | 31,5 | 30,2 | 30,5 | 31,4 ± 1,4 ^b |
| 29 | 41,9 | 39,3 | 39,8 | 40,9 | 40,5 ± 1,2 ^c |
| 35 | 48,2 | 45,7 | 47,4 | 47,9 | 47,3 ± 1,1 ^d |
| Média | 37,2 ± 9,9 ^B | 35,0 ± 9,7 ^A | 34,8 ± 11,2 ^A | 35,0 ± 11,9 ^A | |

*Médias e desvio padrão de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha (médias de velocidade) e minúscula na coluna (médias de temperatura), pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Erro padrão dos quadrados mínimos para temperatura e velocidade = 0,098

Erro padrão dos quadrados mínimos para a interação = 0,197

De forma similar, considerando as médias ao longo de todas as temperaturas, a TSM diminuiu com o aumento da velocidade do ar. Entretanto, não foram observadas diferenças estatísticas significativas ($P > 0,05$) entre as velocidades de 1, 2 e 3 m.s⁻¹. Com aumento dos níveis de velocidade do ar, a TSM tende a ser menor, possivelmente em decorrência da capacidade de retirada de calor da superfície das aves pelo movimento do ar, ou seja, quanto maior a velocidade do ar menor será a temperatura superficial média das aves. De acordo com Silva (2008), a temperatura da superfície está diretamente relacionada com o ambiente que envolve o animal, ou seja, a mudança da temperatura no ambiente altera a temperatura da superfície.

Considerando a temperatura de 35°C, os resultados foram semelhantes aos da temperatura de 29°C, exceto os valores de velocidade do ar de 2 e 3 m.s⁻¹, que não foram incisivamente capazes de continuar a reduzir a TSM. Os menores valores da TSM foram encontrados na velocidade do ar 2 m.s⁻¹ seguida de 1 m.s⁻¹. A compreensão mais próxima encontrada em literatura, e que corrobora com os resultados deste experimento, é a de Ruzal *et al.* (2011), que observaram que a temperatura superficial de aves poedeiras expostas, a velocidades do ar de 0,5; 1,5 e 2 m.s⁻¹ e temperatura de 35°C, foi maior que a encontrada em 3 m.s⁻¹. Vale destacar que a condição de 35°C associada à velocidade do ar de 0 m.s⁻¹, foi a que resultou em maior temperatura superficial média das aves durante os dias de coletas de dados, ao passo que a temperatura de 17°C associada à velocidade do ar de 3,0 m.s⁻¹ apresentou menores valores de TSM, 48,2°C e 20,7°C respectivamente (Tabela 29). Ainda, Souza Júnior

et al. (2013), avaliando a temperatura superficial de codornas japonesas em faixas de temperatura de ($T_{ar} < 18^{\circ}\text{C}$), ($18 \leq T_{ar} < 22^{\circ}\text{C}$) e ($T_{ar} \geq 22^{\circ}\text{C}$), encontraram valores médios de temperatura superficial de 24,7; 25,1; 25,8°C respectivamente. Neste sentido, comparando com os resultados deste experimento, similaridades foram encontradas apenas com o tratamento 17°C, com valor de 25,5°C para o tratamento controle da velocidade do ar.

Na Tabela 30, estão apresentados os resultados das comparações múltiplas versus o grupo controle, para a DM da temperatura superficial média das aves, submetidas a combinações de distintos níveis de temperatura e velocidade do ar, considerando 23°C e 0 m.s⁻¹ como o tratamento controle.

Tabela 30. Diferença entre médias (DM) da temperatura superficial média (TSM, °C) para os efeitos principais e interações dos tratamentos

| Efeitos Principais | | | |
|---|------|-------|-------|
| Temperatura (°C) | 17 | 29 | 35 |
| DM | 8,5* | 9,1* | 16,0* |
| Velocidade (m.s⁻¹) | 1 | 2 | 3 |
| DM | 2,3* | 2,5* | 2,2* |
| Interações | | | |
| Velocidade dentro da temperatura do ar | | | |
| Níveis | 1 | 2 | 3 |
| 17 | 2,4* | 4,1* | 4,9* |
| 23 | 1,7* | 3,1* | 2,7* |
| 29 | 2,7* | 2,1* | 1,0* |
| 35 | 2,5* | 0,8* | 0,3 |
| Temperatura dentro da velocidade do ar | | | |
| Níveis | 17 | 29 | 35 |
| 0 | 7,6* | 8,7* | 15,0* |
| 1 | 8,3* | 7,7* | 14,2* |
| 2 | 8,6* | 9,7* | 17,3* |
| 3 | 9,6* | 10,5* | 17,4* |

*Diferença estatística significativa (P<0,05).

Múltiplas comparações x Grupo controle (23°C e 0 m.s⁻¹) pelo teste de Holm-Sidak.

Verifica-se que, para os efeitos principais, em todas as temperaturas e todas as velocidades, a DM foi significativa ($P < 0,05$). Os resultados demonstram que a temperatura superficial média das aves aumentou em maior temperatura e nas velocidades mais baixas, Tabela 30.

Analisando as comparações da diferença entre médias em diferentes níveis das interações, pode-se notar diferença estatística significativa ($P < 0,05$) em todos os níveis de temperatura exceto para a temperatura de 35°C na velocidade do ar de 3 m.s^{-1} , que não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$), com DM de $0,3^{\circ}\text{C}$.

O valor máximo de DM foi observado na temperatura 17°C e velocidade 3 m.s^{-1} , sendo de $4,9^{\circ}\text{C}$. Este forte efeito sobre a diferença entre médias mostra como velocidade do ar reduz a temperatura superficial média em baixas temperaturas e, principalmente, quando associada a níveis elevados de velocidade do ar. Neste sentido, Bottcher *et al.* (1995) relataram que a velocidade do ar igual a $2,0 \text{ m.s}^{-1}$ é importante para reduzir a temperatura das aves em ambientes quentes, proporcionando maior conforto.

Houve grande similaridade para os níveis de velocidade do ar, apresentando diferença estatística significativa ($P < 0,05$) da DM em todos os níveis de velocidade do ar. Nota-se ainda que a temperatura do ar apresenta grande capacidade de elevar a temperatura superficial média das aves independente da velocidade do ar, com maior efeito da DM na velocidade 3 m.s^{-1} ($17,4^{\circ}\text{C}$).

Nascimento (2010) menciona que o aumento do fluxo sanguíneo na superfície corporal indica o aumento da temperatura superficial, já a diminuição da temperatura superficial está ligada a uma vasoconstrição periférica. Segundo Albino *et al.* (2014), uma das grandes preocupações com as elevações da temperatura na avicultura está relacionado com a dificuldade da troca de calor das aves com o ambiente, uma vez que não dispõem de glândulas sudoríparas, e apresentam o corpo recoberto por penas. Este fato corrobora com os dados encontrados no presente trabalho por apresentar variação na TSM à medida que ocorre a variação da temperatura do ar. Isto pode ser explicado pela dificuldade que as aves possuem de dissipar o calor interno para o ambiente em altas temperaturas, fazendo com que a sua temperatura superficial se eleve.

4.4.2. Temperatura superficial da cabeça das aves

Os valores médios da temperatura superficial da cabeça (TSC, °C), em diferentes níveis de temperatura, para cada nível de velocidade do ar, estão apresentados na Tabela 31.

Tabela 31. Valores médios da temperatura superficial da cabeça (TSC, °C) para avaliar o efeito da temperatura (considerando-se todos os valores de velocidade) e velocidade do ar (utilizando-se todos os valores de temperatura)

| Temperatura (°C) | Velocidade (m.s ⁻¹) | | | | Média |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| 17 | 35,8 | 32,4 | 30,4 | 29,2 | 32,0 ± 2,9 ^a |
| 23 | 36,4 | 35,2 | 34,8 | 34,2 | 35,2 ± 0,9 ^b |
| 29 | 39,6 | 38,5 | 38,5 | 37,9 | 38,6 ± 0,7 ^c |
| 35 | 42,0 | 42,1 | 40,8 | 41,0 | 41,5 ± 0,7 ^d |
| Média | 38,5 ± 2,9 ^D | 37,1 ± 4,2 ^C | 36,1 ± 4,5 ^B | 35,6 ± 5,1 ^{AB} | |

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha (médias de velocidade) e minúscula na coluna (médias de temperatura), pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Erro padrão dos quadrados mínimos para temperatura e velocidade = 0,18
Erro padrão dos quadrados mínimos para a interação = 0,36

Na Tabela 31, encontram-se os valores médios da temperatura da cabeça das aves, juntamente com as médias e desvios padrões de temperatura e velocidade do ar. Verifica-se que as diferentes temperaturas e velocidades foram capazes de influenciar na TSC. Em vista do esperado, os valores médios da TSC apresentaram tendência de diminuir com o aumento da velocidade do ar, com uma pequena variação de 38,5 a 35,6°C. De acordo com os valores médios mostrados, pôde-se verificar que a TSC aumentou significativamente com o aumento da temperatura do ar, proporcionando diferença estatística significativa (P<0,05).

Com o incremento da velocidade do ar, a cada mudança, ocorre diminuição da TSC de aproximadamente 1°C, com efeitos mais pronunciados em baixas temperaturas, apresentando diferenças estatísticas significativas (P<0,05) entre os níveis de velocidade do ar. Entretanto, não houve diferença estatística significativa entre as velocidades do ar 2 e 3 m.s⁻¹, (P>0,05). Vale ressaltar que, para a temperatura de 17°C a velocidade do ar de 3 m.s⁻¹ reduziu a TSM em torno de 6,6°C, para 23°C em torno de 2,2°C, para 29°C em 1,7°C e para 35°C reduziu apenas 1°C. Como visto,

para cada nível de temperatura, o aumento da velocidade do ar causa redução na TSC, sendo mais pronunciada na temperatura de 17°C. Nääs *et al.* (2010) avaliaram a variação da temperatura de superfície corporal de frangos de corte, utilizando uma câmera termográfica. As aves foram criadas em instalações com tipologias diferentes e os autores observaram que, as regiões sem penas acompanham a temperatura ambiente com maior facilidade. Além disso, foi verificado que as aves perdem mais calor sensível durante a manhã e mais calor latente durante a tarde.

Na Tabela 32 estão apresentados os resultados das comparações múltiplas versus o grupo controle, para avaliação da diferença entre médias da temperatura superficial da cabeça das aves, submetidas a combinações de distintas temperaturas e velocidade do ar, considerando 23°C e 0 m.s⁻¹ como o tratamento controle.

Tabela 32. Diferença entre médias (DM) da temperatura superficial da cabeça (TSC, °C) para os efeitos principais e interações dos tratamentos

| Efeitos Principais | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura (°C) | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| DM | 3,2* | 3,5* | 6,3* |
| Velocidade (m.s⁻¹) | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| DM | 1,4* | 2,3* | 2,9* |
| Interações | | | |
| Velocidade dentro da temperatura do ar | | | |
| Níveis | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| <i>17</i> | 3,4* | 5,4* | 6,7* |
| <i>23</i> | 1,2* | 1,6* | 2,2* |
| <i>29</i> | 1,1 | 1,0 | 1,6* |
| <i>35</i> | 0,1 | 1,2 | 1,0 |
| Temperatura dentro da velocidade do ar | | | |
| Níveis | <i>17</i> | <i>29</i> | <i>35</i> |
| <i>0</i> | 0,6 | 3,2* | 5,6* |
| <i>1</i> | 2,8* | 3,3* | 6,9* |
| <i>2</i> | 4,4* | 3,8* | 6,0* |
| <i>3</i> | 5,0* | 3,7* | 6,8* |

*Diferença estatística significativa (P<0,05).

Múltiplas comparações x Grupo controle (23°C e 0 m.s⁻¹) pelo teste de Holm-Sidak.

Na Tabela 32, pode-se verificar a influência das interações da temperatura e velocidade do ar. Quando se observa os efeitos principais, em todas as temperaturas e todas as velocidades, a diferença entre médias foi significativa ($P < 0,05$). Os resultados demonstram que a TSC foi maior quando as aves foram submetidas a elevadas temperaturas do ar e menores velocidades do ar.

Observando as comparações das diferenças entre médias em distintos níveis das interações, a Tabela 32 indica que a DM foi significativa para os níveis de temperatura de 17 e 23°C, com o valor máximo de DM na temperatura de 17°C e na velocidade 3 m.s⁻¹, exceto a 35°C, em que não apresentou nenhuma diferença estatística significativa ($P > 0,05$) nas velocidades do ar. Para os níveis de velocidade do ar, a DM apresentou diferença estatística significativa ($P < 0,05$) em todas as temperaturas, exceto na velocidade 0 m.s⁻¹ a 17°C. A diferença entre médias foi significativamente na maior temperatura de 35°C, em todos os níveis de velocidade do ar. Este fato mostra que o efeito da temperatura, associado a velocidade do ar, se torna mais acentuado com o aumento desses fatores.

A análise de regressão dos valores médios e desvio padrão da temperatura da cabeça das codornas, em diferentes níveis de temperatura, para cada nível de velocidade do ar estão mostrados na Figura 21.

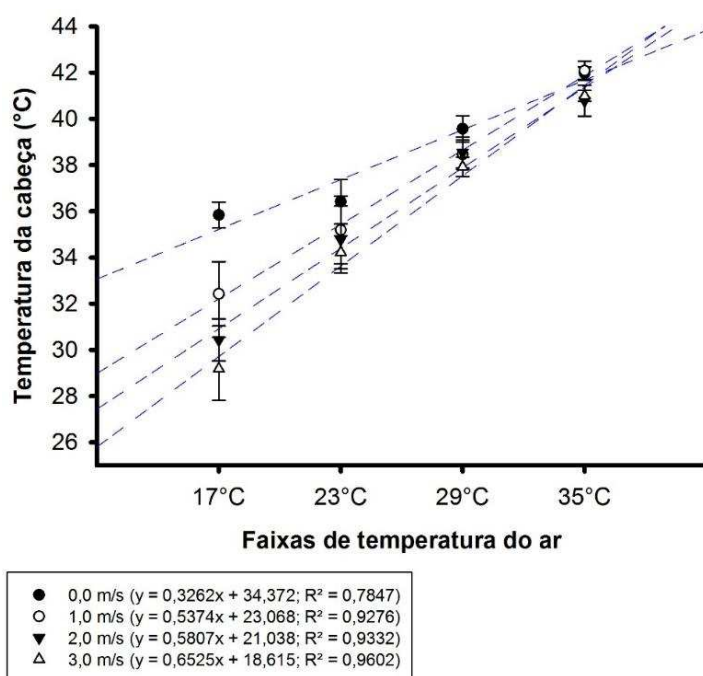


Figura 21. Valores médios da temperatura superficial da cabeça de codornas japonesas para diferentes temperaturas e velocidade do ar, com respectivos desvios padrões.

Como pode-se observar na Figura 21 para a temperatura 17°C, existe uma grande variação da temperatura superficial da cabeça das codornas entre os níveis de velocidade do ar, que é de 6,6°C, sendo obtido com base nos valores de 35,8°C (0 m.s⁻¹) e 29,2°C (3 m.s⁻¹). Isso, possivelmente, deve-se ao fato de que em temperaturas do ar mais baixas, a velocidade do ar é eficaz na retirada de calor da superfície da cabeça das codornas.

Quando as codornas foram submetidas ao estresse por calor sob 35°C verifica-se que a TSC apresentou menor diferença em decorrência da velocidade do ar de até 3 m.s⁻¹, com pouca variação entre os níveis de velocidade do ar. Como pode ser notado, a variação da TSC foi de apenas 1,0°C sob valores de 42°C (0 m.s⁻¹) e 41,0°C (3 m.s⁻¹). Segundo Cangar *et al.* (2008), a vascularização superficial está diretamente relacionada ao acréscimo da temperatura superficial em aves, que é diretamente afetado pela temperatura do ar. Os resultados mostram ainda que existe maior variação da TSC entre as velocidades do ar na temperatura de 17°C, assim como apresentam maiores valores de desvio padrão com relação a temperatura de 35°C.

Corroborando com os resultados obtidos, Nascimento *et al.* (2011), avaliando a variação da temperatura superficial de diferentes regiões de frangos de corte, constataram valores similares de temperatura superficial da crista e da cabeça nas temperaturas de 18, 25 e 32°C. Os autores observaram que, à medida que a temperatura do ar aumenta, a temperatura superficial da cabeça e da crista também tendem a aumentar. Os animais utilizam várias formas para manter a homeostase e termorregulação e quando sujeito a temperaturas ambientes elevadas, tentam realizar perda de calor por evaporação, vasodilatação e transpiração.

Outra forma de verificar os resultados da TSC, em função da temperatura e da velocidade do ar, é examinar a relação entre a TSC e a velocidade do ar. A análise de regressão dos valores médios e desvio padrão da temperatura da cabeça em diferentes níveis de velocidade do ar para cada nível de temperatura estão apresentados na Figura 22. Ainda, pode-se notar que os valores médios da temperatura superficial da cabeça das codornas apresentam correlação negativa com o aumento da velocidade do ar para todas as temperaturas consideradas. Portanto, a redução da temperatura da cabeça das codornas é acentuada à medida que a temperatura ambiente é reduzida.

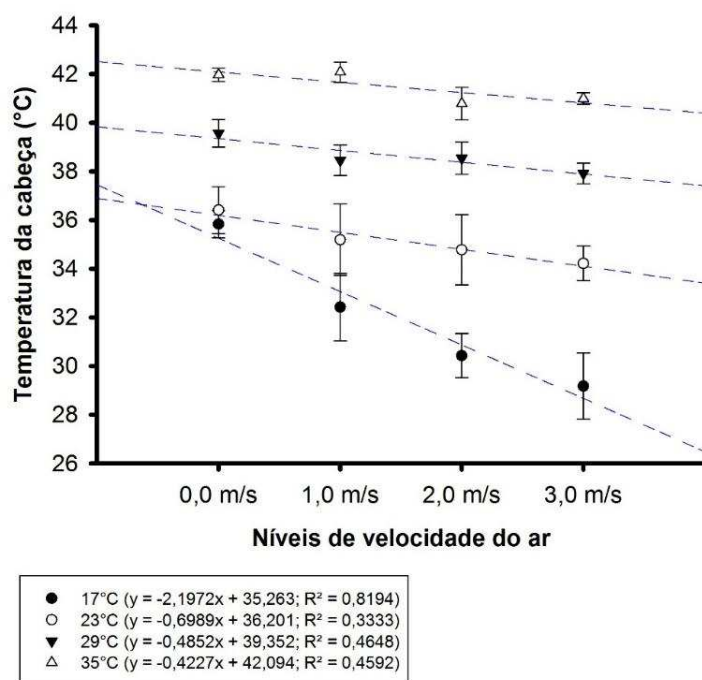


Figura 22. Valores médios da temperatura da cabeça de codornas japonesas para diferentes velocidades do ar e diferentes de temperaturas, com respectivos desvios padrões.

Dessa forma, a velocidade do ar contribui para a perda de calor sensível, pois aumenta a capacidade de termorregulação corporal em condições de estresse térmico. Para contrapor aos efeitos do estresse por frio, as aves apresentam mudança no comportamento fisiológico a fim de conservar o calor, diminuindo a taxa sanguínea na região da cabeça. De acordo com Nascimento *et al.* (2011), sob temperaturas do ar de 18°C, pode ser observada vasoconstrição periférica, onde a ave mantém mínima a circulação do sangue para não perder calor.

5. CONCLUSÕES GERAIS

De acordo com os resultados encontrados neste trabalho, pode-se concluir que:

1. A temperatura do ar, a velocidade do ar e a interação desses fatores possui grande influência sobre o comportamento das codornas e foi capaz de influenciar todos os padrões comportamentais, exceto “beber” e “abrir asas/arrepiar” para a velocidade do ar e “beber” e “outros” para a interação.
2. Em temperaturas baixas e quando associadas a níveis elevados de velocidade do ar, as codornas apresentaram tendência de maior expressão do comportamento “parar”. Em contraste, valores elevados de temperatura do ar tendem a aumentar a agitação das aves, com maior número de animais expressando o padrão comportamental “outros”, principalmente quando associados a alta velocidade do ar.
3. Todas as variáveis de desempenho zootécnico (consumo de ração, produção de ovos e conversão alimentar) foram afetadas pela temperatura e velocidade do ar, com exceção da conversão alimentar que não foi influenciada pela velocidade. Para as interações dos fatores apenas o consumo de ração demonstrou alteração.
4. Verificou-se correlação significativa positiva entre a temperatura do ar e a temperatura superficial média da pele e a temperatura superficial da cabeça (TSC) das codornas (aumento de 0,3 para 0,6°C na TSC com o incremento de 1°C temperatura do ar). Em contrapartida, observou-se correlação significativa negativa entre a velocidade do ar e a temperatura superficial média e a temperatura superficial da cabeça (redução de aproximadamente 6°C com o incremento da velocidade do ar em baixas temperaturas), sendo, portanto, a velocidade do ar importante na remoção de calor da superfície das aves.
5. Considerando-se todas as variáveis avaliadas, as codornas de postura podem apresentar boa resposta produtiva para temperaturas de 17°C a 29°C e velocidade do ar até 2 m.s⁻¹. Na temperatura de 35°C, a elevação da velocidade do ar pode apresentar efeito benéfico em contraste aos baixos valores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1-14, 2011. (Supl. Especial).
- ABDELFATTAH, E. M.; KAROUSA, M. M. R. EL-GENDI, G. M. **Effect of some managerial factors on behavior and performance of quail**. Lap Lambert Academic Publishing. Benha, University of Benha. 2008. 240p.
- ALBINO, L. F. T.; BARRETO, S. L. **Criação de codornas para produção de ovos e carne**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2012. 268p.
- ALBINO, L. F. T.; CARVALHO, B. R.; MAIA, R. C.; BARROS, V. R. S. M. **Galinhas Poedeiras: Criação e Alimentação**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2014. 376p.
- AL-DAWOOD, A. BÜSCHER, W. Air velocity produced by different types of mixing and ceiling fans to reduce heat stress in poultry houses. **International Journal of Agriculture and Forestry**. v. 4, n. 3, p. 145-153, 2014.
- ALVES, S. P. Uso da zootecnia de precisão na avaliação de bem-estar climático em aves poedeiras em diferentes sistemas de criação. 128f. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- AMARAL, M. F. P. Avaliação de sistema para monitoramento de gás amônia em galpões avícolas com ventilação negativa. 2007. 62f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- AMARAL, A. G. Processamento de Imagens Digitais para Avaliação do Comportamento e Determinação do Conforto Térmico de Codornas de Corte. 82f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2012.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais – Conforto animal**. Viçosa: Editora UFV, 2010. 2^a. ed. 269 p.
- 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, n.1, p. 93-99, 2007.

BARROS, D. L. et al. Influência do ambiente de produção sobre codornas japonesas no pico de postura alojada em galpão industrial convencional. **Anais... In: V Simpósio Internacional. IV Congresso Brasileiro de Coturnicultura**, 2013.

BASILE, R. C. Metodologia de avaliação e análise de termografia em equinos. (Trabalho de conclusão de curso), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, 2012.

BECKER, B. G. Comportamento de aves e sua aplicação prática. In: CONFERÊNCIA APINCO, DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2002, Campinas. **Anais ...** Campinas: APINCO, p. 81-90, 2002.

BERTO, D. A. Temperatura ambiente e nutrição de codornas japonesas. 137f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia do Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

BONFIM, D. S.; MELO, S. A. Influência do ambiente na criação de codornas de corte: Revisão. **PubVet Maringá**, v. 9, n. 4, p. 174-181, 2015.

BORGES, G.; MIRANDA, K. O. S.; RODRIGUES, V. C.; RISI, N. Uso da geoestatística para avaliar a captação automática dos níveis de pressão sonora em instalações de creche para suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 377-385, 2010.

BOTTCHER, R. W.; BRAKE, J.; BAUGHMAN, G. R.; MAGURA, J. R. Vertically directed mixing fans as an alternative to tunnel ventilation. **World Poultry Science Journal**, v. 11, p. 24-29, 1995.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho - NR-15: atividades e operações insalubres. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-15-1.htm>>. Acesso em: 03 abr. 2016.

BROOM, D. M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, v. 142, n. 6, p. 524-526, 1986.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, J. R. Black glob e humidity index (BGTH) as

comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.

CAMPOS, E. J. O comportamento das aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, p. 93-113, 2000.

CANGAR, O.; AERTS, J. M.; BUYSE J.; BERCKMANS D. Quantification of the spatial distribution of surface temperatures of broilers. **Poultry Science**, v. 87, p. 2493-2499, 2008.

CARVALHO, C. C. S.; SANTOS, L. V.; MOREIRA, S. J. M.; ZEFERINO, E. S.; SANTOS, T. C.; SILVA, G. C. Projeto avalia técnicas de manejo de animais na 31ª Exposição Agropecuária de Janaúba. 2012. (Programa de rádio ou TV/Comentário). Disponível em: <<http://www.unimontes.br/index.php/component/content/article/42-destaques-principais/8204-projeto-avalia-tecnicas-de-manejo-de-animais-na-31o-exposicao-agropecuaria-de-janauba>>. 2013. Acesso em: 26 fev. 2016.

CASSUCE, D. C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; VIEIRA, M. F. F. A. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 28-36, 2013.

CASTRO, J. O.; YANAGI JÚNIOR, T.; FASSANI, E. J.; BARROS, D. L.; PONCIANO, P. F.; CAMPOS, A. T.; ESPÓSITO, M. Comportamento de busca pelo comedouro e bebedouro de codornas japonesas submetidas a diferentes temperaturas. **Anais... In: V Simpósio Internacional. IV Congresso Brasileiro de Coturnicultura**, 2013.

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

CATALAN, A. A. S. et al. Perfil metabólico, hematológico e comportamental de poedeiras suplementadas com *Panax ginseng*. **Archivos de zootecnia**, v. 62, n. 237, p. 89-100. 2013.

COTTA, T. **Galinha: Produção de ovos**. Viçosa, MG. Aprenda Fácil, 2002. 280p.

CURI, T. M. R. C.; MOURA, D. J.; VERCELLINO, R. A. Ventilação de precisão. **Revista do Aviste**. Reprodução animal - Avicultura, ed.81 - Abril 2014.

CZARICK, M.; FAIRCHILD, B.; Minimum Ventilation Rates. *Poultry Housing Tips*, v. 19, n. 1, p. 1-4, 2007.

DAHLKE, F.; GONZALES, E.; GADELHA, A. C.; MAIORKA, A.; BORGES, S. A.; ROSA, P. S.; FARIA FILHO, D. E.; FURLAN, R. L. Empenamento, níveis hormonais de triiodotironina e tiroxina e temperatura corporal de frangos de corte de diferentes genótipos criados em diferentes condições de temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 664-670, 2005.

DRURY, L. N.; SIEGE, H. S. Air velocity and heat tolerance of young chickens. **Transactions of the ASAE**, v. 9, n. 4, p. 583-585, 1966.

ELSTON, J. J.; BECK, M. M.; KACHMAN, S. D.; SCHEIDELER, S. E. Laying hen behaviour. Effect of cage type and startle stimuli. **Poultry Science**, v. 79, n. 4, p. 471-476, 2000.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente - para aves, suínos e bovinos**. 3ª ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2016. 401p.

FURTADO, D. A.; MOTA, J. K. M.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, V. R.; TOTA, L. C. A. Produção de ovos de matrizes pesadas criadas sob estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 748-753, 2011.

GEWEHR, C. E.; COTTA, J. T. B.; OLIVEIRA, A. I. G.; FREITAS, H. J. Efeitos de programas de iluminação na produção de ovos de codornas (*Coturnix coturnix*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 4, p. 857-865, 2005.

HANSEN, I. Behavioural expression of laying hens in aviary and cages: frequencies, time budgets and facility utilization. **British Poultry Science**, v. 35, p. 491-508, 1994.

HILLMAN, P. E.; SCOTT, N. R.; VAN THIENHOVEN, A. Vasomotion in chicken foot: dual innervation of arteriovenous anastomoses. **Animal Journal Physiology**, v. 242, n. 5, p. 582- 590, 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da Pecuária Municipal. Rio de Janeiro, v. 42, p. 1-39, 2014. Disponível em: <

http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2014_v42_br.pdf>.

Acesso em: 26 fev. 2016.

JACOME, I. M. D. T.; BORILLE, R.; ROSSI, L. A.; RIZZOTTO, D. W.; BECKER, J. A.; SAMPAIO, C. de F. R. Desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 235, p. 450, 2012.

JONES, R. B.; BEUVING, J.; BLOKHUIS, H. J. Tonic immobility and heterophil/lymphocyte responses of the domestic fowl to corticosterone infusion. **Physiological Behavior**, v. 42, n. 3, p. 249-253, 1988.

LARA, L. J.; ROSTAGNO, M. H. Impact of heat stress on poultry production. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, v. 3, n. 2, p. 356-369, 2013.

LIMA, A. M. C.; NÃÃS, I. A.; BARACHO, MIRAGLIOTTA, M. Y. **Ambiência e bem-estar**. In: MENDES, A. A.; NÃÃS, I. A.; MACARI, M. (Eds.). Produção de frangos de corte. Campinas, SP: FACTA, p. 37-54, 2004.

MACARI, M.; FURLAN, R. L. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. In: SILVA, I. J. da (Ed.) *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP, p. 31-87, 2001.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M. TINOCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T. A.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 4, p. 277-286, 2005.

MENEGALI, I.; TINÔCO, I. de F. F.; ZOLNIER, S.; CARVALHO, C. S. C.; GUIMARÃES, M. C. C. Influence of different systems of minimum ventilation on air quality in broiler houses. **Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 1024-1033, 2012.

MORAES, T. T. M. Balanço eletrolítico para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de produção. 51f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias), Universidade Federal do Paraná, 2010.

MOURA, D. J.; BUENO, L. G. F.; LIMA, K. A. O.; CARVALHO, T. M. R.; MAIA, A. P. A. Strategies and facilities in order to improve animal welfare, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 311-316, 2010. Suplemento Especial.

NÄÄS, I. A.; ROMANINI, C. E. B.; NEVES, D. P.; NASCIMENTO, G. R.; VERCELINO, R. A. Distribuição da temperatura superficial de frangos de corte com 42 dias de idade. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, n.5, p.497-502, 2010.

NASCIMENTO, R. G.; GODOY, R. M. B.; SOUTO JÚNIOR, C. A.; UEHARA, G. T. Avaliação da poluição sonora na Unicamp. **Revista Ciências do Ambiente**. On-line, Campinas, v. 3, n. 1, p. 60-64, 2007.

NASCIMENTO, S. T. Determinação do balanço de calor em frangos de corte por meio das temperaturas corporais. 147f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2010.

NASCIMENTO, G. R.; NÄÄS, I. A.; PEREIRA, D. F.; BARACHO, M. S.; GARCIA, R. Assessment of broilers surface temperature variation when exposed to different air temperature. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 13, p. 259-263, 2011.

NASCIMENTO, G. R.; NÄÄS, I. A.; BARACHO, M. S.; PEREIRA, D. F.; NEVES, D. P. 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.

OLIVEIRA, B. L. **Manejo em granjas automatizadas de codornas de postura comercial**. In: Simpósio Internacional de Coturnicultura, 3, 2007. Lavras. **Anais...** Lavras: Núcleo de Estudos em Ciência e Tecnologia Avícolas, p. 11-16, 2007.

ÖZBEY, O.; YILDIZ, N.; ESEN, F. The Effects of high temperature on breeding characteristics and the living strength of the Japanese quails (*Coturnix Coturnix Japonica*). **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 1, p. 56-59, 2006.

PARANHOS DA COSTA, M. J. R. Ambiência na produção de bovinos de corte a pasto. **Anais de Etologia**, v. 18, p. 3-15, 2000.

PASTORE, S. M.; OLIVEIRA, W. P.; MUNIZ, J. C. L. Panorama da Coturnicultura no Brasil. **Revista Eletrônica Nutrime**, art.180, v. 9, n. 6, p. 2041-2049, 2012.

PAYNE, G. C. Environmental temperature and egg production. In: HORTON-SMITH, C.; AMBROSE, E.C. (Eds.). **The physiology of the domestic fowl**. Scotland and London, Edinburgh: Oliver and Boyd, p. 235-241, 1967.

PEREIRA, D. F.; NÄÄS, I. A., ROMANINI, C. E. B.; SALGADO, D. D.; PEREIRA, G. O. T. Indicadores de bem-estar baseados em reações comportamentais de matrizes pesadas. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 308- 314, 2005.

PEREIRA, D. F.; BATISTA, E. S.; SANCHES, F. T.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; BUENO, L. G. F. Diferenças comportamentais de poedeiras em diferentes ambientes térmicos. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 1, p. 33-40, 2015.

PINTO, R.; FERREIRA, A. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; VARGAS, J. G. J. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1761-1770, 2002.

RIBER, A. B. Development with age of next box use and gregarious nesting in laying hens. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 123, p. 24-31, 2010.

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. **The Journal of Physiology**, v. 216, p. 1-10, 1971.

RODRIGUES, V. C. **Distribuição espacial e bem-estar de aves poedeiras em condições de estresse e conforto térmico utilizando visão computacional e inteligência artificial**. 101f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2006.

RUDKIN, C.; STEWART, G. D. **Behaviour of hens in cages – A pilot study using video tapes**. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation, v. 40, n. 477, p. 102, 2003.

RUZAL, M.; SHINDER, D.; MALKA, I.; YAHAV, S. Ventilation plays an important role in hens' egg production at high ambient temperature. **Poultry Science**, v. 90, n. 4, p. 856-862, 2011.

SANTOS, P. A.; BAÊTA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Ventilação em modos túnel e lateral em galpões avícolas e seus efeitos no conforto térmico, na qualidade do ar e no desempenho das aves. **Revista Ceres**, v. 56, p. 172-180, 2009.

SANTOS, R. C. **Introdução à Ambiência**. 27f. Dourados, MS. 2015. Disponível em: <http://files.rodrigoprofessor.webnode.com.br/2000002140c33f0d2de/Apostila_Ambiencia%202015.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2016.

SILVA, I. J. O.; BARBOSA, F. J. A. D.; SILVA, M. A. N.; PIEDADE, S. M. S. 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.

SILVA, R. G. Biofísica ambiental: os animais e seu ambiente. Jaboticabal: Funep, 2008. 386p.

SILVA, G. C. A. Proposta de laboratório para estudos de ambiência. 53f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras, 2011.

SILVA, J. H. V.; FILHO, J. J.; COSTA, F. G. P. et al. Exigências nutricionais de codornas. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA - Zootec 2011. Maceió: **Anais...** Maceió – Al, 2011.

SILVA, J. H. V. et al. Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 775-790, 2012.

SOUSA, M. S.; TINÔCO, I. F. F.; MENDES, L. B.; REIS, R. S.; FIGUEIREDO, E. M.; QUEIROZ, P. Qualidade do ambiente aéreo na criação de codornas de corte mantidas em diferentes temperaturas. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 7, n. 3, p. 1-6, 2013.

SOUSA, M. S.; TINÔCO, I. F. F.; BARRETO, S. L. T.; AMARAL, A. G.; PIRES, L. C.; FERREIRA, A. S. Determinação de limites superiores da zona de conforto térmico para codornas de corte aclimatizadas no Brasil de 22 a 35 dias de idade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 350-360, 2014.

SOUZA JÚNIOR, J. B. F.; QUEIROZ, J. P. A. F.; DOMINGOS, H. G. T.; TORQUATO, J. L.; SÁ FILHO, G. F.; COSTA, L. L. M. Avaliação termográfica de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 1, p. 61-64, 2013.

SOUZA, L. F. M. Programas de luz para codornas de postura. 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual de Montes Claros, 2015.

TINÔCO, I. F. F. 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, 2001.

UMIGI, R. T.; BARRETO, S. L. T.; REIS, R. S.; MESQUITA FILHO, R. M.; ARAÚJO, M. S. Níveis de treonina digestível para codornas japonesas na fase de produção. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 658-664, 2012.

VERCESE, F.; GARCIA, E. A.; SARTORI, J. R.; SILVA, A. de P.; FAITARONE, A. B. G.; BERTO, D. A.; MOLINO, A. de B.; PELÍCIA, K. Performance and egg quality of Japanese quails submitted to cyclic heat stress. **Brazilian Journal of Poultry Science**. v. 14, p. 37-41, 2012.

VIGODERIS, R. B.; CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; MENEGALI, I.; SOUZA JÚNIOR, J. P.; HOLANDA, M. C. R. 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.

VOHRA, P. A review of the nutrition of Japanese quail. **World Poultry Science Journal**. v. 27, p. 26-33, 1971.

WEBSTER, A. B. Behaviour of White Leghorn hens after withdrawal of feed. **Poultry Science**, v. 79, p. 192-200, 2000.

YANAGI JÚNIOR, 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. 255-260, 2002.

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; VAX, E.; RAZPAKOVSKI, V.; SHINDER, D.

Air velocity alters broiler performance under harsh environmental conditions. **Poultry science**, v. 80, n. 6, p. 724-726, 2001.

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; LUGER, D., SHINDER, D.; TANNY, J.; COHENT, S. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy and water balance under harsh environmental conditions. **Poultry Science**, v. 83, n. 2, p. 253-258, 2004.

7. APÊNDICES

7.1. Certificado de aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais- CEUA/UFV

CERTIFICADO

A Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA/UFV certifica que o processo nº 72/2015, intitulado “Influência de diferentes velocidades do ar e faixas de temperatura do ar ambiente no comportamento de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase inicial de postura”, coordenado pelo professor Richard Stephen 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 16/11/2015, com validade de 12 meses.

CERTIFICATE

The Ethic Committee in Animal Use/UFV certify that the process number 72/2015, named “Influence of different air speeds and ambient air temperature ranges in the behavior of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) in the initial laying phase”, 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 November 16, 2015 valid for 12 months.


Prof. Atima Clemente Alves Zuanon

Presidente

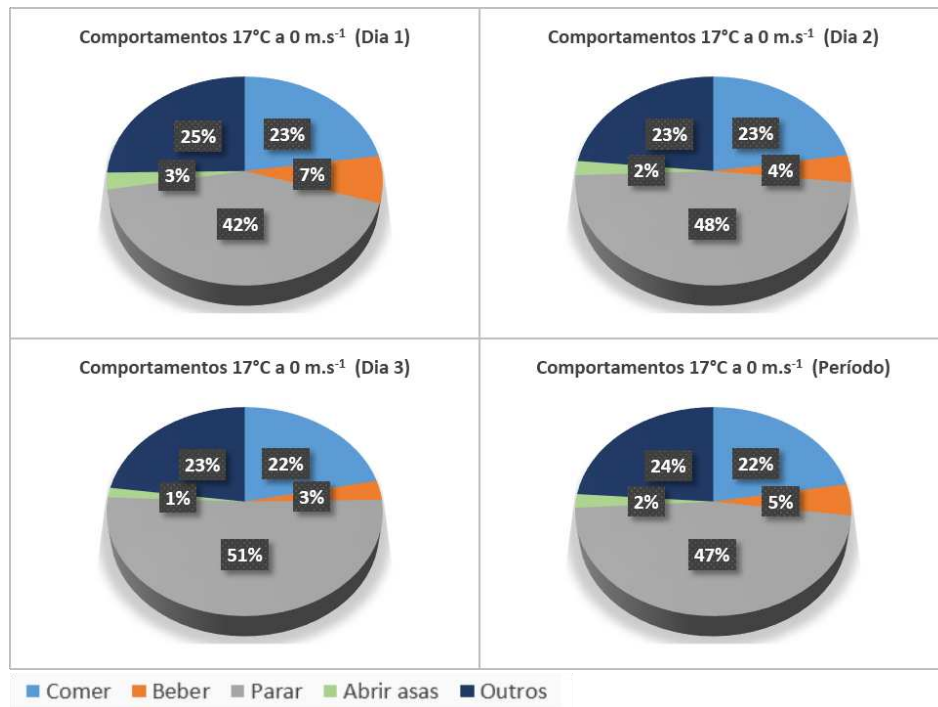
Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UFV

7.2. Frequência dos comportamentos observados (%)

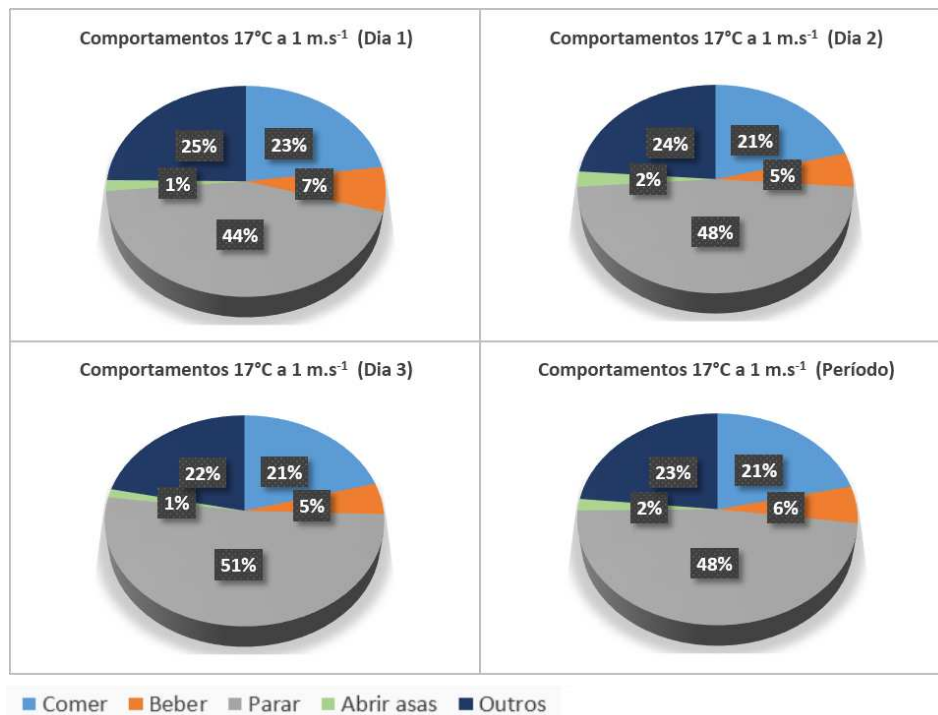
A frequência dos comportamentos, referentes aos dias de observações (dias 1, 2 e 3) e o período (% média), foram organizados por temperatura em cada velocidade do ar e podem ser observados a seguir.

7.2.1. Temperatura 17°C

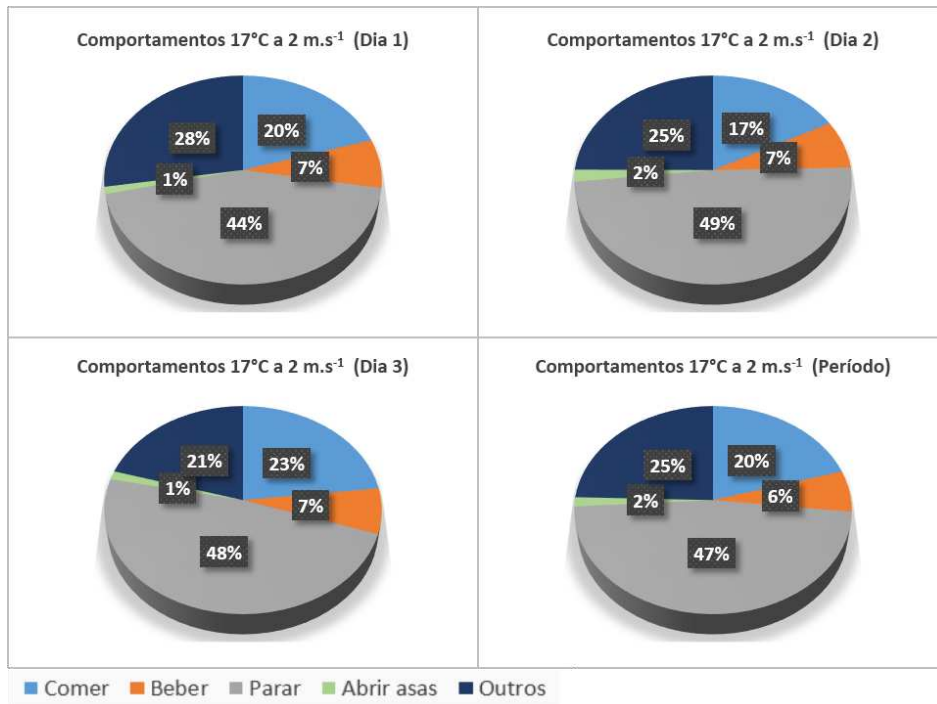
a) 0 m.s⁻¹



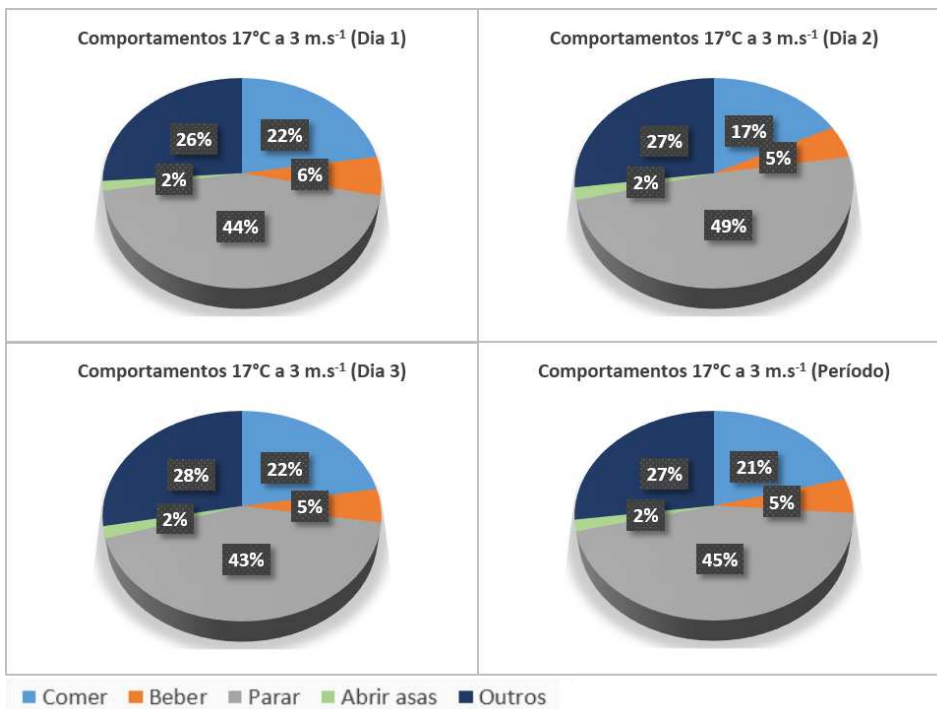
b) 1 m.s⁻¹



c) 2 m.s⁻¹

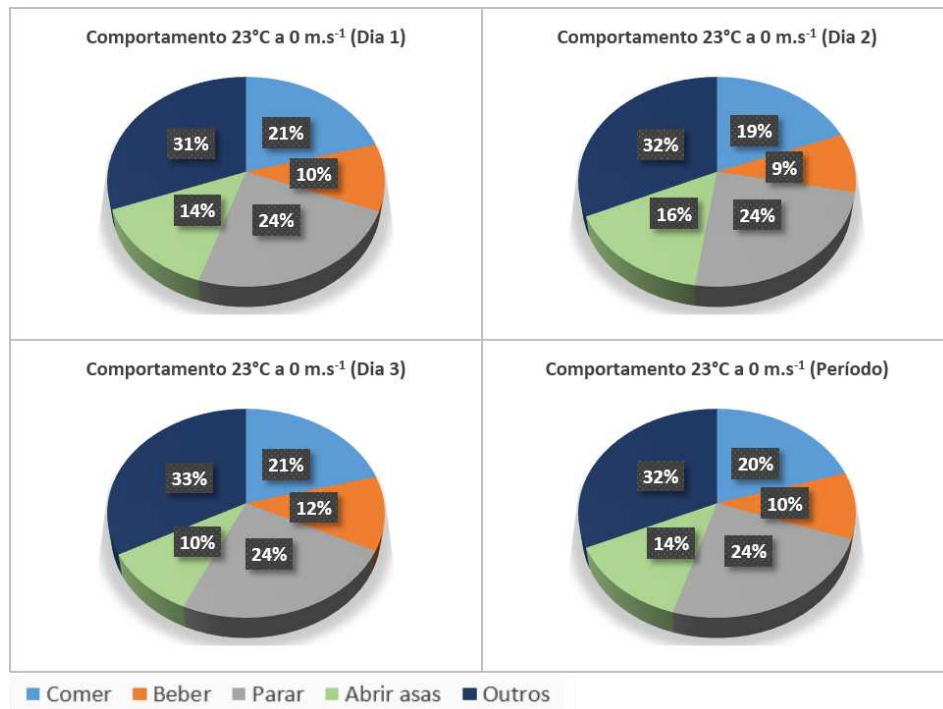


d) 3 m.s⁻¹

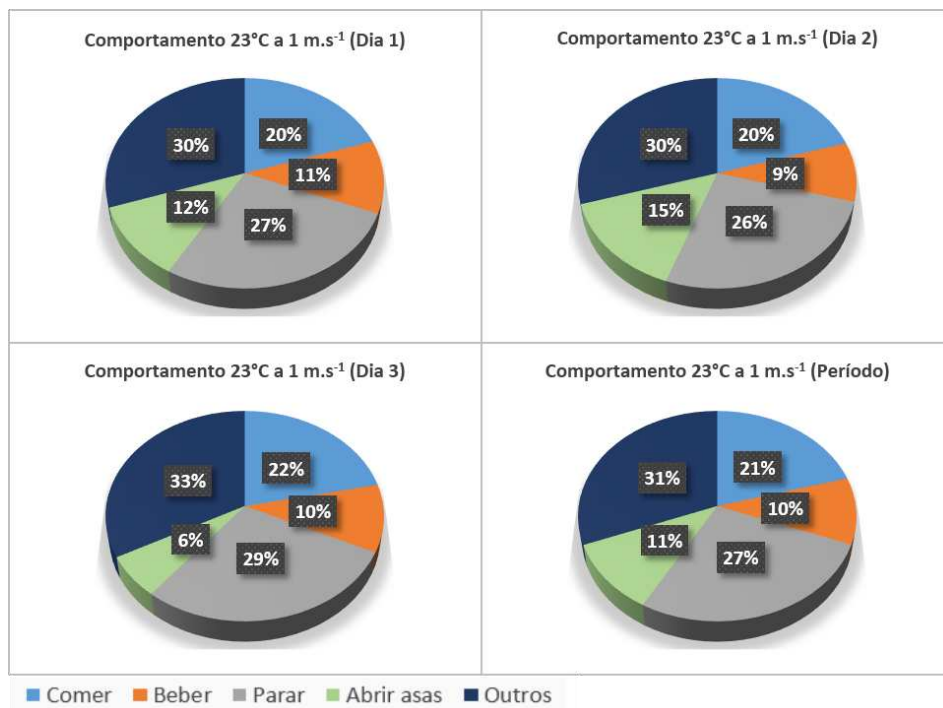


7.2.2. Temperatura 23°C

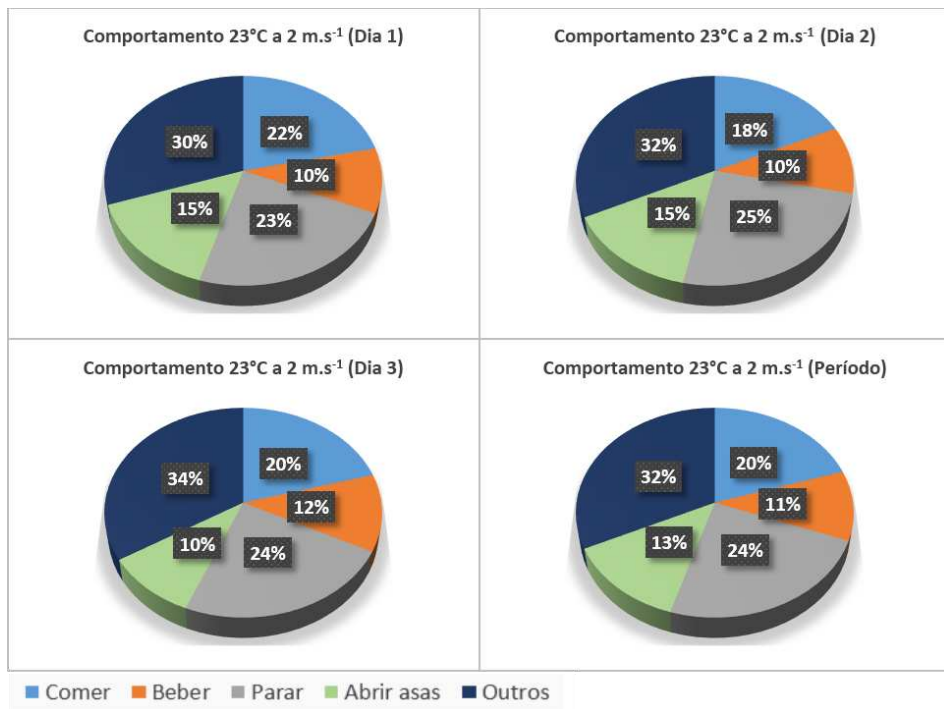
a) 0 m.s⁻¹



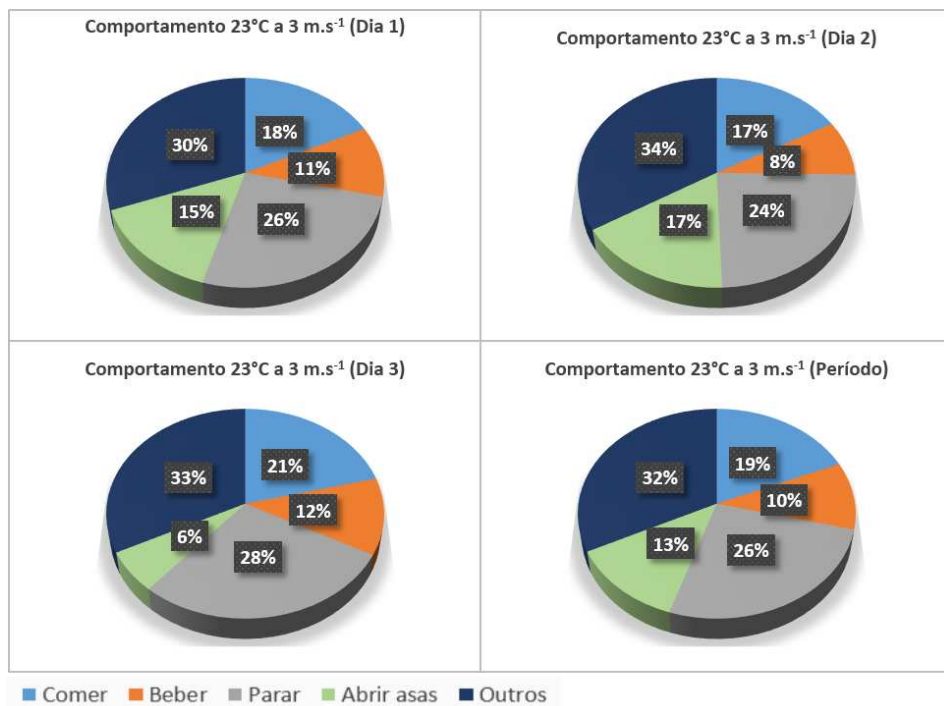
b) 1 m.s⁻¹



c) 2 m.s⁻¹

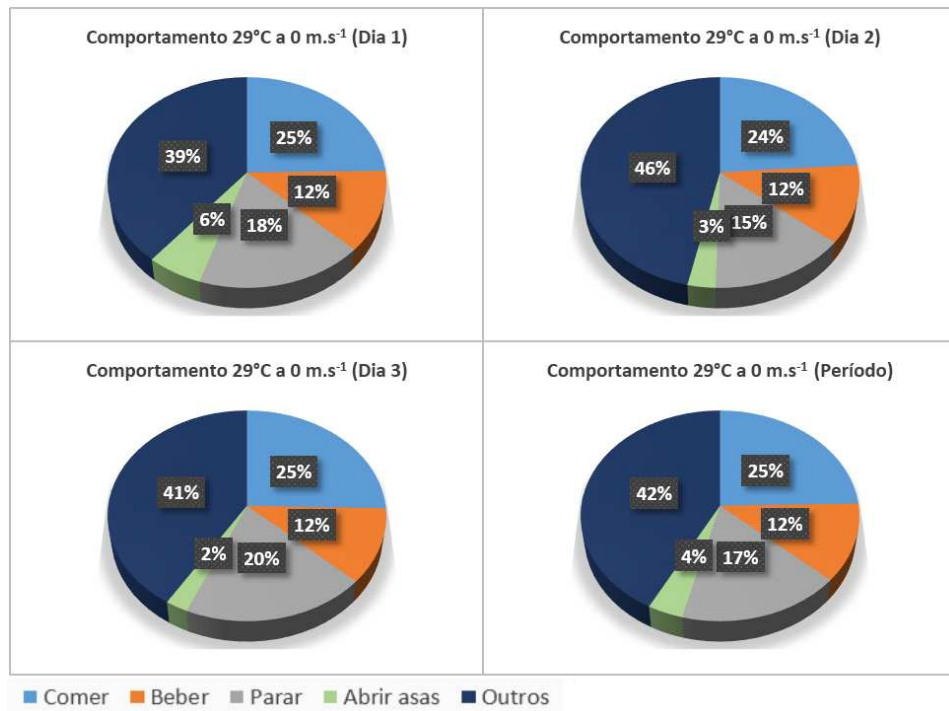


d) 3 m.s⁻¹

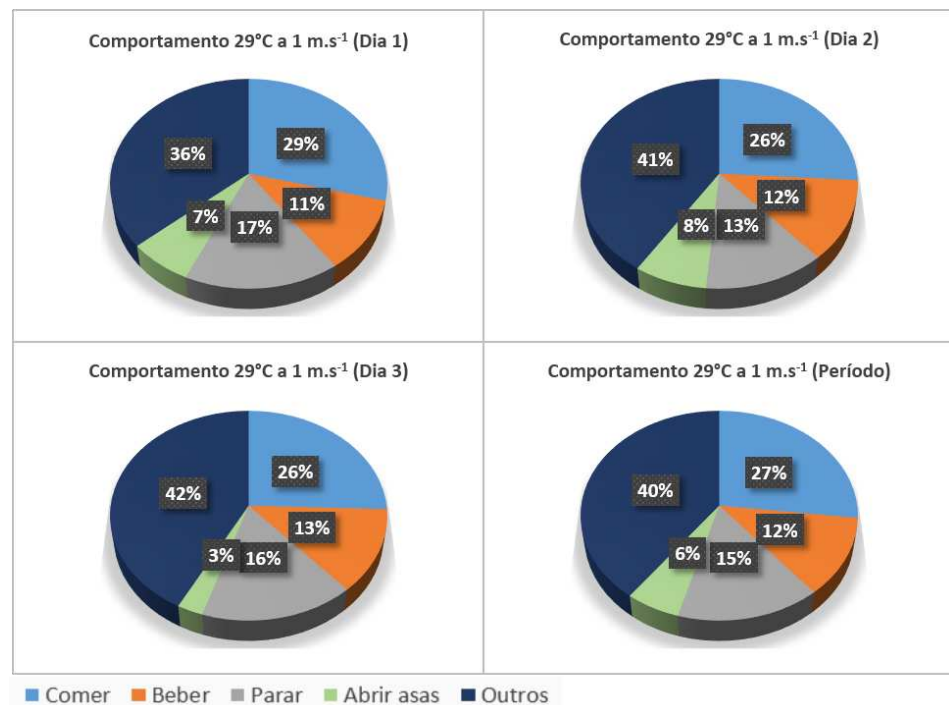


7.2.3. Temperatura 29°C

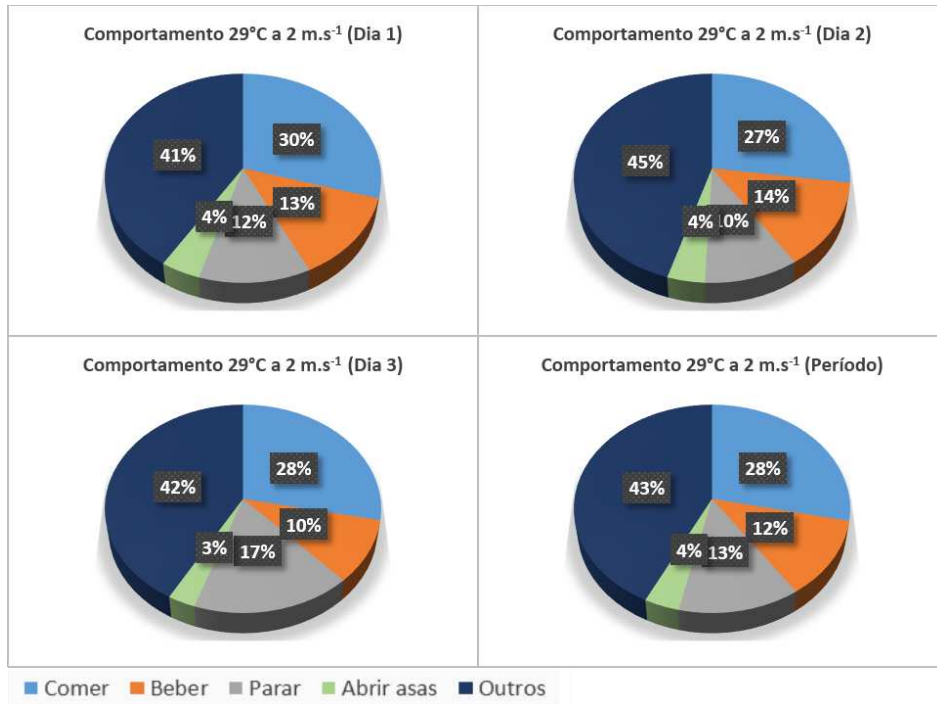
a) 0 m.s⁻¹



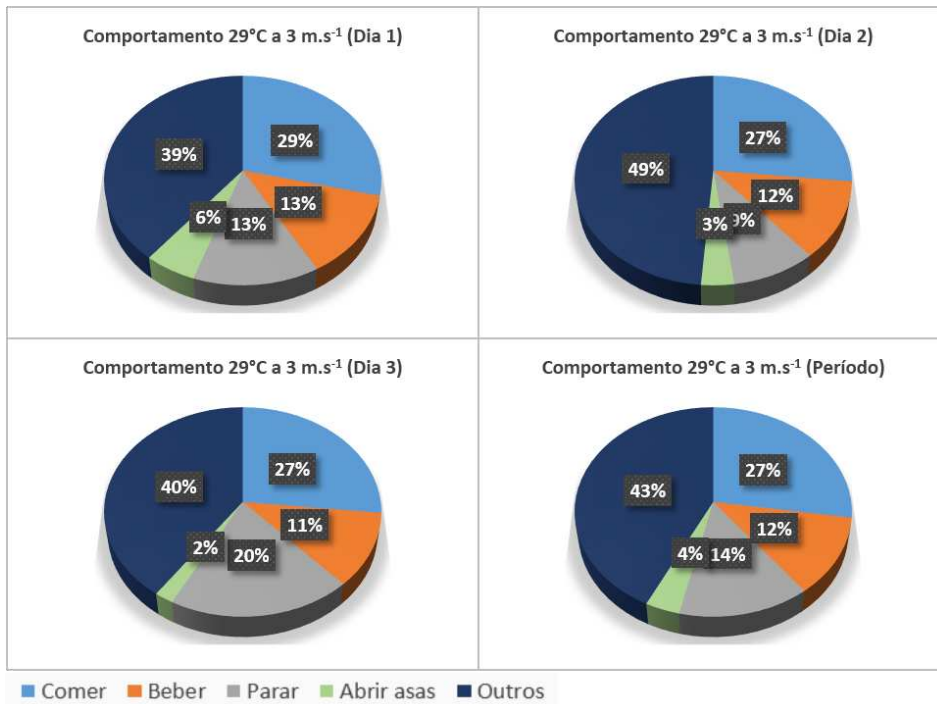
b) 1 m.s⁻¹



c) 2 m.s⁻¹

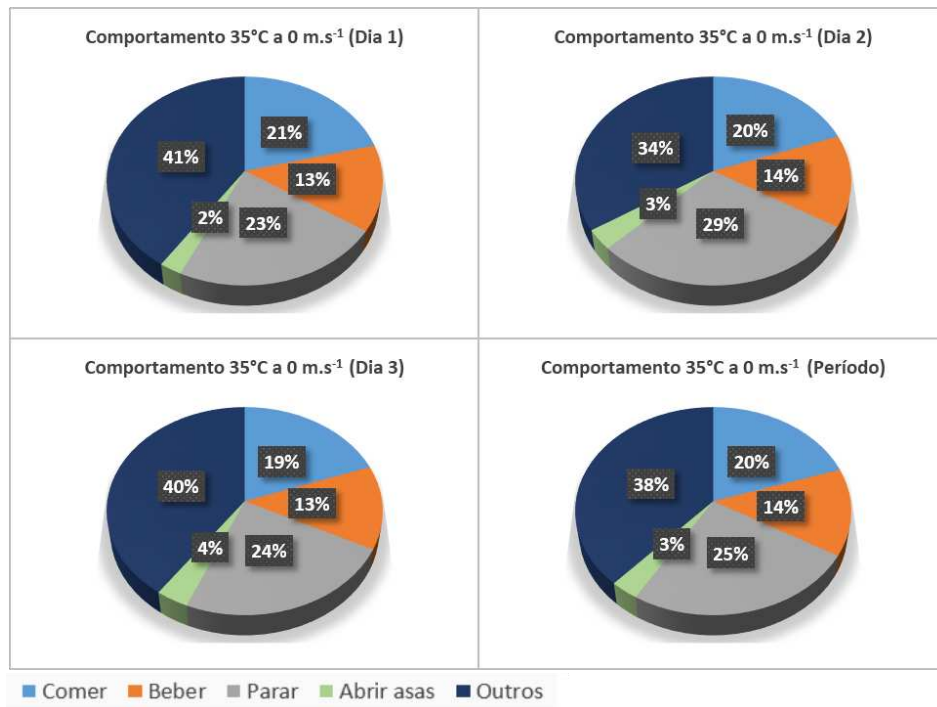


d) 3 m.s⁻¹

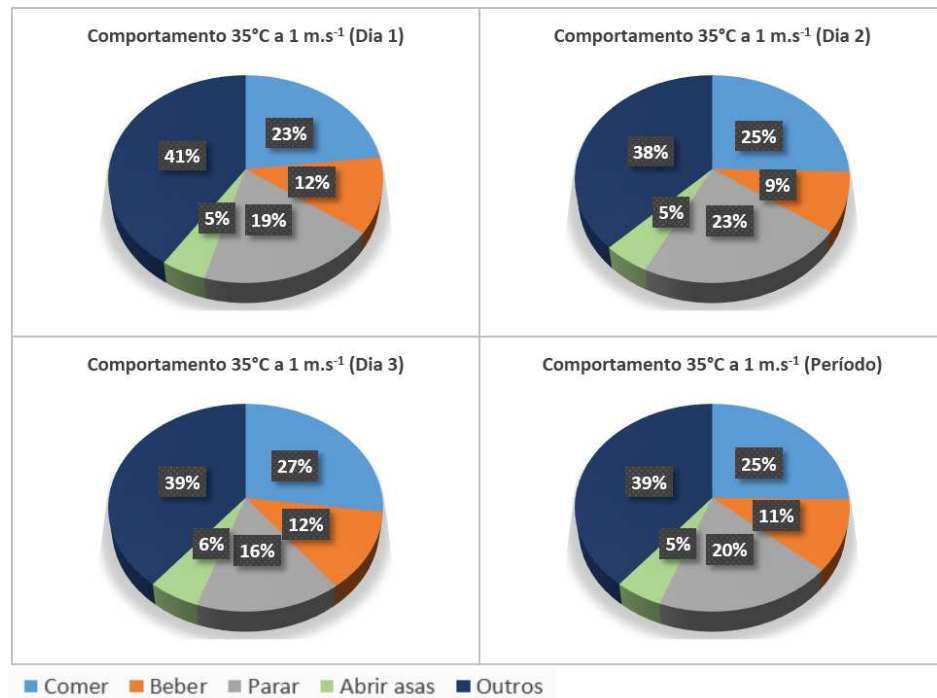


7.2.4. Temperatura 35°C

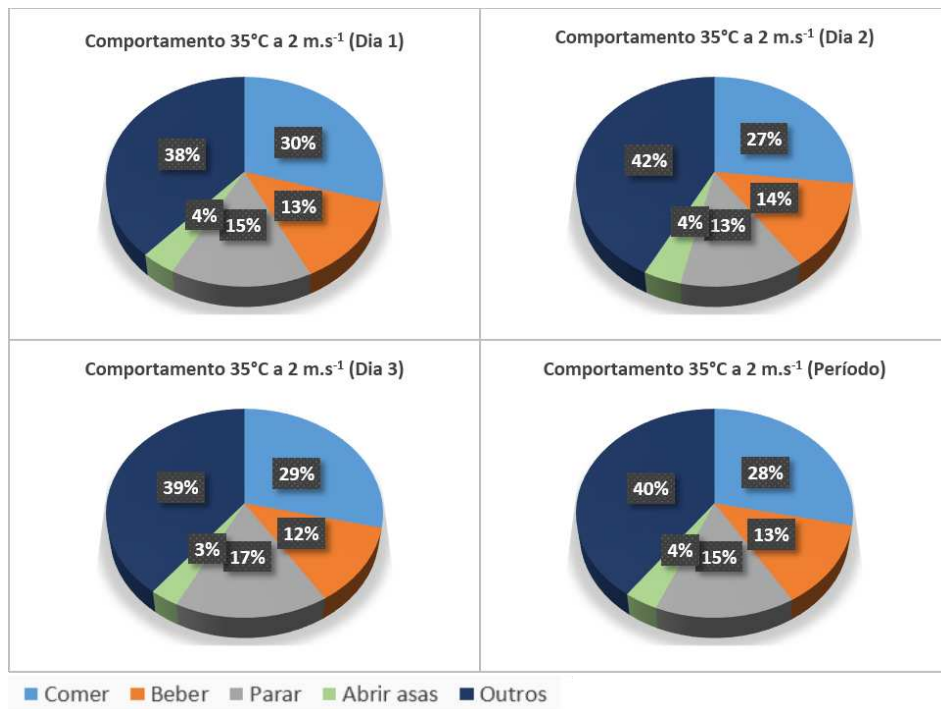
a) 0 m.s⁻¹



b) 1 m.s⁻¹



c) 2 m.s^{-1}



d) 3 m.s^{-1}

