



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**TROCAS DE CALOR E DESEMPENHO DE CODORNAS
JAPONESAS CONFINADAS EM AMBIENTE TERMONEUTRO E
SOB ESTRESSE TÉRMICO**

RAFAEL COSTA SILVA

Campina Grande - Paraíba

Fevereiro - 2017

RAFAEL COSTA SILVA

**TROCAS DE CALOR E DESEMPENHO DE CODORNAS
JAPONESAS CONFINADAS EM AMBIENTE TERMONEUTRO E
SOB ESTRESSE TÉRMICO**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA

**ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ WALLACE BARBOSA DO NASCIMENTO
(UAEA/UFCG)**

Campina Grande - Paraíba

Fevereiro - 2017

RAFAEL COSTA SILVA

**TROCAS DE CALOR E DESEMPENHO DE CODORNAS
JAPONESAS CONFINADAS EM AMBIENTE TERMONEUTRO E
SOB ESTRESSE TÉRMICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Campina Grande - Paraíba

Fevereiro - 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento

(Orientador)
Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado

(Membro interno)
Universidade Federal de Campina Grande

Profa. Dra. Valéria Peixoto Borges

(Membro externo)
Universidade Federal da Paraíba

Profa. Dra. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco

(Membro externo)
Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. Tiago Gonçalves Pereira Araújo

(Membro externo)
Universidade Federal de Campina Grande

Campina Grande - Paraíba

Fevereiro – 2017

DEDICATÓRIA

À Deus,

Aos meus pais, Mozaniel e Olívia

Às minhas irmãs Raissa e Renale

Às minhas sobrinhas Beatriz e Isabela

Ao meu grande amigo Fillipe Araújo do Nascimento (*in memoriam*)

Ofereço e dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor José Wallace Barbosa do Nascimento, pela amizade, pelo conhecimento, orientação e dedicação ao longo de toda minha trajetória acadêmica.

Aos meus pais Mozaniel e Olívia, pelos ensinamentos, motivação e contribuição.

As minhas irmãs Raissa e Renale, e minha namorada Laryssa, pelo companheirismo, amor e cumplicidade.

A todos os professores e funcionários da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, bem como aos colegas e amigos do Grupo de Construções Rurais e Ambiente (GCAMB), em especial à equipe composta por Ladyanne, Patrício, Thiago, Marquinhos, Paulinho e Evaldo, aos quais agradeço pela fundamental ajuda na execução deste trabalho.

A Coordenação da Pós-graduação em Engenharia Agrícola (COPEAG) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por todo suporte durante o curso de doutoramento.

Ao professor e amigo Tiago Araújo, pela motivação e enorme contribuição nesta jornada.

Aos membros das bancas examinadoras da qualificação e da defesa da tese, pela disponibilidade, sugestões e contribuições ao trabalho.

Aos professores e amigos do AMBIAGRO/UFV, os quais prontamente me acolheram no grupo no início do meu curso de doutoramento, em especial à professora Ilda Tinôco, pelo carinho e efetiva contribuição nessa caminhada.

Aos amigos da República Malibú, em Viçosa - MG.

Aos amigos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada/UFRPE.

À família “Deskolados”.

E aos meus amigos que, de uma forma ou de outra, contribuíram com sua amizade e com sugestões efetivas para a realização deste trabalho, gostaria de expressar minha enorme gratidão.

Muito obrigado!

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1	Layout da câmara climática.....	25
FIGURA 2	Esquema de instalação das minicâmaras no interior da câmara climática.....	25
FIGURA 3	Sensor de umidade e temperatura DHT11.....	27
FIGURA 4	Microcontrolador Arduíno Uno.....	28
FIGURA 5	Aparelho adaptado utilizado na determinação da gravidade específica dos ovos.....	29
FIGURA 6	Determinação do pH do albúmen com a utilização do pHmetro	32
FIGURA 7	Vistas lateral (a) e superior (b) da máquina de cisalhamento adaptada à quebra dos ovos	33
FIGURA 8	Bebedouro com célula de carga para aferição do consumo de água pelas aves.....	34
FIGURA 9.	Câmera termográfica modelo TI 55FT FlexCam.....	35
FIGURA 10	Termômetro clínico veterinário digital com haste rígida (branco) – Bioland.....	36
FIGURA 11	Consumo médio de ração (CR) das aves	52
FIGURA 12	Consumo médio de água (CA) das aves	53
FIGURA 13	Percentual de postura das aves confinadas	54
FIGURA 14	Temperatura retal das aves.....	56
FIGURA 15	Frequência respiratória das aves	57
FIGURA 16	Imagem termográfica – Temperatura 20 °C – Velocidade do ar 0,5 m s ⁻¹ – UR 65%	62
FIGURA 17	Imagem termográfica – Temperatura 20 °C – Velocidade do ar 2,0 m s ⁻¹ – UR 65%	62
FIGURA 18	Imagem termográfica – Temperatura 26 °C – Velocidade do ar 0,5 m s ⁻¹ – UR 65%	63

FIGURA 19	Imagem termográfica – Temperatura 26 °C – Velocidade do ar 2,0 m s ⁻¹ – UR 65%	63
FIGURA 20	Imagem termográfica – Temperatura 32 °C – Velocidade do ar 0,5 m s ⁻¹ – UR 65%	63
FIGURA 21	Imagem termográfica – Temperatura 32 °C – Velocidade do ar 2,0 m s ⁻¹ – UR 65%.....	64
FIGURA 22	Entalpia determinada nas entradas e nas saídas das minicâmaras	73
FIGURA 23	Comprimento de onda refletido pelas aves em confinamento	77
FIGURA 24	Razão de mistura determinada nas entradas e nas saídas das minicâmaras.....	78

LISTA DE TABELAS

	Pág.
TABELA 1. Correção da temperatura da água para cálculo da gravidade específica do ovo	30
TABELA 2. Medidas das variáveis climáticas, temperatura do ar (TA) e umidade relativa do ar (UR) nas diferentes condições propostas	40
TABELA 3. Temperaturas e umidades relativas do ar (média e desvio padrão) aferidos na saída das minicâmaras para cada ambiente térmico proposto para as aves	41
TABELA 4. Média das variáveis: massa dos ovos, gravidade específica, índice de gema e unidade Haugh em relação aos ambientes microclimáticos submetidos às aves	42
TABELA 5. Resultados obtidos das análises do pH do albúmen e da gema, bem como os valores da unidade de qualidade interna (UQI).....	47
TABELA 6. Resistência transversal, resistência longitudinal e espessura da casca dos ovos	50
TABELA 7. Médias das temperaturas da cabeça (Tcab), asa (Tasa), pata (Tpata), dorso (Tdorso), crista (Tcrista) e a temperatura superficial (TSM) nas diferentes condições de confinamento das codornas.....	58
TABELA 8. Trocas de calor por radiação (QR), convecção (Qc) e calor total (Qt)	67

SUMÁRIO

	Pág.
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Tabelas	ix
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Coturnicultura no Brasil	4
2.2 Ambiência na produção de codornas	6
2.3 Influência das variáveis ambientais na produção	7
2.3.1 Qualidade do ar	8
2.3.2 Temperatura do ar	10
2.3.3 Umidade relativa do ar	11
2.3.4 Velocidade do ar	12
2.3.5 Desempenho e respostas fisiológicas	13
2.4 Utilização da termografia	15
2.5 Qualidade dos ovos	19
2.6 Trocas de calor animal <i>versus</i> ambiente	22
2.7 O problema de pesquisa	23
2.8 Objetivos	23
2.8.1 Objetivo geral	23
2.8.2 Objetivos específicos	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Descrição da área de estudo	24
3.2 Experimento	24
3.2.1 Massa dos ovos	28
3.2.2 Gravidade específica	28
3.2.3 Unidade Haugh	30
3.2.4 Índice de gema	31

3.2.5 Espessura de casca	31
3.2.6 Unidade de qualidade interna	31
3.2.7 pH dos ovos	32
3.2.8 Força de ruptura para quebra da casca dos ovos	33
3.2.9 Consumo de água e ração	34
3.3 Parâmetros fisiológicos	35
3.3.1 Temperatura superficial das aves	35
3.3.2 Temperatura cloacal e frequência respiratória	36
3.3.3 Área superficial das aves	36
3.4 Trocas de calor	37
3.5 Entalpia	38
3.6 Comprimento de ondas emitidas pelas aves	38
3.7 Análise psicrométrica do ar – razão de mistura	38
3.8 Delineamento estatístico	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 Caracterização termohigrométrica do ambiente de criação	40
4.2 Qualidade dos ovos	41
4.2.1 Massa dos ovos	41
4.2.2 Gravidade específica	43
4.2.3 Índice de gema	44
4.2.4 Unidade Haugh	44
4.2.5 pH do albúmen e da gema	46
4.2.6 Unidade de qualidade interna	47
4.2.7 Resistências transversal e longitudinal à ruptura da casca	48
4.2.8 Espessura da casca do ovo	50
4.2.9 Consumo de ração e água	51
4.2.10 Porcentagem de Postura	53
4.3 Parâmetros fisiológicos das aves	54
4.3.1 Temperatura retal	54
4.3.2 Frequência respiratória	56

4.3.3 Temperatura superficial	58
4.4 Trocas de calor entre as aves e o ambiente	64
4.4.1 Área superficial das aves	65
4.4.2 Trocas de calor por radiação	65
4.4.3 Trocas de calor por convecção	67
4.4.4 Trocas de calor total	68
4.4.5 Entalpia	72
4.4.6 Comprimento de onda	76
4.4.7 Razão de mistura	77
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	80
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXO.....	94

RESUMO

A produção de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) vem ganhando destaque no cenário nacional frente as demais produções pecuárias já consolidadas dentro do sistema agroindustrial avícola, principalmente nas últimas duas décadas. Esse crescimento vem despertando a atenção e o interesse de pesquisadores no sentido de desenvolver trabalhos que contribuam para o maior aprimoramento e fixação da coturnicultura como exploração ainda mais rentável na produção comercial. Dentro dessas linhas de pesquisa, destacam-se o bem estar das aves nos ambientes de criação e as trocas de calor, pois o entendimento das respostas fisiológicas das aves frente às variações climáticas é fator preponderante para que se busque elevados índices de produtividade. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar as trocas de calor e o desempenho produtivo de codornas japonesas de postura, alojadas em ambientes com condições bioclimáticas controladas, submetidas a condições de conforto e estresse. Neste sentido, esta pesquisa foi desenvolvida em câmara climática utilizando-se 30 codornas japonesas em pico de postura, alojadas em minicâmaras providas de comedouro, bebedouro e sistema para coletas de dejetos. Os animais foram submetidos a três temperaturas (20, 26 e 32 °C), e duas velocidades do ar (0,5 e 2,0 m s⁻¹), mantendo-se a umidade relativa do ar constante em 65%. Foram avaliados parâmetros de qualidade dos ovos, ingestivos e fisiológicos das aves. Para as trocas caloríficas, analisaram-se as transferências por radiação e convecção, além da entalpia do ar e a taxa de razão de mistura. Os resultados indicaram que os ambientes com 20 °C e 2,0 m s⁻¹ e 32 °C e 0,5 m s⁻¹ conferiram condições inadequadas para a produção de codornas japonesas de postura; já para o comportamento ingestivo, houve uma maior procura por água pelas aves com o aumento da temperatura, e uma diminuição na ingestão de alimentos. Os parâmetros fisiológicos e termodinâmicos apresentaram valores crescentes de acordo com a elevação da temperatura do ar, diferentemente do comprimento de ondas emitidas pelas aves, que apresentou comportamento inversamente proporcional. A troca de calor por radiação foi bastante inferior quando comparada com a perda por convecção.

Palavras-chave: Conforto térmico. Bem estar animal. Câmara climática. Termorregulação. Trocas termodinâmicas.

ABSTRACT

The production of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) has been gaining prominence in the national scenario compared to other livestock production already consolidated within the poultry agroindustrial system, mainly in the last two decades. This growth has aroused the attention and interest of researchers in the development of works that contribute to the improvement and fixation of coturniculture as an even more profitable exploration in commercial production. Within these lines of research, highlight the welfare of birds in breeding environments and heat exchanges, since the understanding of the birds' physiological responses to climatic variations is a preponderant factor in order to seek high productivity indexes. The objective of this work was to evaluate the heat exchanges and productive performance of Japanese laying quails, housed in environments with controlled bioclimatic conditions, under conditions of comfort and stress. In this sense, this research was developed in a climatic chamber using 30 Japanese quail in peak posture, housed in mini-chambers equipped with feeder, drinkers and waste collection system. The animals were submitted to three temperatures (20, 26 and 32 °C), and two air velocities (0.5 and 2.0 m s⁻¹), maintaining the relative humidity of the air constant at 65%. Egg quality, ingestion and physiological parameters of the birds were evaluated. For the heat exchanges, the transfers by radiation and convection, besides the enthalpy of the air and the rate of mixing ratio, were analyzed. The results indicated that the environments with 20 °C and 2.0 m s⁻¹ and 32 °C and 0.5 m s⁻¹ confer inadequate conditions for the production of Japanese laying quails; Already for the ingestive behavior, there was a greater demand for water by the birds with the increase of the temperature, and a decrease in the food intake. The physiological and thermodynamic parameters presented increasing values according to the elevation of the air temperature, unlike the length of waves emitted by the birds, which presented an inversely proportional behavior. The heat exchange by radiation was much lower when compared to the loss by convection.

Keywords: Animal welfare. Climate chamber. Thermal comfort. Thermodynamic changes. Thermoregulation.

1. INTRODUÇÃO

O plantel de codornas no Brasil ultrapassa 21 milhões de cabeças, com uma produção mais destacada na região Sudeste que possui 75,7% do total, 10,5% na região Nordeste, 10,1% na região Sul, 2,9% na região Centro-Oeste e, apenas, 0,8% na região Norte (IBGE, 2015).

O manejo, associado às condições climáticas e estruturais das instalações, tem influência na produção e na produtividade, sendo os principais fatores que interferem na produção: qualidade do ar, ventilação, umidade relativa e temperatura do ar, incidência de radiação solar diretamente na gaiola, consumo e qualidade da ração, qualidade e temperatura da água, além do manejo.

Um dos grandes desafios para a produção avícola é o controle de fatores ambientais externos e o microclima no interior das instalações, pois estes exercem efeitos diretos e indiretos sobre a produção animal em todas as fases de produção, podendo acarretar redução na produtividade com consequentes prejuízos econômicos. No Brasil, país de clima tropical, esses desafios de produção são ainda mais relevantes, pois os fatores ambientais como elevadas temperaturas e baixas ou altas umidades relativas do ar dentro das instalações podem ser limitadores ao bem-estar e a uma maior produtividade animal.

O conhecimento das respostas fisiológicas das aves, relacionadas ao ambiente térmico no qual estão inseridas, permite a adoção de medidas e/ou alteração de manejo, da nutrição, instalações e equipamentos, podendo assim maximizar os resultados da produção.

Em alguns sistemas de produção de codornas no Brasil, os fatores climáticos nem sempre são compatíveis com as necessidades fisiológicas das aves, e o microclima gerado dentro de uma instalação é definido pela combinação de elementos como: as variáveis termodinâmicas do ar ambiente, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do ar, densidade animal, manejo, dentre outros.

Sendo assim, a motivação deste trabalho é a de observar as respostas fisiológicas produtivas às trocas termodinâmicas observadas no confinamento de codornas de postura, frente às diferentes combinações de elementos climáticos interferentes, a fim de identificar as condições ambientais mais propícias à produção dessas aves, sem perdas produtivas significativas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Coturnicultura no Brasil

A coturnicultura brasileira vem crescendo de maneira expressiva em razão da possibilidade do rápido retorno do capital investido, além disso, a produção de carne e ovos tem aumentado consideravelmente (Teixeira et al., 2012); esta última, está entre as mais importantes características para a produção de codornas e pode influenciar diretamente o lucro da atividade de produção (Silva et al., 2013).

Segundo o IBGE (2015), no Brasil, no ano de 2014, observou-se um aumento no plantel de codornas de 8,1%, representando um total de 21,99 milhões de unidades, e um incremento de 13,9% (representando um total de 447,47 milhões de dúzias) na produção de ovos dessas aves. Em termos regionais, 75,7% da produção estão localizados na Região Sudeste; 10,5% na região Nordeste; 10,1% na região Sul; 2,9% na região Centro-Oeste; e apenas 0,8% na região Norte. O estado de São Paulo, isoladamente, foi responsável por 54,7% do efetivo nacional, Bastos (SP), Iacri (SP) e Santa Maria de Jetibá (ES) foram os responsáveis pelos maiores efetivos de codorna e responderam respectivamente por 19,3%, 14,8% e 11,4% do efetivo nacional em 2015.

Alguns fatores como a sua precocidade sexual, alta produtividade, pequena exigência de espaço para instalação e produção, baixo investimento inicial frente às outras cadeias produtivas avícolas e a resistência do animal às enfermidades, além de baixo consumo de ração, contribuem para estimular cada vez mais a criação de codornas (Jacome et al., 2012, Guimarães et al., 2014 e Sousa et al., 2014). Tal criação vem se desenvolvendo como uma atividade agroindustrial, por ser bastante rentável ao produtor, tanto para produção de ovos quanto de carne, e, principalmente, devido ao confinamento desses animais em instalações mais apropriadas, novos equipamentos, galpões automatizados e climatizados, novas matrizes e reprodutores melhorados que possibilitam maior produtividade dos plantéis e um crescente aumento na produção de ovos de codornas (Albino & Barreto, 2012).

A codorna é uma das aves mais precoces e produtivas, iniciando a sua postura em torno do 40º dia de idade, produzindo, em média, 300 ovos no primeiro ano de vida (Moura et al., 2008). O ovo produzido caracteriza-se por ser um alimento de alto valor nutritivo.

A espécime japonesa apresenta elevada rusticidade, crescimento rápido, baixo consumo de ração (23 a 25 g ave⁻¹ dia⁻¹), grande longevidade em alta produção (por volta dos 360 dias), postura regular (média de 300 ovos ano⁻¹) e precocidade sexual (40 dias, em média). Esses fatores favoreceram o aumento na exploração da coturnicultura de postura, principalmente nas regiões Sudeste, Nordeste e Sul do Brasil (Sarcinelli, 2012).

A coturnicultura é considerada uma atividade agroindustrial que apresenta boas condições de crescimento econômico em regiões como o semiárido brasileiro; isso posto, surge a necessidade de pesquisas que possibilitem fornecer subsídios para essa atividade de forma a proporcionar bem-estar aos animais e obter um melhor desempenho produtivo (Guimarães, 2012).

Os fatores ambientais externos e o microclima interno às instalações exercem efeitos diretos e indiretos sobre a produção animal, em todas as fases de produção, e podem acarretar redução na produtividade e prejuízos econômicos, caso não se tenha um manejo adequado sobre esses fatores climáticos (Bridi, 2011).

2.2 Ambiência na produção de codornas

O ambiente em que as aves são criadas compreende elementos físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que influenciam em seu desenvolvimento e produção. Dentre os elementos climáticos, componentes do ambiente térmico do animal, destacam-se variáveis como: temperatura e umidade relativa do ar, movimentação do ar e radiação solar, sendo estes os mais relevantes por exercerem ação direta e imediata sobre as respostas comportamentais, produtivas e reprodutivas dos animais (Baêta & Souza, 2010).

As tecnologias e suas adaptações na criação das aves devem ser consideradas na ambiência das instalações, sendo importante o conhecimento de aspectos como: a fisiologia das aves; diagnóstico bioclimático da microrregião de produção ou implantação de novos sistemas; a aplicação dos conceitos básicos da ambiência e a tipificação dos sistemas (Abreu & Abreu, 2011).

Segundo Welker et al. (2008), o conforto térmico no interior das instalações avícolas é imprescindível, uma vez que condições climáticas inadequadas podem afetar negativamente o desempenho do animal; assim, nas regiões de climas tropical e subtropical, é de fundamental importância o estudo dessas características. Os ambientes ditos “estressantes” podem ser causados por uma única variável ambiental, por exemplo: temperatura ambiente elevada, ou combinações de variáveis tais como temperatura e umidade do ar elevadas, ou mesmo pelo conjunto dos fatores climáticos interferentes.

Em diversos sistemas de produção de aves no Brasil, os fatores climáticos são pouco gerenciados e o microclima das instalações para a produção e bem-estar das aves nem sempre atendem as suas necessidades fisiológicas, produtivas e reprodutivas. Assim, o desconforto térmico interfere nos mecanismos comportamentais e fisiológicos que as aves possuem para se protegerem de extremos climáticos, acarretando desperdício de energia e, conseqüentemente, queda na produção (Amaral, 2012). Em aves poedeiras, esse desconforto acarreta uma série de conseqüências que estão ligadas à queda no consumo de alimentos, menor taxa de crescimento, menor conversão alimentar, queda na produção e na qualidade dos ovos (Vercese, 2010).

Para Berto (2012), aves submetidas a condições de termoneutralidade não apresentam alterações graves em seu desempenho; entretanto, podem ter seus índices de produção afetados por problemas sanitários, qualidade genética inferior, manejo inadequado e/ou nutrição. A exposição de aves às condições térmicas desfavoráveis, como temperaturas e umidades relativas do ar acima da zona de conforto térmico, resulta em

aumento da temperatura corporal e alcalose respiratória, exercendo impacto negativo sobre o desempenho do animal (Furlan, 2005).

A codorna pode ser criada sob condições de calor (Umigi et al., 2012), sendo que a temperatura ambiente ideal (zona de conforto térmico - ZCT) na fase de postura é considerada entre 18 e 26 °C, enquanto que a umidade relativa do ar deve estar entre 65 e 70% (Oliveira, 2007). A ZCT se relaciona com o ambiente ideal no qual a amplitude térmica deve ser bem restrita. Nesta zona, o animal alcança seu potencial máximo e a temperatura corporal é mantida com mínima utilização de mecanismos termorreguladores (Baêta & Souza, 2010).

2.3 Influência das variáveis ambientais na produção

Na zona termoneutra, as aves dispõem de menor quantidade de energia para manter sua homeotermia, de modo que a maior parte da energia assimilada da ração consumida é destinada aos processos produtivos ou reprodutivos. Considerando a importância das variáveis ambientais, como temperatura e umidade relativa do ar, por interferirem na produção e no bem-estar das aves, torna-se necessário que as mesmas sejam monitoradas e bem manejadas a fim de maximizar a produção (Araújo et al., 2007).

A susceptibilidade das aves ao estresse por calor aumenta à medida que o binômio umidade relativa e temperatura ambiente ultrapassa a zona de conforto térmico, dificultando, assim, a transferência do excesso de calor corporal produzido para o ambiente, elevando, conseqüentemente, a temperatura corporal da ave (Costa et al., 2012).

Aves submetidas a condições ambientais desfavoráveis respondem com comportamentos alimentares e físicos característicos. Durante o estresse térmico, as aves podem alterar seus comportamentos no sentido de manter sua temperatura corporal dentro dos limites normais. Ajustes de comportamento, como por exemplo redução das atividades físicas, podem ocorrer rapidamente e com menor dispêndio de energia para a ave do que

muitas respostas fisiológicas. Assim, sob condições de temperaturas elevadas, as aves tendem a permanecer deitadas e com as asas abertas, o que proporciona o aumento da dissipação de calor pela maximização da sua área de superfície corporal, que pode vir acompanhado da piloereção e aumento do fluxo sanguíneo para os tecidos periféricos não cobertos com penas, como pés, crista e barbela, incrementando a perda de calor via núcleo central para a superfície do corpo (Baêta & Souza, 2010).

A exposição a altas temperaturas, por exemplo, faz com que as aves alterem seu comportamento para proporcionar a máxima perda de calor para o ambiente e minimizar a sua produção de calor. Segundo Santos et al. (2012), na tentativa de manter a temperatura corporal dentro dos limites fisiológicos (quando há aumento da temperatura corporal em função de aumento na temperatura ambiental), as aves aumentam a frequência respiratória e reduzem o consumo de ração.

2.3.1 Qualidade do ar

Devido à grande expansão do segmento produtivo de codornas, os produtores se deparam muitas vezes com níveis insalubres de qualidade do ar dentro das instalações, como níveis elevados de amônia (NH_3) oriundos das excretas das aves, que exigem mecanismos de ventilação adequados (Cardozo et al., 2010). A concentração de gases no interior das instalações avícolas, se em grandes quantidades, altera as características ideais do ar, contribuindo para o aumento da suscetibilidade dos animais a doenças respiratórias e/ou prejuízos no processo produtivo (Nääs et al., 2007). A avaliação da qualidade do ar em galpões para codornas ocorre 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 a saúde humana (Moura et al., 2010)

Além do gás amônia, outros contaminantes gasosos significativos em instalações para animais são o dióxido carbônico (CO_2), o monóxido de carbono (CO), o metano (CH_4) e o gás

sulfídrico (H₂S). No caso das instalações para aves, a amônia (NH₃), o CO₂ e o CO são os gases que mais contribuem para a má qualidade do ar (Sousa et al.,2014).

A presença de determinados gases nocivos à saúde das aves no ambiente de criação permite avaliar se as taxas de renovação higiênica de ar (ventilação mínima) estão sendo atendidas para cada idade específica dos animais, de maneira a garantir seu desempenho produtivo. Outro aspecto fundamental, relacionado à importância do monitoramento da qualidade do ar no ambiente de criação das aves, advém do atendimento às leis da gestão ambiental relacionadas à necessidade de redução da emissão de gases nocivos para a atmosfera, redução da poluição aérea e ambiental e preservação da vida sobre o planeta (Sousa et al., 2013)

2.3.2 Temperatura do ar (TA)

A temperatura do ar é considerada o elemento climático de maior preponderância sobre o ambiente físico dos animais (Amaral, 2012), e quando correlacionada com a umidade relativa (UR) estão intimamente pertinente ao conforto térmico animal; quando a TA está muito elevada, acima de 35 °C, o principal meio de dissipação de calor das aves é a evaporação, que depende da umidade relativa do ar (Baêta & Souza, 2010).

De acordo com Vercese (2010), em um ambiente com temperatura a partir de 27 °C, sob condições contínuas, as codornas japonesas apresentaram evidências de estresse térmico com redução no consumo de ração, peso e massa dos ovos; com a elevação na temperatura ambiente para 36 °C, esta afetou negativamente o percentual de ovos viáveis e o percentual de postura, comprovando o conseqüente efeito do estresse térmico no metabolismo e no equilíbrio térmico corporal das aves.

A análise das temperaturas máxima e mínima, no interior das instalações, permite o conhecimento adequado das condições ambientais no período de confinamento, sendo também necessário estabelecer outros parâmetros ambientais e utilizá-los para predizer o

conforto ou desconforto ambiental das aves (Abreu & Abreu, 2011). Conhecendo-se os efeitos da temperatura sobre o desempenho de codornas, pode-se proporcionar maior conforto térmico às aves alojadas em ambiente térmico específico.

Lima (2011) afirmam que as codornas toleram temperaturas mais elevadas em relação a frangos, devido a maior superfície em relação a massa corporal, aumentando a dissipação de calor gerado no metabolismo.

As aves consomem maior quantidade de água quando a temperatura ambiente aumenta; assim, é importante que essas aves tenham acesso à quantidade suficiente de água com qualidade e a temperaturas adequadas, especialmente no período seco, uma vez que a capacidade de perda de calor corporal tem influência direta no ganho de peso, produção de ovos e taxa de sobrevivência, além do consumo de água dobrar ou até triplicar durante os períodos de estresse calórico (Gama, 2011).

Pinto et al. (2003) avaliaram codornas japonesas na fase de crescimento e observaram que o desempenho produtivo das codornas foi afetado a partir da quarta semana de idade, em função da temperatura do ar (29 °C) encontrar-se bem acima da temperatura de conforto das codornas (18 a 26 °C), mesmo com a umidade relativa satisfatória (65%). Sousa et al. (2014) pontuam que a faixa de temperatura do ar que caracteriza a zona de conforto térmico para codornas de corte é de 24°C a 26°C.

A exposição a altas temperaturas faz com que as aves alterem seu comportamento para proporcionar a máxima perda de calor para o ambiente e minimizar a sua produção de calor. Segundo Oliveira et al. (2006), na tentativa de manter a temperatura corporal dentro dos limites fisiológicos (quando há aumento da temperatura corporal em função de aumento na temperatura ambiental), as aves aumentam a frequência respiratória e reduzem o consumo de ração.

2.3.3 Umidade relativa do ar

As aves são sensíveis ao estresse calórico quando os valores de umidade relativa do ar, indicados como ideais para o conforto das aves, estão fora dos limites recomendados. A elevada umidade relativa do ar, nos aviários que utilizam cama, pode acarretar umedecimento desta e afetar a saúde das aves (Barbosa Filho, 2004). Assim, a capacidade da codorna em eliminar calor depende da umidade do ar, ou seja, quanto maior a umidade relativa do ar, menor será a capacidade da codorna para suportar o calor (também dependente da temperatura do ar). A dissipação de calor corporal pelo processo evaporativo exige que a codorna gaste energia através da respiração ofegante (Pereira, 2005).

A capacidade das aves em “tolerar” o calor é inversamente proporcional ao percentual de umidade relativa do ar; assim, quanto maior o percentual, mais dificuldade a ave terá de remover calor interno pelas vias aéreas, levando ao aumento da frequência respiratória. (Oliveira et al., 2006).

Albino & Barreto (2012) pontuam que a umidade relativa do ar não deve ser superior a 70%, uma vez que, níveis acima deste percentual, facilita a proliferação de verminoses, favorece o aparecimento de micoses, diarreias, moscas, dificulta o empenamento, além de retardar o crescimento, favorecendo queda no desempenho das aves.

Segundo Moura (2001), a umidade relativa do ar tem maior importância no conforto térmico das aves quando a temperatura ambiental atinge 25 °C, isso porque altas temperaturas associadas a elevadas taxas de umidade relativa do ar dificultam a remoção da umidade através das vias aéreas, tornando a respiração cada vez mais ofegante. A ave poderá não conseguir manter a frequência respiratória alta o bastante para remover o excesso de calor interno, levando a hipertermia, seguida de prostração e morte.

2.3.4 Velocidade do ar

A ventilação mínima, que é a quantidade de ar necessária por hora para atender à demanda de oxigênio das aves e manter a qualidade do ar, é de suma importância para o sucesso da criação de aves (Carvalho et al., 2010).

Devido aos problemas ocasionados pela má qualidade do ar ou mesmo como forma atenuante para o conforto das aves, 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, uma vez que o aquecimento adequado é fundamental no início da vida e dele depende o bom desenvolvimento das aves (Tinôco, 2001).

Segundo Bridi (2011), além de reduzir o estresse calórico, a utilização de um adequado sistema de ventilação regula a umidade relativa do ar e elimina a concentração de gases e partículas do ar, uma vez que elevadas taxas de umidade relativa diminuem a capacidade de dissipação de calor corporal por meio evaporativo e aumenta a viabilidade de agentes infecciosos.

Nazareno (2008) comenta que a velocidade do ar influencia positivamente a condição de conforto dos animais, tendo efeito direto na produtividade. Assim, a partir do conhecimento das necessidades ambientais das espécies, do tipo de manejo, clima local e das características das instalações, pode-se projetar um sistema de ventilação natural ou artificial que melhor atenda às necessidades das aves. A renovação do ar no interior das instalações permite a redução da transferência de calor da cobertura, facilitando as trocas de calor corporal por convecção e evaporação.

2.3.5 Desempenho e respostas fisiológicas

Um dos principais efeitos fisiológicos da temperatura elevada é a indução à hiperventilação dos pulmões durante a respiração para dissipação do calor, com perda excessiva de dióxido de carbono do sangue, fator importante na formação do carbonato de cálcio para a casca do ovo (Jácome et al., 2007). A perda de dióxido de carbono do sangue das aves pode afetar o equilíbrio acidobásico durante períodos de altas temperaturas, que desencadeiam um desequilíbrio eletrolítico e mineral, podendo resultar em ovos pequenos e de casca fina (Furlan, 2009).

O desconforto térmico nas aves pode provocar uma série de consequências que estão intimamente ligadas à queda no consumo de ração, à menor taxa de crescimento, ao maior consumo de água, aceleração do ritmo cardíaco, alteração da conversão alimentar, queda na produção de ovos e maior incidência de ovos com casca mole (Rodrigues, 2016). Por serem animais homeotérmicos, as aves são capazes de regular a temperatura corporal; no entanto, esse mecanismo requer em torno de 80% da energia absorvida, sendo utilizada apenas 20% desta para a produção. Para manter a temperatura fisiológica, as aves possuem um centro termorregulador, localizado no sistema nervoso central (Scolari, 2005), sendo captadas, nesse centro, as sensações de frio e calor por células termorreceptoras periféricas (Abreu & Abreu, 2009).

Silva & Costa (2009) relatam que a ingestão de ração diária das codornas aumenta com a idade, o frio e a menor densidade energética da ração, e diminui com o aumento da temperatura ambiente, com a densidade de aves por m² e o tipo de alojamento das aves, além de que os comedouros e bebedouros, adaptados para pintos de corte, podem ser inconvenientes para as codornas porque limitam o consumo de ração e água.

Ferreira (2005) descreveu os efeitos da temperatura nas aves de postura da seguinte forma: com a temperatura ambiente até 10 °C, ocorre a queda na produção de ovos e no ganho de peso com impacto negativo sobre a conversão alimentar; entre 10 e 15 °C, piora na

conversão alimentar e a umidade relativa apresenta menor interferência sobre a termólise, que é, em sua maioria, da forma sensível; entre 15 e 25 °C, ocorre a máxima produção de ovos; até 26°C não ocorre grandes interferências na produção, entretanto, a partir de 25 °C, ocorre diminuição no consumo de ração; a partir de 26 °C, o número e o tamanho dos ovos poderão diminuir e a qualidade da casca é alterada; por volta dos 27 °C, ocorre queda no número e no tamanho dos ovos, ao mesmo tempo que o consumo de ração por quantidade de ovos produzida aumenta, conseqüentemente reduzindo a eficiência reprodutiva; acima de 30 °C, observa-se redução no consumo de ração, tamanho do ovo e a qualidade de casca dos ovos se deteriora; aos 32 °C, o consumo de água poderá ser superior ao dobro do observado em ambiente de conforto - nesse momento, a termorregulação fica comprometida; aos 35 °C, medidas emergenciais de resfriamento devem ser tomadas, pois a sobrevivência é o interesse maior; aos 40 °C, a temperatura corporal das aves poderá facilmente atingir o limite máximo, podendo ocorrer a morte por hipertermia.

Bonnet et al. (1997) constataram que a redução no ganho de peso em aves submetidas a estresse por calor foi 50% em relação a aves mantidas em condições de termoneutralidade e que, após duas semanas de exposição crônica ao calor, a ingestão de alimentos diminuiu mais de 3% por causa do aumento de 1 °C entre as temperaturas de 22 e 32 °C. Aengwanich (2007), estudando o efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de linhagens de frangos de corte, observou maior ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar nas aves confinadas na temperatura de 26 °C quando comparada a de 38 °C.

2.4 Termografia

A energia infravermelha termal possui comprimento de onda além da faixa da luz visível, caracterizada por seu comprimento de onda muito longo para ser detectado pelo olho humano, fazendo parte do espectro eletromagnético que percebemos sob a forma de calor. Ademais, todo corpo com temperatura superior ao zero absoluto emite calor, em maior ou menor intensidade, até mesmo corpos muito frios, como cubos de gelo. Quanto

maior for a temperatura do objeto, maior será a radiação infravermelha emitida (Nascimento, 2010).

A termografia infravermelha pode ser utilizada em diversas técnicas não invasivas de diagnóstico instantâneo, com elevada precisão e confiabilidade, e tem como principais vantagens: a facilidade em medir a temperatura de objetos móveis, distantes e de difícil acesso; a não interferência no comportamento do elemento a ser mensurado, devido a não necessidade de contato; a facilidade para a medição em vários objetos simultaneamente e em tempo rápido de resposta, o que permite capturar fenômenos transitórios de temperatura (Cortizo et al., 2008).

Nas áreas médica e veterinária, a termografia vem sendo utilizada pela correlação entre padrões de temperatura e condições físicas, principalmente para a detecção de lesões inflamatórias (Ju et al., 2004). Mais recentemente, a técnica tem sido abordada pela área de bioclimatologia, no estudo das trocas de calor entre o ambiente e os animais, a fim de se estudar seu comportamento frente às diferentes condições climáticas (Souza et al., 2008).

A temperatura superficial é comumente utilizada como parâmetro de avaliação de conforto ou estresse térmico de aves (Cangar et al., 2008). As variações na temperatura superficial são relacionadas diretamente com o fluxo sanguíneo periférico, que pode indicar que os animais estão ativamente tentando manter constante a sua temperatura do núcleo corporal.

As imagens termográficas, no âmbito do estudo de ambiência animal, possibilitam analisar estados comportamentais que não podem ser visualizados a olho nu, como o estresse, que leva ao aumento da temperatura corporal. Também é um método não invasivo, mas cujo equipamento ainda possui custo elevado de aquisição, fator limitante na pesquisa e no uso rotineiro (Mendes et al., 2013). Essa técnica propicia também a estimativa de perda de calor do animal (Yahav et al., 2005).

A termografia tem sido utilizada para estudo da variação da temperatura superficial em aves domésticas, nas áreas com e sem penas (Souza Júnior et al., 2013). Apesar das penas possuírem propriedades isolantes, bloqueando a maior parte das emissões infravermelhas da pele, a termografia permite um mapeamento térmico exterior das aves.

Torquato et al (2011) observaram, através da termografia, que as temperaturas superficiais mais elevadas, nas aves, foram na região da cabeça. A superfície membranosa é rica em rede vascular, tornando essa região um importante sítio de termólise, onde ocorre fluxo de calor sensível do animal para o ambiente.

2.5 Qualidade dos ovos

A qualidade do ovo é determinada tanto por fatores externos quanto internos a estes. Valor nutricional, sabor, odor, cor da gema, palatabilidade e aparência são fatores de qualidade que não são facilmente determinados. Do momento em que o ovo é posto até sua comercialização, o principal objetivo é preservar ao máximo sua qualidade original até que esse chegue ao consumidor (Magalhães et al., 2012).

De acordo com Vercese (2010), a qualidade interna e externa dos ovos de codorna é afetada aos 27 °C; a partir de 30°C, ocorre piora na gravidade específica, sendo esse um importante parâmetro de qualidade da casca dos ovos. Dessa forma, o ambiente deve ser considerado, pois afeta a produção e a qualidade dos ovos.

Para Vercese et al. (2012), a redução da qualidade interna do ovo diz respeito, principalmente, ao índice gema e a unidade Haugh, observando que, sob estresse térmico cíclico, não ocorre redução significativa para tais parâmetros, o que reforçaria o fato de que a duração, bem como a magnitude da exposição a temperaturas elevadas são importantes fatores a serem considerados.

A redução da qualidade interna dos ovos está associada, principalmente, à perda de água e de dióxido de carbono durante o período de estocagem, sendo esta proporcional à elevação da temperatura do ambiente, pois acelera as reações físico-químicas levando a degradação da estrutura da proteína presente na albumina espessa, tendo como produto das reações a água ligada a grandes moléculas de proteínas que passam para a gema por osmose (Leandro et al., 2005).

A qualidade de ovos frescos no Brasil pode ser determinada principalmente por meio do cálculo da unidade Haugh (UH), que é baseada na altura do albúmen denso corrigido para o peso do ovo, sendo um método amplamente utilizado (Karoui et al., 2006). A qualidade do ovo pode ser avaliada, também, através da unidade de qualidade interna (UQI).

Segundo Figueiredo et al. (2011), a análise da unidade de Haugh dá uma indicação da duração e das condições de armazenamento dos ovos, mencionando, ainda, que quanto maior o valor da unidade Haugh, melhor a qualidade do ovo, sendo uma maneira adequada de se avaliar a qualidade interna de ovos, o que a torna de uso universal devido à facilidade de aplicação e à alta correlação com a aparência do ovo quando aberto em uma superfície plana.

Baptista (2002) utilizou a Unidade de Qualidade Interna (UQI) para avaliar ovos de codornas submetidos a sistemas diferentes de refrigeração no armazenamento e comentou que esse parâmetro, aparentemente, pode ser considerado satisfatório no estudo de qualidade de ovos, tendo como variáveis em sua equação: a altura do albúmen e o peso do ovo da codorna inteiro. Marinho (2011) pondera que o peso do ovo de codorna, que varia de 9 a 13 gramas, é também de considerável importância para a avaliação da qualidade do ovo.

A medida da gravidade específica do ovo é, provavelmente, uma das técnicas mais comumente utilizadas para se determinar a qualidade da casca do ovo, devido a sua rapidez, praticidade e baixo custo (Salvador, 2011).

Segundo Rosa & Ávila (2000), a gravidade específica é uma medida de cunho físico que avalia a densidade do ovo, a qual se relaciona basicamente com a espessura da casca. A idade da ave, o estresse calórico, a deficiência de cálcio e vitamina D3 e a relação inadequada entre cálcio e fósforo são os fatores que interferem para a diminuição da gravidade específica, além das doenças respiratórias crônicas, que afetam o trato respiratório das aves.

A consistência da gema é outro critério de qualidade do ovo. Para se obter uma estimativa desse valor utiliza-se o índice da gema. Valores médios para este índice em ovos (frescos) encontram-se entre 0,40 e 0,42 (adimensional). De acordo com Souza et al. (2007), a medida que melhor representa a qualidade interna dos ovos, além da unidade Haugh, é o índice de gema.

A altura da clara densa e índice da gema são fatores de qualidade interna que possuem relação com a perda de peso. Esta perda de peso é ocasionada pela evaporação de água para o meio externo através dos poros. A evaporação é tanto maior quanto mais elevada for a fluidificação da clara, o que leva a uma diminuição da altura da clara densa e, conseqüentemente, a um menor índice de gema (Oliveira, 2003).

Carvalho et al. (2007) observaram, porém, que o pH não é influenciado pela idade da ave e que, portanto, poderia ser usado como melhor parâmetro para avaliar a qualidade interna de ovos. O pH normal do albúmen e da gema é próximo a 7,9 e 6,2, respectivamente (Seibel, 2005).

Segundo Silversides & Scott (2004), o pH é uma medida mais adequada para a verificação da qualidade de ovos frescos do que a altura do albúmen. A menor influência da idade e da linhagem da poedeira no pH do albúmen e o maior efeito do tempo de estocagem sustentam esta conclusão. Nesse mesmo trabalho, os autores mostraram que existe correlação elevada e negativa entre a altura do albúmen e o tempo de estocagem, e

correlação positiva entre o pH e o tempo de estocagem, pois à medida que aumenta o tempo de estocagem, a altura do albúmen diminui e o pH aumenta.

A qualidade externa do ovo é dada pelas condições da casca, relacionando-se fatores como forma, cor, integridade e limpeza da mesma, podendo as avaliações da qualidade da casca ser realizadas, diretamente, através de pesagem e medida de espessura ou, indiretamente, através da determinação da gravidade específica (Albino & Barreto, 2012).

Uma das características que mais comprometem a qualidade da casca é a sua espessura, que poderá ser afetada por fatores como idade da ave, temperatura e umidade da instalação, nutrição, manejo e sanidade (Washburn, 1982); já a qualidade interna do ovo é avaliada de acordo com os aspectos da gema, dimensionamento da câmara de ar, presença de manchas de sangue e, principalmente, pela consistência, altura e diâmetro do albúmen.

A qualidade da casca tem grande importância na qualidade do ovo, sendo um dos fatores que mais tem preocupado os produtores, principalmente quando se explora a produção de ovos por mais um ciclo de postura. A espessura da casca pode variar devido a vários fatores, dentre eles a hereditariedade, já que algumas linhagens de aves produzem ovos com casca mais grossa do que outras. Estas diferenças entre aves, com relação à qualidade da casca, são definidas pela capacidade das aves de utilizar o cálcio (Oliveira, 2014).

A espessura da casca é de grande interesse para os produtores de ovos, uma vez que a perda de ovos, por quebras e rachaduras, poderá trazer prejuízos (Barbosa Filho, 2004). Outra variável utilizada, e não menos importante, é a gravidade específica; Marinho (2011) relatou que essa técnica é a mais comumente utilizada para determinar a qualidade da casca do ovo devido à sua rapidez, praticidade e baixo custo.

Moura et al. (2010) avaliando a qualidade de ovos de codornas japonesas dos 76 aos 160 dias de idade, expostos à temperatura média do ar de 24 °C e umidade relativa do ar 89% no interior do galpão, obtiveram valores médios de 12,25; 11,41; 7,12; 4,0 e 0,96 g, respectivamente, para peso dos ovos, massa de ovos, peso do albúmen, peso da gema e peso da casca.

De acordo com Albino & Barreto (2012), o ovo de codorna representa 6% do seu peso corporal, enquanto o da galinha apenas 3%, o que significa que a codorna é mais eficiente na produção de ovos; no entanto, Silva & Costa (2009) informam que o ovo de codorna tem menor proporção de cascas (8 *versus* 10% respectivamente), as quais são mais finas e menos resistentes que as cascas de ovos de galinha.

2.6 Trocas de calor animal *versus* ambiente

As aves diferem da maioria dos animais por não possuir glândulas sudoríparas para auxiliar nas perdas de calor. As trocas térmicas com o meio ambiente são realizadas por quatro componentes principais: radiação, condução e convecção - denominadas trocas sensíveis -, e através da evaporação, que representa um dos mais importantes mecanismos latentes de troca térmica dos animais (Silva, 2008). As trocas latentes ocorrem devido a um diferencial de pressão de vapor (Maia et al., 2005).

No processo de radiação, a ave absorve calor de alguma fonte e a perde quando esta emite calor para uma superfície mais fria; já na convecção, a transferência de calor ocorre através da circulação do ar na superfície da pele ou na circulação sanguínea, transportando calor dos tecidos para a superfície corporal da ave e, finalmente, evaporação é a transformação da água (ou outros líquidos) da fase líquida para a fase gasosa (Kolesar et al., 2009). Em temperaturas ambiente de até 21 °C, imperam as perdas sensíveis de calor por meio dos processos de radiação, condução e convecção; já em altas temperaturas, a principal rota de dissipação do calor é a evaporação respiratória (Hillman, 1985).

Sabe-se que a temperatura da pele sofre alterações mais rápidas em razão da dissipação de calor por convecção do fluxo sanguíneo, do interior do núcleo corporal para a periferia, o que permite decisões imediatas que impeçam queda no desempenho dos animais (Silva, 2005).

O animal comporta-se como um sistema termodinâmico, que continuamente troca energia com o ambiente. Nesse processo, os fatores externos do ambiente tendem a produzir variações internas no animal, influenciando na quantidade de energia trocada entre ambos (Baêta & Souza, 2010).

A perda de calor sensível nas aves é afetada pelas penas, que funcionam como um isolante térmico; em contrapartida, a presença de apêndices pode favorecer a perda do calor. A crista e barbela das codornas podem alcançar até 50 cm² e representam 7% da área total do corpo da ave (Freeman & Cogburn, 1983).

O calor latente ou evaporativo envolve processos de evaporação e condensação (Baeta & Souza, 2010). A evaporação é o mecanismo de troca de calor através da mudança do estado da água de líquido para gasoso, sendo este processo um carreador de calor para fora do corpo do animal. A perda de calor em aves ocorre, principalmente, através do trato respiratório. Como a evaporação é dependente da pressão de vapor d'água, à medida em que aumenta a umidade do ar, a perda por evaporação diminui, o que torna importante o controle da umidade do ar dentro das instalações; em ambiente de temperatura e umidade do ar elevadas, as perdas de calor latente são prejudicadas e a condição de estresse é acentuada. A condensação é um mecanismo sem importância entre o animal e o ambiente. Nas aves, a troca de calor latente ocorre principalmente através da respiração; entretanto, apenas com o aumento da frequência respiratória esse animal pode não conseguir manter sua temperatura corporal constante, caso a temperatura ambiente esteja muito acima da temperatura de conforto.

As aves apresentam reduzida capacidade de troca térmica, na forma latente, com o ambiente e uma baixa profundidade respiratória. Devido a isso, é necessário o aumento da frequência respiratória para eliminação de calor, levando a um maior atrito entre músculos envolvidos na respiração, gerando mais calor ao corpo animal. Os animais entram em estado de ofegação com pequeno aumento da temperatura ambiente; todavia, em condições de estresse térmico, esse mecanismo de ofegação nas aves é um dos meios mais eficientes de dissipação de calor (Freeman, 1988); como consequência, há um aumento da movimentação do ar no sistema respiratório da ave, determinando a perda excessiva de dióxido de carbono do sangue para o ar via pulmões.

Em temperaturas elevadas, as aves também podem adotar a ofegação para perda de calor. Isso porque as aves têm a capacidade de aumentar a frequência respiratória em até 10 vezes, e assim aumentar a perda de calor no trato respiratório (Medeiros et al., 2005).

A velocidade de perda de calor das aves é influenciada pela temperatura ambiente; quando esta estiver em níveis próximos a 21°C, as aves perdem até 75% de calor através dos meios sensíveis; no entanto, quando a temperatura ambiente aproxima-se da temperatura corporal das aves, em média 41°C, o principal meio de perda de calor passa a ser a liberação de calor latente, através da respiração ofegante (Silva & Sevegnani, 2001).

A diferença de temperatura entre a superfície das aves e o ambiente determina a transferência de calor sensível que, por sua vez, serve como uma variável no dimensionamento de sistemas de climatização (Yahav et al., 2005).

Segundo Silva et al. (2009), a determinação da área superficial de frangos de corte é de extrema importância para o cálculo das transferências de calor e de massa entre as aves e o ambiente ao seu redor, permitindo, assim, o dimensionamento de sistemas de ventilação e resfriamento evaporativo, bem como inferir sobre o manejo das aves por meio da predição, por exemplo, da quantidade de calor e/ou umidade produzida pelas aves.

A área superficial dos animais também pode ser estimada por equações baseadas na massa corporal, uma vez que sua determinação é bastante dificultosa, considerando a conformação dos animais (da Silva & Maia, 2013).

Diante dessas considerações, a premissa principal deste trabalho relaciona-se à necessidade de, no processo de formulação de novas estratégias de manejo para melhor estruturação do processo de criação de codornas japonesas de postura, levar-se em consideração as respostas fisiológicas produtivas das aves às trocas termodinâmicas observadas no confinamento de codornas de postura, frente às diferentes combinações de elementos climáticos interferentes, a fim de identificar as condições de confinamento mais propícias à produção dessas aves, sem perdas produtivas significativas.

Já o pressuposto básico da pesquisa é o de que, quanto mais adequadas forem as condições ambientais de exposição das aves em confinamento, mais eficientes serão os resultados alcançados no desempenho, na fisiologia e na qualidade dos ovos.

Nesse contexto, o presente trabalho justifica-se por buscar melhorar ou reestruturar o processo de criação de codornas de postura em confinamento, de modo a integrar a esse processo a consideração de condições ambientais mais adaptadas à realidade da região nordeste do Brasil, apontando para o uso mais eficiente dos recursos disponíveis.

2.7 O Problema de Pesquisa

Tomando como referência os pressupostos mencionados, pode-se definir o problema da pesquisa como sendo:

COMO AS CONDIÇÕES BIOCLIMÁTICAS DE CONFINAMENTO PODEM INFLUENCIAR NA CRIAÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS DE POSTURA, NA PERSPECTIVA DE UM PROCESSO PRODUTIVO MAIS EFICIENTE?

2.8 Objetivos

2.8.1 Objetivo geral

Diante das considerações acima mencionadas, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar as trocas de calor e o desempenho de codornas japonesas de postura, alojadas em ambiente com condições bioclimáticas controladas, submetidas a condições de conforto e estresse animal.

2.8.2 Objetivos específicos

- Submeter codornas japonesas a 3 diferentes níveis de temperatura do ar (20, 26 e 32 °C), duas velocidades do ar (0,5 e 2,0 m s⁻¹), mantendo a umidade relativa do ar constante em 65%;
- Identificar, dentre as variáveis climáticas pré-estabelecidas, as condições representativas de conforto térmico para as codornas;
- Avaliar a qualidade dos ovos, através dos parâmetros: massa dos ovos, gravidade específica, índice de gema, unidade Haugh, unidade de qualidade interna, pH da gema e do albúmen, resistência à quebra dos ovos e espessura da casca;
- Avaliar a ingestão de água e o consumo de ração pelas aves;
- Analisar a temperatura cloacal (retal) e frequência respiratória das codornas, assim como a distribuição da temperatura superficial das aves através da termografia;
- Estimar, através de equações empíricas, as trocas de calor sensível entre as aves e os ambientes submetidos.
- Realizar análise psicrométrica do ar, tanto de entrada quanto da saída do sistema, enfatizando as propriedades de entalpia e razão de mistura, e também o comprimento de ondas emitidos pelas aves;

3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo, serão apresentados os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, iniciando-se pelas caracterizações da área de estudo e estrutura metodológica, dos métodos utilizados, buscando-se mostrar as diversas etapas e fases que integram este trabalho.

3.1 Descrição da área de estudo

Situada na região oriental do Planalto da Borborema, a uma altitude média de 552 metros acima do nível do mar e distante 120 quilômetros da capital do Estado, João Pessoa, Campina Grande apresenta localização geográfica com 7º 13' 11" de latitude Sul e 35º 52' 31" de longitude a Oeste de Greenwich. Com clima de característica tropical semiúmido de altitude, a cidade registra, anualmente, temperatura de 23 °C e umidade relativa de 70%, em média. Devido a sua baixa latitude, o município sofre pequenas variações climáticas no decorrer do ano. As temperaturas mais baixas acontecem entre os meses de maio a agosto e as mais altas ocorrem de outubro a março. A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo se prolongar até outubro.

3.2 Experimento

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LaCRA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg) da Universidade Federal de Campina Grande, na cidade de Campina Grande - PB, no período entre Abril e Julho de 2016, utilizando-se de uma câmara climática com dimensões 6,14 m de comprimento, 2,77 m de largura e 2,60 m de altura, resultando em uma área de 17 m² e um volume de 44,22 m³, de acordo com a Figura 1.

Para o controle da temperatura ambiental no interior da câmara climática, foram utilizados condicionadores de ar e aquecedores, sendo a umidade relativa do ar controlada

através de umidificadores e desumidificadores de ar. Na iluminação do interior da câmara climática foram utilizadas lâmpadas do tipo fluorescente.

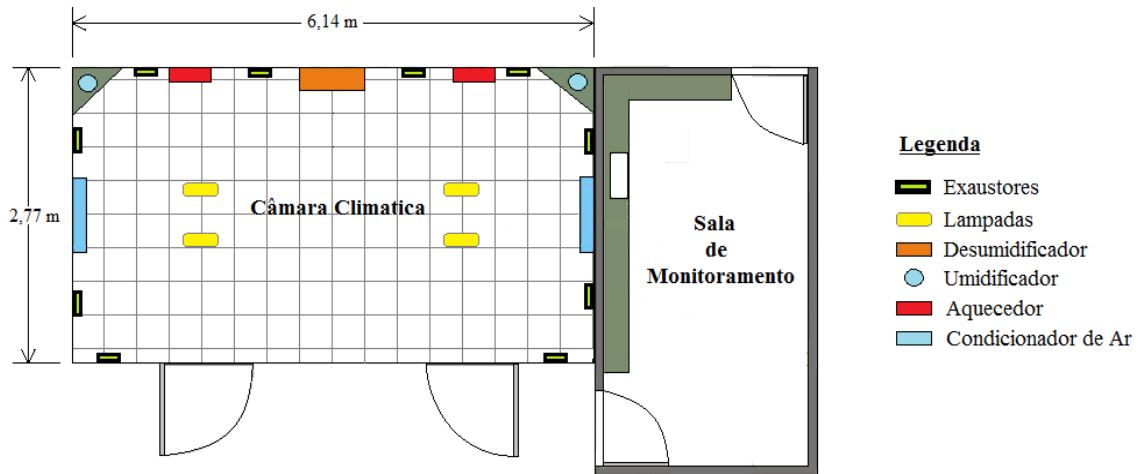


Figura 1. Layout representativo da câmara climática

No interior da câmara climática, foram instaladas três minicâmaras (câmaras com túnel de vento, como descrito na Figura 2), onde ficaram alojadas, em uma gaiola metálica, 10 codornas japonesas. Essas minicâmaras foram confeccionadas nos materiais zinco e vidro.



Figura 2. Esquema de instalação da minicâmara no interior da câmara climática

Em cada minicâmara, local de confinamento das aves, foi instalado um sistema de ventilação por pressão positiva, de modo que o vento incidia diretamente na direção das aves, como é observado na Figura 1. O sistema de ventilação foi composto por dois *coolers*, regulado através de um controlador de corrente elétrica (*dimmer*), para precisar as velocidades do ar incidentes nas aves.

Ademais, foram utilizadas um total de 30 codornas na pesquisa, distribuídas igualmente nas três minicâmaras. A linhagem utilizada foi a *Coturnix coturnix japonica*, a partir da 12ª semana de idade, selecionadas de acordo com o peso corporal e produção de ovos, para se obter um lote homogêneo e reduzir possíveis efeitos individuais. Após a seleção, as aves foram alojadas nas minicâmaras para o período “pré-experimental”, de 15 dias, com o intuito de adaptação ao ambiente físico das gaiolas, da minicâmara e da câmara climática.

Após o período pré-experimental, iniciou-se o período experimental, que teve duração de 84 dias, com as aves submetidas a 2 semanas em cada condição ambiental pré-estabelecida. A coleta de dados (incluindo a coleta e quantificação dos ovos) foi realizada nos dois últimos dias da segunda semana de cada ciclo.

No centro da minicâmara, foi instalada uma gaiola confeccionada em arame galvanizado com dimensões de 40 x 40 x 20 cm, para alojamento das 10 codornas (densidade 160 cm² ave⁻¹), equipadas com comedouro tipo calha (canaleta) metálico e bebedouro tipo “nipple”. Durante todo o período experimental, as aves foram submetidas a idêntico manejo alimentar, sendo fornecidas água e ração *ad libitum*. O arraçoamento, à base de grãos de milho, farelo de soja e calcário, foi fornecido manualmente, duas vezes ao dia, ocorrendo sempre às 7:00 e 16:00 horas (Detalhamento da ração no Anexo I).

Durante o período experimental, foi adotada uma programação de luz no interior da câmara climática por um período de 17 horas com luz e 7 horas de escuro (17 L; 7 E). Essa programação foi realizada de forma a obter-se uma sincronização do sistema fisiológico das

aves com a iluminação do ambiente, instalado com iluminância de 50 lux (aferida com o auxílio de um luxímetro digital portátil), considerada ideal para aves poedeiras. A programação do fotoperíodo foi realizada através do próprio sistema automatizado da câmara climática.

Ao longo de todo o período do experimento, foram monitoradas as seguintes variáveis meteorológicas no interior da câmara climática: temperatura do ar ajustada nos níveis de 20, 26 e 32 °C, que foram utilizados em 3 etapas, respectivamente: a primeira temperatura do ar representando o limite inferior da zona de conforto; a segunda representando o limite superior da zona de conforto e a terceira consideravelmente acima da temperatura crítica superior. A umidade relativa do ar foi estabelecida em 65%, coletada e registrada a cada 15 min, ao longo das 24 horas, por sensores acoplados a um sistema de aquisição de dados (SITRAD). A velocidade do ar foi controlada por *dimmers* (controladores de corrente elétrica), sendo estabelecidas em dois níveis: 0,5 e 2,0 m s⁻¹, aferidas com o auxílio de anemômetro portátil.

O monitoramento das variáveis microclimáticas (temperatura e umidade relativa do ar) na saída de cada minicâmara foi realizado com o auxílio do sensor DHT11 (Figura 3), aferindo em tempo real essas variáveis. O componente desse dispositivo portátil, responsável pelo o processamento, armazenamento e transmissão dos dados, foi o microcontrolador Arduino UNO, conforme Figura 4. Através do microcontrolador, foi possível implementar rotinas de leitura de sinais de portas digitais, bem como algoritmos de tratamento dos dados medidos pelos sensores.



Figura 3. Sensor de Umidade e Temperatura DHT11



Figura 4. Microcontrolador Arduíno UNO

Para a análise da qualidade dos ovos coletados na pesquisa, estes foram recolhidos nos dois últimos dias de cada ciclo.

Com relação à análise da qualidade dos ovos, foram avaliados os parâmetros: massa do ovo, gravidade específica, unidade Haugh, unidade de qualidade interna, espessura de casca, índice de gema, além das análises: pH da gema e pH do albúmen, observando-se as respectivas metodologias que se seguem:

3.2.1 Massa do ovo (MO)

As massas dos ovos foram determinadas durante todas as fases do experimento de forma direta em balança digital, com precisão de 0,01 g.

3.2.2 Gravidade específica (GE)

A gravidade específica foi determinada após a pesagem dos ovos coletados na pesquisa; para tanto, foi utilizado um equipamento baseado no princípio de Arquimedes, caracterizado como uma adaptação do método descrito por Hempe et al. (1988). O valor de GE foi obtido utilizando a Equação 1:

$$GE = (\text{massa do ovo} / \text{Peso do ovo na água} \times \text{correção de temperatura}) \quad (\text{Eq. 1})$$

O aparelho de pesagem foi constituído de uma balança com precisão de 0,01 g, com um béquer de 500 mL, contendo água destilada; um suporte de ferro acoplado ao béquer para a pesagem do ovo fora da água, sendo colocada outra estrutura de ferro, da qual desce uma haste com aro apropriado, para a pesagem do ovo dentro d'água. O equipamento foi colocado sobre a balança, que em seguida foi zerada sempre antes da próxima pesagem, como mostra a Figura 5.



Figura 5. Aparelho adaptado utilizado na determinação da gravidade específica dos ovos

A temperatura da água foi aferida com um termômetro tipo espeto, a fim que fosse realizada a correção da temperatura na análise da gravidade específica através do fator de correção, obtido por meio da Tabela 1 proposta por Kell (1975).

Tabela 1. Correção da temperatura da água para cálculo da gravidade específica do ovo

Temperatura	Fator de Correção
20,00	0,9982324
20,50	0,9981279
21,00	0,9980207
21,50	0,9977988
22,00	0,9977988
22,50	0,9976840
23,00	0,9975668
23,50	0,9974470
24,00	0,9973248
24,50	0,9972002
25,00	0,9970732
25,50	0,9969438
26,00	0,9968120
26,50	0,9966779
27,00	0,9965414
27,50	0,9964027
28,00	0,9962617
28,50	0,9961185
29,00	0,9959730
29,50	0,9958253
30,00	0,9956754

3.2.3 Unidade Haugh (UH)

Para a determinação da Unidade Haugh, os ovos foram quebrados sobre uma superfície plana e lisa (placa de vidro) para mensuração das dimensões do albúmen e da

gema através de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Os valores alcançados com esse método foram aplicados na Equação 2, descrita por Pardi (1977):

$$UH = 100 \log(h + 7,57 - 1,7 W^{0,37}) \quad (\text{Eq.2})$$

H - altura do albúmen, mm;

W - peso do ovo, g.

3.2.4 Índice de gema (IG)

Após a determinação da altura do albúmen, ainda na superfície lisa e plana de vidro, foram separadas, manualmente, as claras das gemas, determinando-se o índice de gema utilizando-se a Equação 3:

$$IG = \frac{\textit{altura da gema}}{\textit{diâmetro da gema}} \quad (\text{Eq. 3})$$

3.2.5 Espessura da casca (EC)

Após separação manual dos componentes do ovo, as cascas foram pesadas ainda úmidas, sem a retirada das membranas internas, e colocadas em estufa a 105°C por um período de 2 horas. Depois de secas, as cascas foram pesadas novamente em balança digital, com precisão de 0,01 g, e, assim, determinada a espessura dessas utilizando-se um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

3.2.6 Unidade de qualidade interna (UQI)

Para a determinação da unidade de qualidade interna foi utilizada a fórmula descrita por Kondaiah et al. (1983), Equação 4, em função da altura do albúmen, do peso do ovo e do fator de correção para a altura do albúmen (4,18):

$$UQI=100 \times \log(H + 4,18 - 0,8989 \times W^{0,6674}) \quad (\text{Eq. 4})$$

H - altura da clara densa, mm;

W- peso do ovo de codorna inteiro, g.

3.2.7 pH dos ovos

O pH da gema e do albúmen dos ovos coletados na pesquisa foram determinados utilizando-se um pHmetro de bancada portátil-MV, modelo *mPA-210/P* (Figura 6), calibrado previamente com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

No procedimento adotado para a determinação do pH da gema e do albúmen dos ovos, separou-se a gema do albúmen dos ovos, que foram colocadas em recipientes para posterior homogeneização com um auxílio de um bastão. A leitura do pH das gemas e das claras foram realizadas pela introdução do eletrodo do pHmetro em ambos os constituintes do ovo e posterior acionamento do equipamento, que após alguns segundos de estabilização, procedeu-se a leitura no equipamento. Para que não houvesse interferência nos resultados, após ser feita a análise do pH do albúmen, o eletrodo foi devidamente lavado com água destilada e, em seguida, realizada a análise da gema.



Figura 6. Determinação do pH do albúmen com a utilização do pHmetro

3.2.8 Força de ruptura para quebra da casca dos ovos

Para a determinação da força de ruptura da casca dos ovos foi utilizado a máquina de cisalhamento conectada a um computador (para transmissão dos dados), localizada no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LaCRA). A máquina recebeu uma adaptação para o experimento com ovos, sendo adicionadas duas placas e hastes de ferro e parafusos (Figuras 7a e 7b), no lugar dos anéis de cisalhamento. Os ovos eram apoiados nos sentidos longitudinal e transversal entre as placas, e a máquina ao ser ligada, as hastes eram arrastadas, realizando a compressão no ovo até haver a ruptura de sua casca. Através do computador, foram observados os gráficos no momento em que o ovo recebia a compressão, desde o momento inicial (quando a haste entrava em contato com o ovo) até a ruptura da casca e o resultado era registrado e expresso em (kg).

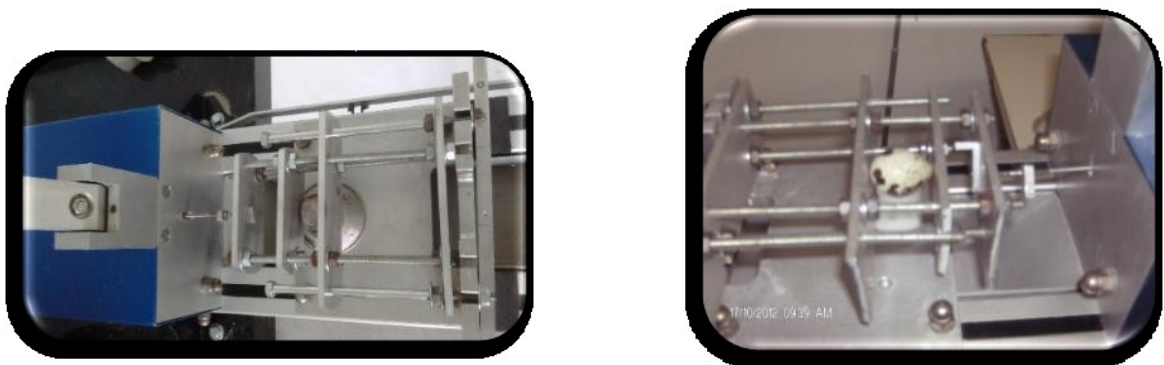
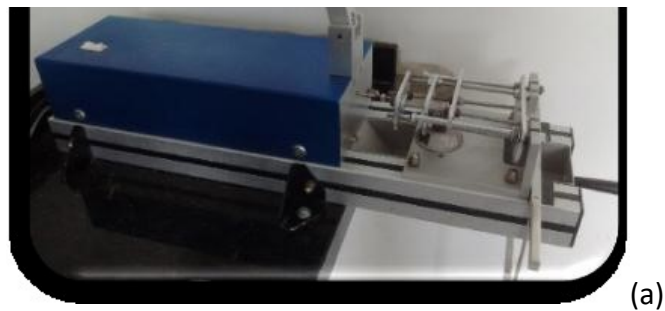


Figura 7. Vista lateral da máquina de cisalhamento adaptada à quebra dos ovos (a) e vista superior (b)

3.2.9 Consumo de água e ração

O consumo de água pelas aves foi determinado através de uma quantidade específica de água nos bebedouros, sendo o consumo do líquido mensurado através de uma célula de carga (Figura 8), que de forma imediata processava, armazenava e transmitia esses dados, com o auxílio do microcontrolador Arduíno Uno, observando-se a redução da massa hídrica no sistema, determinando-se, assim, com precisão, quanto de água as aves ingeriram.



Figura 8. Bebedouro disposto com célula de carga para aferição do consumo de água pelas aves

O consumo de ração foi calculado através da diferença entre o alimento ofertado subtraído pelas sobras, pesadas em balança de precisão, anotando em planilha.

3.3 Parâmetros fisiológicos

3.3.1 Temperatura superficial das aves

A temperatura superficial das aves, determinada através de fotografias no infravermelho termal, foi obtida com a utilização de uma câmera termográfica modelo TI 55FT FlexCam® da marca Fluke (Figura 9), calibrada para a temperatura do ambiente da pesquisa, bem como para um corpo cinza (emissividade = 0,95), com resolução da câmera de 0,05 °C. As imagens foram obtidas uma vez por semana (no segundo dia de coleta, antes do manejo diário), para todas as fases do experimento. A tampa de vidro foi previamente retirada para realização das fotografias. As imagens foram capturadas a distância aproximadamente de 70 centímetros das aves, de forma frontal.



Figura 9. Câmera termográfica modelo TI 55FT FlexCam

Ainda para determinação da temperatura superficial, foi utilizado um termômetro infravermelho com mira laser, modelo AK 32, temperatura de operação: (-10 a 50°C), a uma distância de 10 cm do animal, possibilitando determinar com precisão a temperatura superficial das regiões específicas das aves: crista, dorso, asa, cabeça e pata.

Com base nos dados de temperatura de cada ponto de coleta da ave, calculou-se a temperatura média superficial (TMS), de acordo com a Equação 5, proposta por Richards (1971):

$$\text{TMS} = (0,03*TC + 0,70*TD + 0,12*TA + 0,06*TCA + 0,09*TP) \quad (\text{Eq. 5})$$

TMS - temperatura média da pele, °C;

TC - temperatura de crista, °C;

TD - temperatura do dorso, °C;

TA - temperatura da asa, °C;

TCA - temperatura da cabeça, °C;

TP - temperatura da pata, °C.

3.3.2 Temperatura Cloacal e Frequência respiratória

A temperatura cloacal foi determinada em 3 aves de cada gaiola, introduzindo-se um termômetro clínico veterinário digital (Figura 10) na cloaca das aves, por um período de 2 minutos, sendo a leitura realizada imediatamente após esse período. A mensuração foi realizada nos últimos dois dias de coleta de dados, uma vez por dia em cada ave, antes de ser realizado o manejo diário.



Figura 10. Termômetro clínico veterinário digital com haste rígida (Branco) – Bioland

Foi aferida a Frequência respiratória (FR) através da observação dos movimentos respiratórios durante 15 segundos e posteriormente multiplicado por quatro, para obter os movimentos em minuto.

3.3.3 Área Superficial das aves

Especificamente relacionado às trocas de calor entre os animais e o ambiente, o conhecimento da área superficial das aves torna-se necessário, pois as trocas de calor sensível e latente ocorrem através dessa área.

Para a determinação da área superficial das codornas, utilizou-se o método empírico proposto por Silva et al. (2009), em que tal área é relacionada com a massa corporal das aves, descrita pela Equação 6:

$$A_s = 3,86 \cdot M^{0,74} \quad (\text{Eq. 6})$$

A_s - área Superficial (cm²);

M - massa corporal da ave (g).

3.4 Trocas de Calor

As perdas de calor sensível por radiação (Q_r), por convecção (Q_c), desprezando a perda de calor por condução (pois a troca de calor por contato é muito pequena), foram calculadas ao final de cada ciclo, no período de coleta dos dados, utilizando-se as Equações 7, 8, 9 e 10, como recomendam Yahav et al. (2004) e Brecht et al. (2005):

$$Q_r = \epsilon \sigma A (T_s - T_{ar})^4 \quad (\text{Eq. 7})$$

$$Q_c = h A (T_s - T_{ar}) \quad (\text{Eq. 8})$$

$$Q_{ts} = Q_r + Q_c \quad (\text{Eq. 9})$$

$$h = 0,336 \cdot 4,184 (V_{ar} \cdot 100)^{1/2} \quad (\text{Eq. 10})$$

Q_r - calor radiante, W;

Q_c - calor convectivo, W;

Q_{ts} - calor total sensível, W;

e - emissividade (0,95);

σ - constante de Stefan-Boltzman, $5,6691 \times 10^{-8}$, W m⁻²K⁻¹;

A - área da superfície da ave, m²;

h - coeficiente de transferência de calor, (W (m² .K)⁻¹);

T_s - Temperatura superficial, K;

T_A - Temperatura do ar ambiente, K.

3.5 Entalpia do ar

A entalpia do ar foi determinada pela Equação 11, proposta por Barbosa Filho (2004):

$$H = 6,7 + 0,243 T_{bs} + \{(UR/100) 10^{(7,5 T_{bs}/237,3 + T_{bs})}\} \quad (\text{Eq. 11})$$

H - entalpia, Kcal Kg ar seco⁻¹;

T_{bs} - temperatura do bulbo seco, °C;

UR - umidade relativa do ar, %.

Posteriormente, o resultado foi multiplicado por 4,18, a fim de transformar para a unidade KJ Kg ar seco⁻¹.

3.6 Comprimento de ondas emitidos pelas aves

Para a determinação dos comprimentos de ondas emitidos pelos corpos das codornas, através do processo de transferência de calor por radiação, utilizou-se a Lei de Wien dada pela Equação 12:

$$\lambda_{\text{máx}} = 2897,8 T^{-1} \quad (\text{Eq. 12})$$

$\lambda_{\text{máx}}$ - comprimento de onda, μm (micrometro);

T - temperatura superficial da ave, K (Kelvin).

3.7 Análise Psicrométrica do ar – Razão de mistura

A análise das propriedades físicas e termodinâmica das misturas entre gases e vapor no ar, tanto na entrada quanto na saída da minicâmara, foi realizada através da Equação 13, a fim de se observar a diferença de umidade ao longo da minicâmara:

$$W = \frac{Mv}{Md} \quad (\text{Eq. 13})$$

W – razão de mistura, g de H₂O / Kg de ar seco;

Mv – massa de vapor de água, g;

Md – unidade de massa de ar seco.

3.8 Delineamento Estatístico

O delineamento utilizado na pesquisa foi o de arranjo fatorial de 3x2 (três temperaturas e duas velocidades do ar).

Os dados dos parâmetros de qualidade e desempenho fisiológicos das aves foram submetidos ao teste F da análise de variância; já para a comparação múltipla das médias foi utilizado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram efetuadas com auxílio do programa Assistat® (Silva, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização termohigrométrica do ambiente de criação

As condições termohigrométricas do ambiente interior da câmara climática, caracterizadas pelos valores médios de temperatura e umidade relativa do ar medidos por sensores instalados na própria câmara durante o período experimental, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Médias das variáveis climáticas, temperatura do ar (TA) e umidade relativa do ar (UR) nas diferentes condições propostas

Variáveis	Condições microclimáticas do experimento		
	20 °C	26 °C	32 °C
microclimáticas	65%	65%	65%
TA (°C)	19,3 ± 0,3	25,6 ± 0,5	31,8 ± 0,5
UR (%)	68,2 ± 5,8	64,4 ± 4,5	62,1 ± 5,9

Os valores médios de temperatura observados no interior da câmara foram de 19,3; 25,6; e 31,8 °C; já as umidades relativas médias, para cada condição térmica estudada, foram de 68,2; 64,4 e 62,1%, respectivamente. Essas oscilações nas duas variáveis estudadas ocorreram em virtude da constante necessidade de abertura e fechamento das portas da câmara climática para o manejo diário das aves, com a realização de procedimentos como, por exemplo: limpeza das minicâmaras para reduzir a formação de gases, como a amônia, que pudessem interferir no desempenho e comportamento dos animais, colocação de ração e água, afetando as condições pré-estabelecidas na programação do sistema, apresentadas na Tabela 2 através das médias e desvios padrões.

Para a abordagem termodinâmica do sistema, ressalta-se a condição ambiental do ar verificada na saída das três minicâmaras, instaladas no interior da câmara climática, onde as aves estavam alojadas. Essa observação se fez necessária pelo fato de que cada minicâmara possuía ajustes de velocidade do ar diferentes (0,5 e 2,0 m s⁻¹) em um mesmo

ambiente térmico. Os valores de temperatura e umidade relativa do ar, nas condições térmicas mensuradas na saída de ar de cada minicâmara, podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3: Temperaturas e umidades relativas do ar (média e desvio padrão) aferidos na saída das minicâmaras para cada ambiente térmico proposto para as aves

Condições propostas (°C)	Temperatura do ar (°C)		Umidade Relativa do ar (%)	
	0,5 m s ⁻¹	2,0 m s ⁻¹	0,5 m s ⁻¹	2,0 m s ⁻¹
20	20,9 ± 0,8	21,4 ± 1,1	70,1 ± 1,9	70,3 ± 1,5
26	25,7 ± 0,6	24,9 ± 1,0	68,1 ± 2,0	70,0 ± 1,3
32	30,0 ± 1,2	29,7 ± 0,9	73,4 ± 3,5	74,9 ± 2,9

4.2 Qualidade dos ovos

4.2.1 Massa dos ovos

Os valores médios das variáveis: massa dos ovos (MO), gravidade específica (GE), índice de gema (IG) e unidade Haugh (UH), observados nas diferentes condições de temperaturas e velocidades de ar a que foram expostas as aves durante o experimento, encontram-se apresentados na Tabela 4.

Com base na Tabela 4, pode-se inferir que a resposta zootécnica das codornas com relação ao ganho de massa dos ovos foi afetada, de forma negativa, na temperatura de 20 °C, quando comparada às demais velocidades do ar que incidiam sobre as aves. Percebe-se que, na velocidade de 2 m s⁻¹, houve uma redução significativa no ganho de massa dos ovos (10,17 gramas), pois, além da temperatura ambiental considerada fria (crítica inferior), as aves ainda sofreram o efeito convectivo da elevada velocidade do ar, retirando ainda mais calor de seus corpos, comprometendo, assim, sua fisiologia para a produção de ovos.

Tabela 4. Médias das variáveis: massa dos ovos, gravidade específica, índice de gema e unidade Haugh em relação aos ambientes microclimáticos submetidos às aves.

Temperaturas (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)	MO (g)	Gravidade específica (g cm ⁻³)	Índice de Gema	Unidade Haugh
20	0,5	12,00 aA	1,02 aA	0,51	85,34 aA
	2,0	10,17 bB	0,90 bB	0,52	82,12 bB
26	0,5	11,70 aA	1,02 aA	0,51	87,56 aA
	2,0	11,60 aA	0,99 aA	0,49	86,64 aA
32	0,5	9,93 bB	0,83 bB	0,45	82,41 bA
	2,0	11,29 aA	0,96 aA	0,46	83,02 bA
C.V. (%)		2,61	2,96	2,70	1,23

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si entre as temperaturas (coluna) pelo teste de Tukey (P>0,05). Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, para uma mesma coluna, não diferem entre si entre as velocidades do ar, pelo teste de Tukey (P>0,05).

Ademais, constatou-se que as aves ao serem submetidas à temperatura de 32 °C - temperatura bem acima do limite crítico superior de bem-estar das aves - e velocidade do ar incidente da ordem de 0,5 m s⁻¹ (considerada baixa), sofreram com o estresse térmico estabelecido pelas condições de exposição, situação que refletiu-se em um baixo valor médio da massa dos ovos (9,93 gramas), corroborando com os resultados alcançados por Guimarães et al. (2014) que, avaliando o efeito das estações chuvosa e seca no desempenho produtivo e na qualidade dos ovos de codornas no semiárido paraibano, obteve valores de massa dos ovos, na estação seca com temperaturas elevadas, de (10,60 gramas).

Por outro lado, observou-se que as aves submetidas à temperatura de 26 °C, ainda considerada ótima para o desempenho zootécnico de codornas confinadas, expostas às velocidades médias do ar de 0,5 e 2,0 m s⁻¹, apresentaram desempenhos semelhantes no ganho de massa dos ovos, da ordem de 11,70 e 11,60 gramas, respectivamente, resultados que não diferiram estatisticamente entre si, de forma significativa, através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, como demonstrado na Tabela 4.

Finalmente, as aves submetidas à condição de temperatura de 20 °C e velocidade do vento de 0,5 m s⁻¹ apresentaram ganhos médios de massa dos ovos de 12,0 gramas, indicando que essa condição influenciou positivamente na direção das melhores respostas produtivas e eficiência das aves para os cenários de temperatura e velocidades do ar analisados, como ficou demonstrado com os resultados apresentados na Tabela 4, combinando com a zona de conforto térmico para a criação de codornas na fase de postura recomendada por Umigi et al. (2012), considerada entre 18 e 26 °C.

Esses resultados evidenciam a importância do controle rigoroso do ambiente térmico e da velocidade do ar na análise de desempenho de codornas, mais especificamente no ganho de massa dos ovos produzidos pelas aves, no sentido de se obter melhores níveis de taxas produtivas em ambientes de confinamento.

4.2.2 Gravidade específica

No que se refere à gravidade específica, medida de cunho físico que avalia a densidade do ovo, observou-se que nos ambientes com as combinações microclimáticas de 20 °C e 2,0 m s⁻¹ e 32 °C e 0,5 m s⁻¹, houve significativas reduções nos valores parâmetro analisado em relação às demais combinações propostas para acondicionamento das codornas; ambas as condições refletiram, assim, negativamente na gravidade específica dos ovos, alcançando valores médios de 0,90 e 0,83 g cm⁻³, respectivamente.

Já para as demais condições consideradas nesta pesquisa, quais sejam: 20 °C e 0,5 m s⁻¹; 26 °C e 0,5 m s⁻¹; 26 °C e 2,0 m s⁻¹; 32 °C e 2,0 m s⁻¹, foram alcançados valores da ordem de: 1,02, 1,02, 0,99 e 0,96 g cm⁻³, respectivamente, resultados esses que não diferiram estatisticamente entre si, de forma significativa, através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, como demonstrado na Tabela 4, revelando-se como os melhores tratamentos (condições de temperaturas e velocidades do ar) para se obter as maiores densidades do ovo de codorna. Esses valores são confirmados por Castro (2014) e Figueiredo (2013) que, avaliando o desempenho e a qualidade de ovos de codornas japonesas sob efeito de

diferentes temperaturas, observaram, para ambientes à 20 e 32 °C, valores médios de gravidade específica de 1,069 e 1,066 g cm⁻³. Considere-se que maior gravidade específica resulta em melhor qualidade de casca do ovo, o que resulta em menores trocas fluidas entre o interior deste e o meio externo.

4.2.3 Índice de Gema

O índice de gema diminui o seu valor quando há transferência de água do albúmen para a gema, promovendo seu alargamento e redução na altura (Souza & Souza, 1995). Observando-se os valores alcançados nesta pesquisa, registrados da Tabela 4, constata-se que esse parâmetro sofreu pouca influência das condições de temperatura e velocidade do ar a que foram expostas todas as aves, com variação entre 0,52 (índice máximo) alcançado nas condições de 20 °C e 2,0 m s⁻¹ e 0,45 (índice mínimo) obtido nas condições de 32 °C e 0,5 m s⁻¹. Os resultados alcançados em todos os tratamentos analisados nesta pesquisa não diferiram estatisticamente entre si, de forma significativa, através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, como demonstrado na Tabela 4.

Vercese (2010) analisando o efeito da temperatura sobre o desempenho e qualidade dos ovos, encontrou valores de índice de gema com variação entre 0,43 a 36 °C e 0,49 a 21 °C.

4.2.4 Unidade Haugh (UH)

Levando-se em que conta que valores de unidade Haugh mais elevados remetem à maior qualidade dos ovos, neste experimento, codornas confinadas nas condições de 26 °C com velocidades do ar de 0,5 e 2,0 m s⁻¹ apresentaram valores médios de UH da ordem 87,56 e 86,64, respectivamente, como se pode verificar na Tabela 4; de forma semelhante, o tratamento que considerou a temperatura do ar de 20 °C e velocidade do ar de 0,5 m s⁻¹ também demonstrou afetar positivamente a qualidade dos ovos de codorna, considerando-se o valor médio de UH alcançado da ordem de 85,34. Nos dois casos, pode-se deduzir que

as aves, por se encontrarem expostas às condições de termoneutralidade, utilizaram eficientemente suas energias na produção de albúmen melhorando a relação entre o peso do ovo e a altura da clara. As duas condições de exposição das aves analisadas nesta seção não apresentaram diferenças significativas em seus resultados alcançados, como ficou demonstrado estatisticamente, através do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, recomendando-se que as aves podem permanecer confinadas em qualquer das condições retro analisadas.

Diversamente, os valores médios de unidade Haugh apresentaram significativas diferenças quando as aves foram expostas à temperatura de 32 °C nos dois níveis de velocidade estudados, observando-se valores médios de 82,41 e 83,02, respectivamente. Uma vez as aves se encontraram expostas a temperatura fora da zona termoneutra, certamente as aves despenderam mais energia para sua manutenção homeotérmica. Já para as condições de exposição das aves na temperatura de 20 °C e velocidade do ar de 2,0 m s⁻¹, observou-se um valor médio de UH da ordem de 82,12. Por se encontrarem no limite crítico inferior da faixa de conforto térmico, transferiram suas energias de produção para manutenção da vida.

Kirunda et al. (2001), ao trabalharem com poedeiras, verificaram diminuição dos valores de unidade Haugh quando submeteram as aves ao estresse por calor a temperatura de 34 °C. Comportamento semelhante foi encontrado nessa pesquisa quando se expôs as codornas poedeiras à temperatura de 32 °C, em ambas as velocidades do ar, resultando em menores valores de UH.

Segundo Morais (1995), o programa de controle da qualidade dos ovos para consumo, preconizado pelo United States Department of Agriculture (USDA), recomenda que ao chegar para o consumidor os ovos considerados de excelente qualidade (AA) devem apresentar valores de UH superiores a 72; ovos de qualidade alta (A), entre 55 a 72 UH; ovos de qualidade média (B), superiores a 30 UH; e, finalmente, ovos de baixa qualidade, com valores de UH inferiores aos últimos. Verificou-se nesta pesquisa que, mesmo nas condições

desconfortáveis para as aves, os valores de UH encontram-se classificados como de excelente qualidade. Oliveira (2014), avaliando o desempenho e qualidade de ovos de poedeiras criadas em gaiolas enriquecidas e ambiente controlado, obteve valores médios de unidade de Haugh da ordem de 87,46 e 84,72 para ovos de aves submetidas às condições de temperatura de 20 °C e 32 °C, respectivamente.

4.2.5 pH do albúmen e da gema

Com relação ao potencial hidrogeniônico (pH) do albúmen, apenas os valores obtidos dos ovos coletados de aves que permaneceram confinadas em ambiente com condições de temperatura de 20 °C e velocidade do ar de 0,5 m s⁻¹ (8,51), apresentaram diferenças médias estatísticas significativas quando comparadas às demais condições utilizadas na pesquisa, quando foram analisadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, como se pode observar na Tabela 5. Essa diferença estatística observada repetiu-se tanto quando foi comparada com as demais temperaturas, como quando comparada com a velocidade de ar de 2 m s⁻¹ à temperatura de 20 °C. Apesar da diferença verificada, todos os tratamentos analisados apresentaram pH acima de 7, o que caracteriza um albúmen considerado alcalino (pH > 7).

Os resultados de pH do albúmen, alcançados nesta pesquisa, combinam com Lopes et al. (2012) que obtiveram valores de pH do albúmen para ovos de codorna da ordem 8,8 e 9,2 para as temperaturas refrigerada e ambiente, respectivamente. Já Oliveira (2014) obteve valores de pH do albúmen que teve variação entre 7,6 e 7,8 para diferentes temperaturas.

Já para os resultados alcançados para o pH da gema, ficou demonstrado que o mesmo não foi afetado significativamente entre os tratamentos quando analisados através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, obtendo-se valores que oscilaram de 5,93 a 6,01, como se pode observar na Tabela 5, concordando com Oliveira (2014) que registou pH da gema com valores entre 6,2 e 6,9 para semelhantes condições de temperatura.

O tempo de armazenamento interfere no valor do pH. O aumento do pH do albúmen é causado pela perda de CO₂ através dos poros da casca (Pastore et al., 2011), menos CO₂ na parte aquosa do ovo significa menos H₃O⁺ a ser produzido, causando aumento no pH do mesmo e depreciando sua qualidade. As variáveis pH do albúmen e da gema são consideradas confiáveis quando da análise da qualidade interna dos ovos.

Tabela 5. Resultados obtidos das análises do pH do Albúmen e da Gema, bem como os valores da unidade de qualidade Interna (UQI) dos ovos.

Temperaturas (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)	pH albúmen	pH Gema	UQI
20	0,5	8,51 bB	5,96	53,83
	2,0	8,66 aA	5,96	51,83
26	0,5	8,65 aA	6,01	56,81
	2,0	8,66 aA	5,96	55,10
32	0,5	8,63 aA	6,01	47,75
	2,0	8,61 aA	5,93	47,85
C.V. (%)		0,61	0,97	3,63

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si entre as temperaturas (coluna) pelo teste de Tukey (P>0,05). Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, para uma mesma coluna, não diferem entre si entre as velocidades do ar, pelo teste de Tukey (P>0,05).

4.2.6 Unidade de qualidade interna (UQI)

Observou-se, nesta pesquisa, que os valores alcançados de unidade de qualidade interna do ovo apresentaram seus máximos na temperatura de 26 °C e 0,5 e 2,0 m s⁻¹ (56,81 e 55,10) respectivamente. Na temperatura de 20 °C combinada com as velocidades de 0,5 e 2,0 m s⁻¹, foram obtidos valores de UQI de 53,83 e 51,83, respectivamente. Diferentemente dos 2 primeiros tratamentos, os valores médios de UQI para os ovos de codornas coletados nas condições de temperatura de 32 °C e 0,5 e 2,0 m s⁻¹, apresentaram valores de 47,75 e 47,85, respectivamente, bem abaixo dos valores denotados para as outras condições analisadas, como se depreende do valor do coeficiente de variação observado entre as médias dos tratamentos que apresentou valor de 3,63, como se pode observar na Tabela 5.

Verificou-se, ainda, que dentro dos tratamentos analisados, as diferentes velocidades avaliadas não afetaram os valores de UQI dos ovos; já o comportamento da UQI ante as diferentes temperaturas mostrou-se susceptível a grandes variações na qualidade dos ovos, fato que foi confirmado por Vercese (2010) ao afirmar que a qualidade interna e externa dos ovos de codorna é afetada já aos 27 °C e, a partir de 30°C, ocorre piora na gravidade específica, sendo esse um importante parâmetro de qualidade da casca dos ovos. Dessa forma, o ambiente térmico deve ser considerado, pois afeta a produção e qualidade dos ovos. Já Castro (2014), avaliando o desempenho e qualidade de ovos de codornas japonesas sob o efeito de diferentes temperaturas, encontrou valores da unidade de qualidade interna para diferentes temperaturas variando entre 48,6 a 32 °C e 58,8 a 20 °C.

Segundo Vercese et al. (2012), a redução da qualidade interna do ovo diz respeito, principalmente, ao índice gema e a unidade Haugh. Esses mesmos autores observaram que, sob estresse térmico cíclico, não ocorre redução significativa para tais parâmetros, o que reforçaria o fato de que a duração, bem como a magnitude da exposição as temperaturas elevadas são importantes fatores a serem considerados.

4.2.7 Resistências transversal e longitudinal à ruptura da casca

Com relação à resistência transversal apresentada pelos ovos de codornas quando expostos a testes de ruptura, observou-se que, para as aves submetidas às condições de 20 e 26 °C, com velocidades do ar da ordem de 0,5 e 2,0 m s⁻¹, os valores obtidos da resistência transversal à ruptura da casca não diferiram significativamente entre si, como ficou demonstrado na Tabela 6, variando de 1,22 a 1,35 Kgf (11,96 a 13,24 N); resultados semelhantes foram alcançados para aves submetida às condições de 32 °C e 2,0 m s⁻¹ (1,39 Kgf ou 13,63 N). Já para os ovos coletados de aves confinadas nas condições térmicas de 32 °C e 0,5 m s⁻¹, os resultados apresentaram diferenças médias estatísticas significativas em seus valores de resistência transversal (1,01 Kgf ou 9,90 N) quando avaliados pelo teste de

Tukey a 5% de probabilidade, comparados com os demais resultados obtidos dos tratamentos analisados nesta pesquisa

Na análise dos dados de resistência transversal, também verificou-se, de acordo com a Tabela 5, que apenas os ovos coletados de aves expostas às condições microclimáticas de 32 °C de temperatura e 0,5 m s⁻¹ de velocidade do ar, apresentaram valores significativamente inferiores aos demais tratamentos. Para Araújo & Albino (2011), no processo de formação do ovo das aves submetidas ao desconforto térmico do ambiente, o seu organismo reduzirá o teor de cálcio por superfície de área da casca, o que resulta na diminuição da resistência da casca. Desta forma, pode-se considerar que a menor força de ruptura das cascas de ovos de codorna, observada nas condições de temperatura ambiente de 32 °C e 0,5 m s⁻¹ (1,01 Kgf ou 9,81 N) se deve ao fato de que a alta temperatura do confinamento também interfere nos baixos valores de resistência da casca dos ovos quando submetidas à força de ruptura.

Silva et al. (2012) observaram a resistência transversal dos ovos de galinhas alojadas em gaiolas, submetidas as condições de temperatura de 20, 26 e 32 °C, obtendo, respectivamente os valores de 3,14 Kgf (ou 30,88 N) e 2,57 Kgf (ou 25,28 N) a 32 °C, concluindo que, elevando-se a temperatura do ar ambiente a níveis superiores ao crítico, ocorre uma redução na força aplicada para o rompimento da casca dos ovos.

Com relação à resistência longitudinal dos ovos, semelhante à transversal, observou-se que a combinação 32 °C e 2 m s⁻¹, que alcançou valores médios de 0,91 Kgf (ou 9,81 N), foi a que mais afetou esse parâmetro negativamente, corroborando com Silva et al. (2012), que obtiveram valores de resistência longitudinal da ordem de 2,55 Kgf (ou 25,04 N) com a temperatura de 32 °C.

A determinação e análise da força de ruptura da casca dos ovos de codorna são de grande importância para o setor avícola, principalmente no pós-porteira, haja vista que a maioria das avaliações de qualidade da casca está relacionada com força de ruptura.

Segundo Macari & Furlan (2001), a qualidade da casca é a principal preocupação da cadeia produtiva da avicultura de postura devido aos prejuízos econômicos associados à má qualidade. Para o autor, os ovos trincados e/ou quebrados representam uma perda que varia de 1,2 a 2,4% do total de ovos produzidos.

Tabela 6. Resistência transversal, resistência longitudinal e espessura da casca dos ovos.

Temperaturas (°C)	Velocidade do ar m s ⁻¹	Resistência transversal (Kgf)	Resistência longitudinal (Kgf)	Espessura da casca (mm)
20	0,5	1,22 aA	1,10 bA	0,36 bA
	2,0	1,33 aA	1,04 bA	0,32 bB
Média		1,28 a	1,07 b	0,34 b
26	0,5	1,31 aA	1,33 aB	0,40 aA
	2,0	1,35 aA	1,48 aA	0,39 aA
Média		1,33 a	1,40 a	0,39 a
32	0,5	1,01 bB	0,91 cB	0,32 cA
	2,0	1,09 aA	1,17 bA	0,34 bA
Média		1,20 a	1,04 b	0,33 b
C.V. (%)		7,96	7,34	3,81

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si entre as temperaturas (coluna) pelo teste de Tukey (P>0,05). Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, para uma mesma coluna, não diferem entre si entre as velocidades do ar, pelo teste de Tukey (P>0,05).

4.2.8 Espessura da casca do ovo

As cascas dos ovos coletados de aves acondicionadas nas condições de temperatura de 26 °C, em ambas as velocidades analisadas, mostraram-se mais resistentes uma vez que, de acordo com a Tabela 5, apresentaram espessuras superiores aos demais tratamentos, com valores médios de 0,39 mm, de acordo com a Tabela 6. Esses resultados demonstraram que, no aspecto avaliado, as aves alcançaram o melhor conforto térmico na temperatura de 26 °C. Para as condições extremas de temperatura de confinamento das aves de 20 e 32 °C, com velocidades do ar de 0,5 e 2,0 m s⁻¹, registraram-se valores, respectivamente, de 0,36 e 0,34 Kgf, condições que, estatisticamente, não diferiram entre

si quando analisadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Já nos ambientes com temperaturas de 20 e 32 °C e 2,0 e 0,5 m s⁻¹, os ovos coletados apresentaram os valores mais baixos de espessura de casca, ambos com 0,32 mm, em média.

Guimarães et al. (2014) obtiveram valores médios de espessura da casca de ovos de codornas 0,24 mm, no período do ano em que as temperaturas do ar eram mais quentes. Oliveira et al. (2014), trabalhando com ovos de galinhas, verificaram diferenças significativas quando submetem as aves à estresse térmico, com valores médios de 0,48 e 0,48 mm em condições de termoneutralidade, enquanto que quando submetidas a temperatura de 32 °C, a espessura média da casca diminuiu para 0,41 mm.

4.2.9 Consumo de ração e água

Na Figura 11, são observados os resultados de consumo de ração de codornas japonesas submetidas a diferentes temperaturas e velocidades do ar. Para codornas acondicionadas à temperatura ambiente de 20 °C e velocidades do ar de 2 e 0,5 m s⁻¹, observou-se que as aves apresentaram um consumo médio de 32,82 e 30,10 g/ave/dia, respectivamente; para as condições de temperatura de 26 °C e 0,5 e 2,0 m s⁻¹, verificou-se um decréscimo no consumo médio de ração pelas codornas em relação temperatura de 20 °C, comportamento repetido para as aves acondicionadas nas condições de temperatura de 32 °C para ambas as velocidades.

Claramente, ficou demonstrado que o consumo de ração pelas aves diminui à medida que a temperatura do ar se eleva. A redução no CR é uma das principais alterações observadas quando as aves são submetidas ao estresse por calor. Pinto et al. (2003) constataram que, flutuações térmicas semanais entre 23,2 e 30,5 °C, resultaram em uma redução considerável no consumo de ração de codornas em postura.

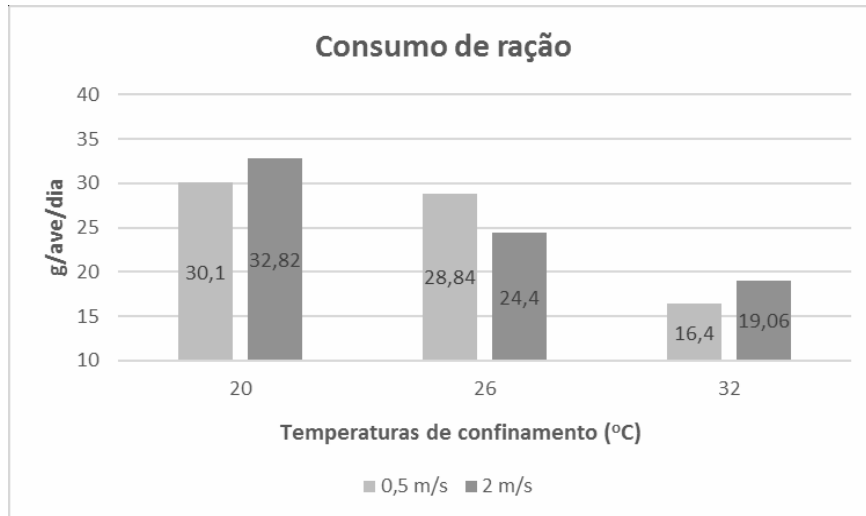


Figura 11. Consumo médio de ração (CR) das aves

No que diz respeito ao efeito da velocidade do ar no consumo de ração pelas aves, para as temperaturas de 20 e 32 °C, observou-se um aumento no consumo de ração pelas aves nas duas velocidades analisadas no interior das minicâmaras, comportamento inverso ao verificado na temperatura de 26 °C, onde ficou demonstrado uma redução no consumo de ração com o aumento da velocidade do ar (28,84 g/aves/dia para 0,5 m s⁻¹ e 24,20 g/aves/dia para 2,0 m s⁻¹). Provavelmente, para a condição de 26 °C associada à velocidade do ar de 0,5 m s⁻¹, as aves alcançaram um melhor conforto térmico em relação às demais condições de acondicionamento analisadas, comportamento que se refletiu com respostas favoráveis a obtenção de maior massa dos ovos como observado na Tabela 4.

Com relação ao consumo de água pelas aves durante este experimento, de acordo com a Figura 12, para as temperaturas de 20, 26 e 32 °C, observou-se uma elevação gradual no consumo de água pelas aves a medida que a temperatura do ar aumentou. Isso é explicado devido ao fato de que, usualmente, aves poedeiras expostas a altas temperaturas do ar, tendem a consumir mais água. Já no que se refere às velocidades do ar analisadas, constatou-se que, para as 3 temperaturas estudadas, na velocidade de 0,5 m s⁻¹, o consumo médio de água foi sempre superior aos consumos médios observados para a velocidade de 2,0 m s⁻¹.

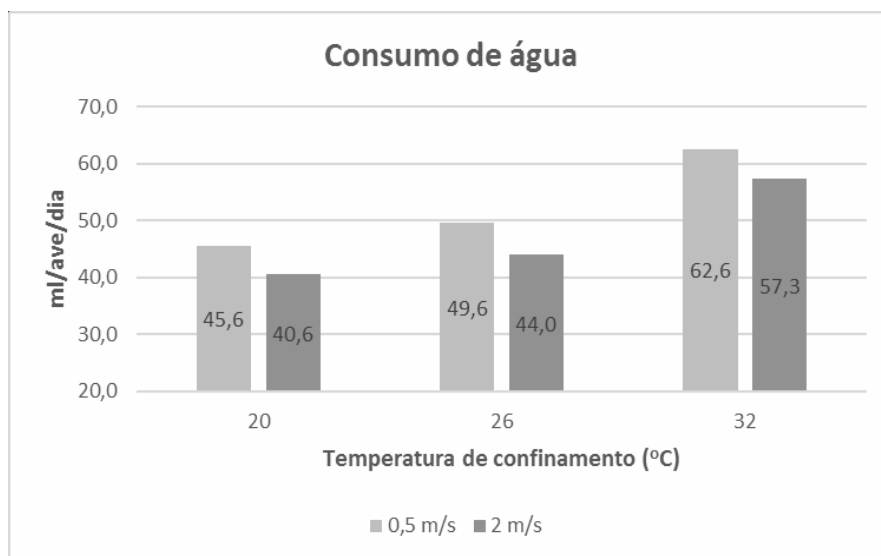


Figura 12. Consumo de água (CA) das aves

Esses resultados são corroborados por Rodrigues et al., (2016), Costa et al. (2012) e Vercese et al. (2012) que constataram em suas pesquisas resultados semelhantes com poedeiras mantidas sob estresse por calor apresentaram, como uma das primeiras respostas à condição térmica a que ficaram expostas, um decréscimo no consumo de ração e o aumento da ingestão de água, diminuindo a disponibilidade de nutrientes essenciais para a produção, com consequentes perdas no potencial produtivo e na qualidade dos ovos. Ainda, Castro (2014) constatou um acréscimo de 13,7% no consumo de água de codornas quando a temperatura do ar ultrapassou os 28 °C, comparando com a zona de conforto térmico.

4.2.10 Porcentagem de postura dos ovos

Na análise do desempenho das aves no que se refere à postura, constatou-se que, para o tratamento com temperatura de 26 °C e velocidade do ar da ordem de 0,5 m s⁻¹, foram alcançados os percentuais mais elevados de postura de ovos pelas aves (88,54%) em relação às demais condições analisadas (Figura 13).

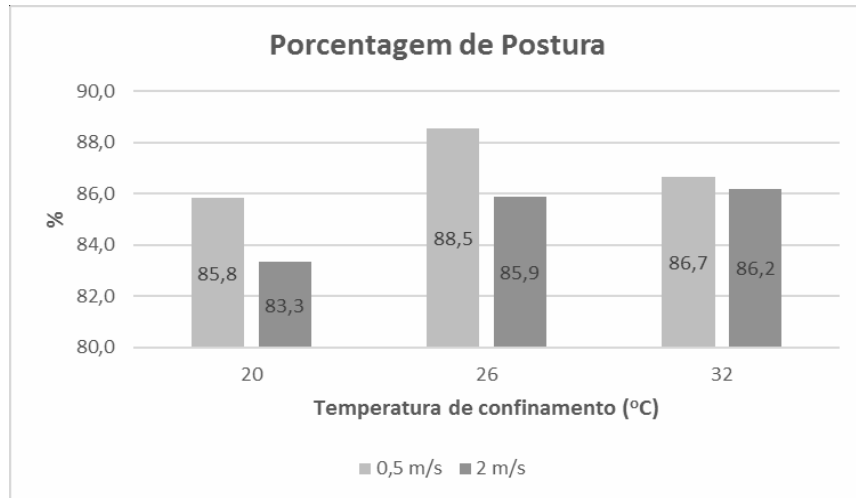


Figura 13. Percentual de postura das aves confinadas

Para as 3 temperaturas estudadas (20, 26 e 32 °C), observou-se, também, que a velocidade do ar de 0,5 m s⁻¹ influenciou de forma positiva no percentual de postura das aves, apresentando, sempre, resultados superiores - da ordem de 85,83, 88,54 e 86,66%, respectivamente, aos analisados na condição de velocidade do ar de 2,0 m s⁻¹. Vercese et al. (2010) analisando o percentual de postura, dentro da comparação entre as temperaturas de 21 e 30 °C, registraram redução no percentual de postura de 3,84% quando as aves foram submetidas à 30 °C. Esses autores observaram, ainda, que quando as aves foram expostas a 33o C, esta redução foi de 6,39% e aos 36 °C foi de 16,67%.

Esses resultados provavelmente decorreram da diminuição no consumo de ração e, desta forma, pode reduzir a disponibilidade de nutrientes para a produção de ovos, o que está de acordo com Albino et al. (2014). Já Ferreira (2005) descrevendo os efeitos da temperatura do ar nas aves de postura relata que entre 15 e 25°C, ocorre a máxima produção de ovos; até 26°C não ocorre grandes interferências na produção.

4.3 Parâmetros fisiológicos das aves

Os resultados médios para as avaliações dos parâmetros fisiológicos das aves, nesta pesquisa representados pela temperatura retal e frequência respiratória, obtidos nas

condições de temperatura de 20, 26 e 32 °C e velocidades do ar de 0,5 e 2,0 m s⁻¹, são mostrados nas Figuras 14 e 15.

4.3.1 Temperatura retal

Com relação à temperatura retal das aves submetidas às condições de temperaturas e velocidades do ar propostas na pesquisa, observou-se que, de acordo com a Figura 14, em situações de temperaturas mais elevadas ocorreu um aumento nos valores médios da TR, que oscilaram de 41,4 a 41,8 °C - temperaturas médias mínima e máxima observadas, daí depreendendo-se que aves expostas às condições de temperatura superior a da zona de termoneutralidade apresentaram temperatura retal média mais elevadas que à das aves criadas sob condições de termoneutralidade, embora esses resultados não diferiram estatisticamente quando analisados através do teste de Tukey à 5% de probabilidade. Os valores encontrados nesta pesquisa devem-se ao fato de que, por serem animais homeotérmicos, as aves tentam manter a sua temperatura interna corporal constante através de mecanismos termocinéticos, mesmo com variações da temperatura ambiente.

Resultados semelhantes foram obtidos por Mello (2012), ao analisar o comportamento de aves expostas a três ondas de calor apresentaram temperatura retal média superior à das aves criadas sob condições de termoneutralidade. De acordo com Silva & Sevegnani (2001) e Marchini et al. (2007), o aumento da temperatura cloacal é uma resposta fisiológica às condições de temperatura e umidade elevadas que resulta do armazenamento do calor metabólico. A temperatura retal é considerada uma medida que representa a temperatura do núcleo corporal, podendo ser utilizada como um bom indicador da condição de conforto ou estresse térmico das aves.

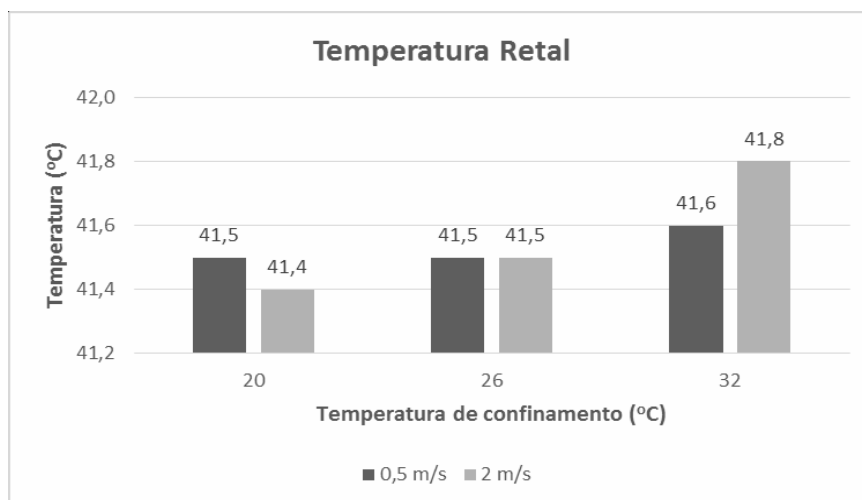


Figura 14. Temperatura retal das aves

4.3.2 Frequência respiratória (FR)

Codornas expostas às condições de temperatura de 32 °C e 0,5 m s⁻¹ apresentaram as frequências respiratórias médias mais elevadas obtidas nesta pesquisa, da ordem de 31,6 respiração por minuto, como se pode constatar na Figura 15. O valor de FR mais elevado foi resultante da resposta das aves ao estresse por calor e o nível de ventilação mais baixo (0,5 m s⁻¹) adotado na pesquisa; na condição de velocidade do ar de 2,0 m s⁻¹, observou-se uma redução na FR, alcançando-se valores médios da ordem de 26,25 mov/min. Já para a temperatura de 26 °C, e velocidades do ar no interior da minicâmara de 2,0 e 0,5 m s⁻¹, foram obtidos valores intermediários de FR de 28,95 e 29,1 mov/min, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si; para o tratamento 20 °C e 0,5 e 2,0 m s⁻¹, observaram-se resultados respectivos de 26,6 e 25,15 mov/min.

Os resultados obtidos nesta pesquisa são corroborados por Rodrigues et al. (2016) que, trabalhando com codornas com diferentes níveis de proteínas em suas dietas e numa faixa de temperatura de 22 a 25 °C, observaram valores de 26,4 respirações por minuto no período da manhã e 29,1 resp/min no período da tarde. Esses resultados mostraram que em condições de temperaturas mais elevadas é possível ocorrer elevação da frequência respiratória para estimular a perda evaporativa de calor (ofegação), na busca pela manutenção do equilíbrio térmico corporal. Souza et al. (2005) afirmam que a frequência de

respiração de codornas deve se encontrar entre 20 a 30 mov/min, sendo considerada normal a média de 25 mov/min.

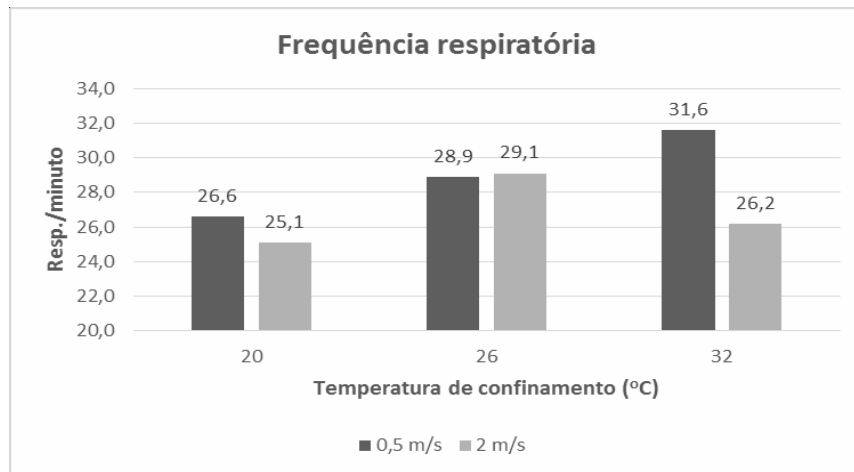


Figura 15. Frequência respiratória das aves

A frequência respiratória é considerada um parâmetro fisiológico importante na caracterização da condição de conforto ou estresse dos animais (SANTOS et al., 2011). De acordo com Ferreira (2005), o aumento da frequência respiratória é resultante de um estresse por calor na qual as aves usam mecanismos como a perda evaporativa para manter o equilíbrio térmico corporal, aumento este, que pode ter como consequência uma alcalose respiratória, que é caracterizada por perdas excessivas de dióxido de carbono (CO_2), reduzindo, por consequência, sua pressão parcial, levando à queda na concentração de ácido carbônico (H_2CO_3) e hidrogênio (H^+). Em resposta, os rins aumentam a excreção de HCO_3^- e reduzem a excreção de H^+ na tentativa de manter o equilíbrio ácido-base da ave. Isso afeta o balanço eletrolítico das aves, e também ocorre um aumento do pH sanguíneo.

Paralelamente ao aumento da temperatura corporal e da frequência respiratória, processos fisiológicos são ativados com a finalidade de aumentar a dissipação de calor e reduzir a produção metabólica de calor para manutenção da homeotermia corporal (YAHAV et al., 2005).

4.3.3 Temperatura superficial

As aves são classificadas como homeotérmicas, pois conservam a temperatura corporal constante, ou variando dentro de estreitos limites, enquanto a temperatura externa apresenta variações apreciáveis. As condições de temperatura interna das aves influenciam diretamente a superfície corporal, que por sua vez realiza transferência de calor através de processos sensíveis (convecção, condução e radiação).

Os resultados médios do estudo da temperatura superficial das aves, aqui representada pelas cinco regiões corporais - para as condições de temperatura e velocidade do ar propostas - cabeça, asa, pata, dorso e crista podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7. Médias das temperaturas da cabeça (Tcab), asa (Tasa), pata (Tpata), dorso (Tdorso), crista (Tcrista) e a temperatura superficial (TSM) nas diferentes condições de confinamento das codornas

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)	Tcab	Tasa	Tpata	Tdorso	Tcrista	TSM
20	0,5	30,8 bA	27,3 cA	28,3 bA	29,3 bA	29,5 bA	29,1 bA
	2,0	30,2 bA	26,4 cA	24,5 bB	27,2 cB	28,5 bA	27,1 cB
26	0,5	33,5 aA	32,9 bB	29,7 bA	31,1 bA	33,5 bA	31,4 bA
	2,0	33,1 aA	34,9 aA	27,8 bA	33,0 bA	33,1 bA	32,8 bA
32	0,5	35,5 aA	38,3 aA	34,7 bA	37,5 aA	36,5 aA	37,2 aA
	2,0	35,1 aA	36,6 aA	35,8 bA	35,5 aB	35,7 aA	35,6 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si entre as temperaturas (coluna) pelo teste de Tukey (P>0,05). Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, para uma mesma coluna, não diferem entre si entre as velocidades do ar, pelo teste de Tukey (P>0,05).

Na análise da temperatura superficial média das aves, resultado da média ponderada das 5 regiões corporais estudadas nas condições de temperatura do ar de 20, 26 e 32 °C e velocidade do ar de 0,5 e 2,0 m s⁻¹, observou-se que a TSM elevou-se, com o aumento da temperatura do ar, em toda as regiões corporais estudadas. Nas condições mais estressantes termicamente por frio (20 °C; 0,5 e 2,0 m s⁻¹) a que as aves foram

submetidas, foi registrada a temperatura média superficial de 28,1 °C; sob esse mesmo raciocínio, para a zona de termoneutralidade (26 °C; 0,5 e 2,0 m s⁻¹), foi registrada uma TSM de 32,1 °C; já para a condição mais estressante termicamente por calor (32 °C; 0,5 e 2,0 m s⁻¹) foi registrada uma TSM de 36,4 °C.

Ainda de acordo com a Tabela 7, observou-se que, apenas na condição de temperatura de 20 °C, a velocidade do ar de 2,0 m s⁻¹ apresentou diferenças significativas relação aos demais tratamentos, por se tratar da temperatura crítica inferior da zona de conforto térmico aliada a alta velocidade do ar, aumentando a sensação térmica de frio nas aves. Esses resultados são atestados por Nunes et al. (2014) e Vilela (2016) que, ao analisarem a temperatura superficial em codornas, concluíram que aves criadas em temperaturas elevadas apresentam maiores temperaturas superficiais do que aves criadas em temperaturas mais amenas.

Giloh et al. (2012) citam que o aumento da temperatura do ar resulta no acréscimo da temperatura superficial nas aves, devido a vasodilatadores periféricos, sendo considerado uma resposta fisiológica para aumentar a dissipação térmica.

Na cabeça, observou-se que a temperatura média dessa região também se elevou com o aumento da temperatura do ar, sendo registrada uma temperatura média mínima de 30,2 °C para o tratamento de 20 °C e 0,5 m s⁻¹ - condição termicamente estressante pelo frio - e uma temperatura média máxima de 35,5 °C para as condições de 32 °C e 2,0 m s⁻¹ - mais estressante termicamente pelo calor. A elevada temperatura de superfície, aliada a superfície membranosa e rica rede vascular, faz dessa região um importante sítio de termólise, onde ocorre fluxo de calor sensível do animal para o ambiente, processo já relatado para outras aves, de acordo com Tattersall et al. (2009). Moura (2016), analisando a temperatura superficial da cabeça de codornas obteve níveis de temperatura da ordem de 35,5 °C, justificando tal registro pela ausência ou pequena quantidade de penas nessa região, assim como, também, por serem regiões de emissão de calor para o meio ambiente.

Comportamento semelhante ao constatado na cabeça, verificou-se na análise da temperatura superficial da crista das aves, quando expostas às condições de confinamento propostas nesta pesquisa, onde foi constatado que a temperatura média dessa região também se elevou com o aumento da temperatura do ar, sendo registrada uma temperatura média mínima de 28,5 °C para o tratamento de 20 °C e 2,0 m s⁻¹ - condição termicamente estressante pelo frio - e uma temperatura média máxima de 36,5 °C para as condições de 32 °C e 0,5 m s⁻¹ - mais estressante termicamente pelo calor.

Moura (2016), analisando a temperatura superficial da crista de codornas obteve níveis de temperatura da ordem de 35,5 °C, justificando tal registro pela ausência de penas nessa região, assim como, também, por serem regiões de emissão de calor para o meio ambiente.

Analisando a região das patas das codornas, outra região com ausência de penas, observou-se que a temperatura média dessa região também se elevou com o aumento da temperatura do ar, sendo registrada uma temperatura média mínima de 24,5 °C para o tratamento de 20 °C e 2,0 m s⁻¹ - condição termicamente estressante pelo frio - e uma temperatura média máxima de 35,8 °C para as condições de 32 °C e 0,5 m s⁻¹ - mais estressante termicamente pelo calor, o que se justifica em razão dessa região serem fundamentais para a dissipação do calor corporal da aves. Esses resultados são corroborados por Nääs et al. (2010), ao afirmarem que regiões com ausência de penas, acabam fornecendo um maior gradiente de temperatura superficial, que podem ser consideradas como um sítio de termólise, podendo ser considerada como uma janela térmica para a dissipação de calor.

As aves apresentam elevada vascularização nas patas (Nascimento, 2010), sendo esta região considerada um importante órgão vasomotor, fundamental para as trocas de calor sensível em aves. Assim, observou-se, nesta pesquisa, uma variação na temperatura média de 11,33 °C nas patas das codornas, quando estas foram submetidas às condições

estressantes pelo calor e pelo frio, demonstrando que esta região também funciona como janela térmica para dissipação de energia calorífica.

A análise das temperaturas superficiais das aves, com relação ao dorso, revelou que a temperatura média dessa região também se elevou com o aumento da temperatura do ar, sendo constatada uma temperatura média mínima de 27,2 °C para o tratamento de 20 °C e 2,0 m s⁻¹ - condição termicamente estressante pelo frio - e uma temperatura média máxima de 37,5 °C para as condições de 32 °C e 0,5 m s⁻¹ - mais estressante termicamente pelo calor, resultando em uma variação térmica de 10,3 °C para as 2 condições extremas. De acordo com Moura et al. (2016) e Torquato et al. (2011), este fato que pode estar associado à maior proximidade desta região com o centro corporal da ave, assim como a presença de uma maior quantidade de penas, facilitando, assim, o isolamento térmico das aves.

Finalmente, com relação à temperatura superficial das asas das aves, constatou-se que a temperatura média dessa região também se elevou com o aumento da temperatura do ar, sendo constatada uma temperatura média mínima de 26,4 °C para o tratamento de 20 °C e 2,0 m s⁻¹ - condição termicamente estressante pelo frio - e uma temperatura média máxima de 37,5 °C para as condições de 38,3 °C e 0,5 m s⁻¹ - mais estressante termicamente pelo calor, resultando em uma variação térmica de 11,9 °C para as 2 condições extremas. Observou-se, ainda, que a variação da temperatura da asa foi ligeiramente inferior à temperatura média registrada na região dorsal, o que pode estar associado à maior proximidade destas regiões ao centro corporal, bem como a presença de uma maior quantidade de penas envolvendo-as, considerando que estas são isolantes térmicos, resultados confirmados por Moura (2016) e Torquato (2011).

O gradiente térmico entre a TSM e a temperatura do ar foi reduzido com o aumento da temperatura de confinamento das aves, sendo que quanto maior este gradiente, melhores as condições de liberação do calor (sensível e latente) da ave para o meio.

Todas as fotografias termográficas foram analisadas, em todos os ambientes propostos, e obtidos os valores médios para pontos selecionados do corpo das aves (cabeça, asa, pata, dorso e crista).

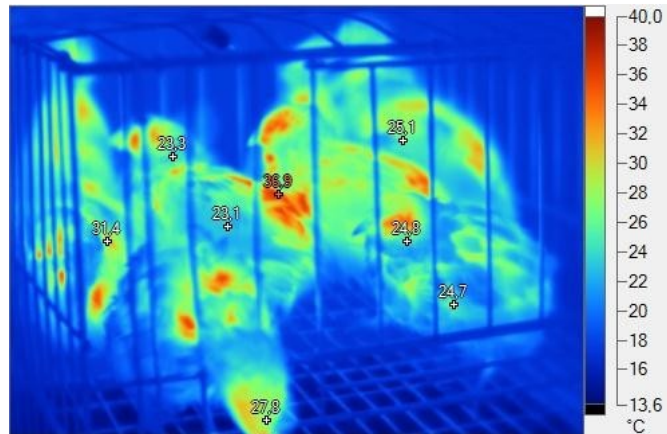


Figura 16. Imagem termográfica - Temperatura 20 °C
Velocidade do ar 0,5 m s⁻¹ – UR 65%

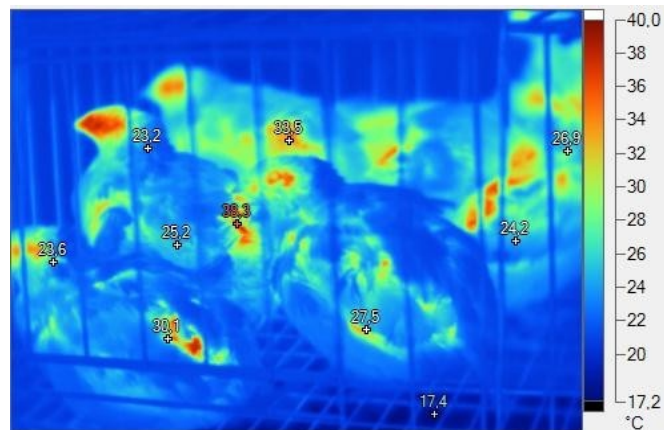


Figura 17. Imagem termográfica - Temperatura 20 °C
Velocidade do ar 2,0 m s⁻¹ - UR 65%

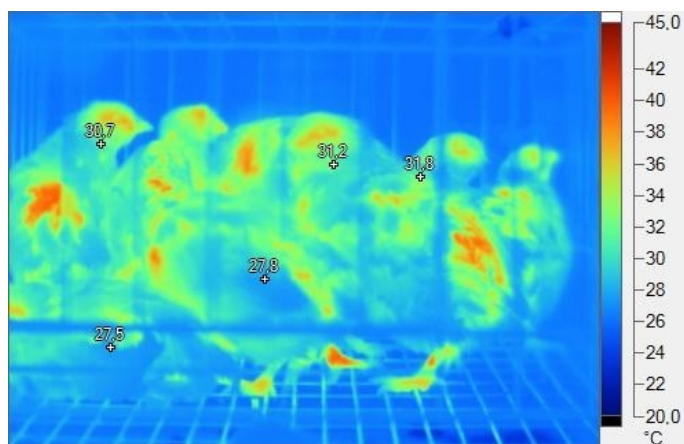


Figura 18. Imagem termográfica - Temperatura 26 °C
Velocidade do ar 0,5 m s⁻¹ - UR 65%

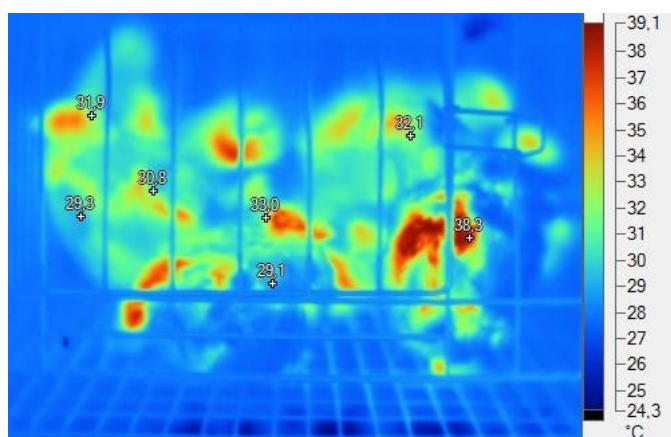


Figura 19. Imagem termográfica - Temperatura 26 °C
Velocidade do ar 2,0 m s⁻¹ - UR 65%

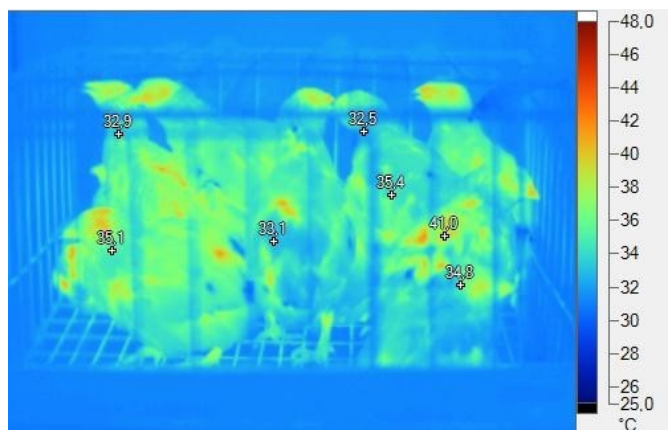


Figura 20. Imagem termográfica - Temperatura 32 °C
Velocidade do ar 0,5 m s⁻¹ - UR 65%

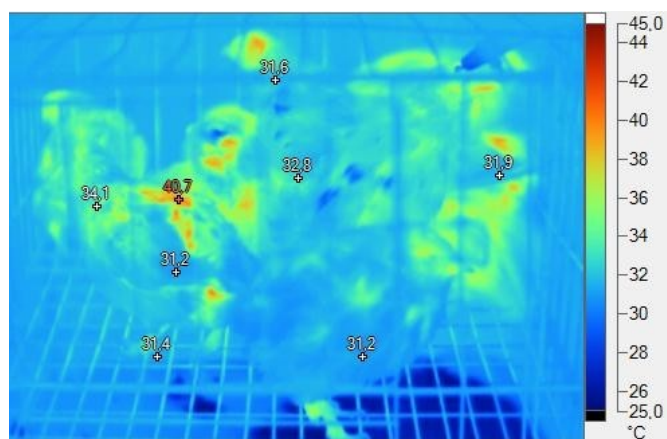


Figura 21. Imagem termográfica - Temperatura 32 °C
Velocidade do ar 2,0 m s⁻¹ - UR 65%

4.4 Trocas de calor entre as aves e o ambiente

Um entendimento mais completo dos aspectos termodinâmicos que envolvem as aves configura-se como um fator de importância e destaque nos estudos relacionados à ambiência das construções rurais e ao bem-estar animal, na busca de um maior aprimoramento, desenvolvimento e utilização de técnicas que melhorem a eficiência dos sistemas de produção. As trocas térmicas com o meio são realizadas por quatro componentes principais: radiação, condução e convecção, denominadas trocas sensíveis, e através da evaporação, que constitui um dos mais importantes mecanismos latentes de troca térmica dos animais. Nesta pesquisa, buscou-se avaliar o perfil das trocas de calor em codornas japonesa submetidas às condições de conforto e estresse pelo calor e pelo frio.

As perdas de calor ocorrem pelos meios sensíveis, e em condições agudas de estresse, pelas formas latentes de troca térmica com o meio.

4.4.1 Área superficial das aves

Intrinsecamente ligado às trocas de calor entre as aves e o ambiente, o conhecimento da área superficial das aves torna-se necessário, pois as trocas de calor sensível e latente ocorrem através dessa área. Através da Equação 6, função apenas da massa dos animais, foram obtidos valores médios para área superficial de 179,11 cm² para codornas que apresentaram um peso médio de peso médio das aves 178,33 g.

Na Tabela 8 são apresentados os resultados alcançados com as trocas de calor observadas em codornas mantidas em confinamento nas condições de estresse pelo frio – 20 °C; zona de termoneutralidade - 26 °C; e, finalmente, estresse pelo calor - 32 °C, sendo todas as condições térmicas combinadas com 2 velocidades do ar - 0,5 e 2,0 m s⁻¹ no interior das minicâmaras, consideradas fundamentais nas trocas convectivas. Nesta pesquisa, as trocas de calor sensível pelas codornas, através do processo de condução não foram incluídas por serem consideradas muito baixas ou insignificantes.

4.4.2 Trocas de calor por radiação

No caso das trocas radiativas de calor pelas aves, observaram-se valores médios extremos mínimos de $3,3622 \times 10^{-4}$ e $1,0659 \times 10^{-3}$ W m⁻² para as condições de maior estresse pelo frio e pelo calor, respectivamente, para aves com temperaturas superficiais médias de 27,1 e 37,2 °C. Verificou-se, ainda, que quanto menor a diferença entre a temperatura superficial média das aves e a temperatura do ar, maiores foram as trocas de calor por radiação registradas, de acordo a Tabela 8.

Esses resultados foram confirmados por Nascimento (2014) que, trabalhando com aves, registrou valores extremos médios máximos e mínimos, respectivamente, de $3,0 \times 10^{-3}$ e 8×10^{-4} W m⁻² para confinamento climatizado, valores ligeiramente próximos aos encontrados para codornas nesta pesquisa, tendo-se em vista que as mesmas estavam em câmaras climáticas e ao abrigo da radiação solar.

Furlan & Macari (2002) corroboram com os resultados alcançados nesta pesquisa, ao estudarem o desempenho de aves confinadas com temperatura controlada, constatando que os maiores valores de perdas de calor por radiação pelas aves alojadas em ambientes frios ocorreram em razão do elevado gradiente de temperatura entre a ave e o ambiente. Ainda nessa direção, Faria Filho (2003) registrou, para frangos de corte criados em diferentes temperaturas, que as perdas de calor por radiação foram maiores para a temperatura baixa (20 °C) do que em temperatura termoneutra (25 °C) e elevada (33 °C), confirmando os resultados médios de perdas radiativas aqui alcançados.

Nesta pesquisa, as trocas de calor por radiação dependeram, fundamentalmente, do gradiente de temperatura entre a superfície do animal e o ambiente; à medida que estas temperaturas se aproximaram por aumento da temperatura ambiente, o fluxo de calor radiante foi aumentando, como pode se inferir da Equação 7, utilizada para cálculo das trocas radiativas nesta pesquisa. Esses resultados foram confirmados por Giloh et al. (2012) ao citarem que o aumento da temperatura ambiente resulta no acréscimo da temperatura superficial nas aves, devido a vasodilatadores periféricos, sendo considerado uma resposta fisiológica para aumentar a dissipação térmica; foram corroborados, ainda, por Vercese (2010) ao afirmar que a radiação é o processo no qual a superfície de todos os objetos emite calor na forma de ondas eletromagnéticas. Nas aves, o ganho por calor é significativo se considerarmos a insolação e a energia térmica proveniente de telhados e instalações.

No cálculo das trocas radiativas, considerou-se apenas radiação com comprimento de ondas longas, pelo fato de não haver incidência de radiação uma vez que aves se encontram confinadas no interior de câmara climatizada e, portanto, ao abrigo da radiação solar.

Observou-se, ainda, que as velocidades do ar estudadas não apresentaram efeitos significativos sobre as trocas radiativas de calor em todos os tratamentos analisados.

Tabela 8. Trocas de calor por radiação (QR), convecção (QC) e calor total (QT)

Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s ⁻¹)	QR (W m ⁻²)	QC (W m ⁻²)	QT (W m ⁻²)
20	0,5	5,0766 x 10 ⁻⁴ aA	1,7614 bB	1,7619 bB
	2,0	3,3622 x 10 ⁻⁴ aA	2,4357 aA	2,4360 aA
26	0,5	5,1690 x 10 ⁻⁴ aA	1,2244 bB	1,2249 bB
	2,0	6,9566 x 10 ⁻⁴ aA	2,7892 aA	2,7899 aA
32	0,5	1,0659 x 10 ⁻³ aA	1,5466 bB	1,5476 bB
	2,0	7,6802 x 10 ⁻⁴ aA	2,2000 abA	2,2007 abA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si entre as temperaturas (coluna) pelo teste de Tukey (P>0,05). Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, para uma mesma coluna, não diferem entre si entre as velocidades do ar, pelo teste de Tukey (P>0,05).

4.4.3 Trocas de calor por convecção

As trocas de calor por convecção ocorrem quando uma corrente de fluído, neste caso o ar, retira energia térmica em um dado corpo (aves) e então se desloca para outro local, onde se mistura com porções mais frias desse fluído e para elas transfere a energia térmica, envolvendo os efeitos combinados de condução e movimento do fluído. Importar ressaltar que a camada limite corresponde a uma camada de ar adjacente à superfície. Qualquer objeto envolto pela atmosfera, cuja temperatura seja menor que a temperatura superficial do objeto em estudo, no caso aves, apresenta uma porção superficial de ar que está em contato direto com estes, adquirindo dessa maneira uma temperatura mais próxima da superfície do que da atmosfera circundante (SILVA, 2001).

No caso das trocas convectivas de calor pelas aves, de acordo com a Tabela 8, registraram-se, para as condições de temperatura média de 20 °C e velocidade média do ar

de 0,5 e 2,0 m s⁻¹, valores médios de perdas por convecção da ordem de 1,7614 e 2,4357 W m⁻², respectivamente. Na velocidade de 2,0 m s⁻¹, os resultados demonstraram que as perdas de calor pelas aves foram superiores em 28%, quando comparadas às perdas ocorridas na velocidade de 0,5 m s⁻¹, confirmando a eficiência da velocidade do ar no processo convectivo

Para as condições de temperatura média de 26 °C e velocidades médias do ar de 0,5 e 2,0 m s⁻¹, de acordo com a Tabela 7, foram registrados valores médios de perdas por convecção da ordem de 1,2244 e 2,7892 W m⁻², respectivamente. Na velocidade de 2,0 m s⁻¹, os resultados demonstraram que as perdas de calor pelas aves foram superiores em 57%, quando comparadas às perdas ocorridas na velocidade de 0,5 m s⁻¹, novamente confirmando a eficiência da velocidade do ar no processo convectivo, efeito confirmado pela análise estatística realizada através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, apresentando diferenças significativas entre as velocidades de 0,5 e 2,0 m s⁻¹.

Por fim, para codornas confinadas nas condições de temperatura média de 26 °C e velocidades médias do ar de 0,5 e 2,0 m s⁻¹, de acordo com a Tabela 8, foram registrados valores médios de perdas por convecção da ordem de 1,5466 e 2,2000 W m⁻², respectivamente. Na velocidade de 2,0 m s⁻¹, os resultados demonstraram que as perdas de calor pelas aves foram superiores em 57%, quando comparadas às perdas ocorridas na velocidade de 0,5 m s⁻¹, novamente confirmando a eficiência da velocidade do ar no processo convectivo, efeito também confirmado pela análise estatística realizada através do teste de Tukey, a 5% de probabilidade, apresentando diferenças significativas entre as velocidades de 0,5 e 2,0 m s⁻¹.

4.4.4 Trocas de calor total

As trocas de calor por meios sensíveis, nesta pesquisa, consideradas pelos processos radiativos e convectivos, foram calculadas pelo somatório das trocas por radiação (de ondas longas) e convecção. As trocas de calor por condução foram consideradas desprezíveis, por

representarem uma percentagem insignificante em relação as trocas de calor total. As trocas sensíveis ocorreram devido ao diferencial de temperatura entre a superfície corporal das e a temperatura do ar, e também em função da resistência da camada limite às trocas por convecção e radiação.

De acordo com os resultados registrados na a Tabela 8, no caso das trocas de calor totais pelas aves, observaram-se, para as condições de temperatura média de 20 °C e velocidades médias do ar de 0,5 e 2,0 m s⁻¹, valores médios de perdas por convecção da ordem de 1,7619 e 2,4360 W m⁻², respectivamente. Na velocidade de 2,0 m s⁻¹, os resultados demonstraram que as perdas de calor pelas aves foram superiores em 28%, quando comparadas às perdas ocorridas na velocidade de 0,5 m s⁻¹, confirmando a eficiência da velocidade do ar no processo convectivo e a baixa contribuição das trocas radiativas nas trocas totais de calor, combinando com os resultados alcançados por Yahav et al. (2005) ao afirmar que velocidade do ar é o parâmetro que mais influencia a perda de calor sensível e Menegali et al. (2009), ao consideraram importante maximizar as trocas de calor sensível através da diferença entre a temperatura superficial das aves e a temperatura do ar.

Com relação às trocas totais de calor nas condições de temperatura média de 26 °C com velocidades medias do ar de 0,5 e 2,0 m s⁻¹, foram obtidos valores médios de perdas da ordem de 1,7649 e 2,7899 W m⁻², respectivamente, evidenciando a efetiva contribuição das trocas convectivas nas perdas totais de calor das aves confinadas.

Por fim, para as condições de temperatura média de 32 °C e velocidades médias do ar de 0,5 e 2,0 m s⁻¹, foram observados, respectivamente, valores médios de trocas totais de calor de 1,5476 e 2,2007 W m⁻².

Nascimento (2010), trabalhando com balanço térmico em frangos de corte, observou que, em condição de conforto, a partir da terceira semana de idade dos animais, as trocas sensíveis correspondiam a até 80% do total das trocas de calor; e em estresse térmico as trocas latentes corresponderam a até 84% da troca de calor total.

Ainda de acordo com a Tabela 8, observou-se que as trocas radiativas foram insignificantes em relação ao processo convectivo, observação constatada em todos os tratamentos analisados nesta pesquisa, e da mesma forma em relação às perdas totais de calor pelas aves (QT).

No geral, deve-se considerar que as trocas sensíveis devem ser maximizadas, quando comparadas com as trocas latentes, uma vez que representam um menor custo energético e metabólico. A maximização das perdas sensíveis também pode ser fundamental para a prevenção de hipertermia decorrente da desidratação, que ocorre após um período de ofegação intensa das aves (YAHAV et al., 2004). As estratégias de climatização devem ser voltadas a permitir a existência de um diferencial de temperatura entre a superfície do animal e o ambiente.

Em climas tropicais, a temperatura do ar encontra-se frequentemente próxima da corporal ou a excede; além disso, a temperatura radiante média do ambiente tende a ser muito mais elevada que a atmosférica. Conseqüentemente, a termólise por convecção e radiação é dificultada ou inibida.

O animal no intuito de aumentar as suas perdas de calor, para manter sua temperatura corporal constante, passa a utilizar as vias evaporativas de perda de calor.

O gradiente térmico entre a TSM e a TA foi reduzida com o aumento da temperatura ambiente, sendo que quanto maior este gradiente, melhores as condições de liberação do calor do animal para o meio, portanto esta diminuição dificultou a liberação de calor, o que pode propiciar acúmulo de calor no corpo dos animais, havendo a necessidade de utilização de outros mecanismos de perda de calor, como a elevação da frequência respiratória e cardíaca, que necessitam de gasto energético para serem acionadas

De acordo com Yahav et al. (2005) a velocidade do ar é o parâmetro que mais influencia a perda de calor sensível. É importante maximizar as trocas de calor sensível

através da diferença entre a temperatura superficial das aves e a temperatura do ar; quando esta diferença é mínima, as aves aumentam a transferência de calor por evaporação com auxílio da ofegação que tem custo energético elevado e queda do desempenho animal (Borges et al., 2003; Menegali et al., 2009).

Segundo Nascimento (2010) quando a temperatura do ar se encontra em níveis próximos a 21°C, a ave pode perder até 75% de calor por meio de calor sensível: radiação, condução e convecção. Porém, quando a temperatura ambiente se aproxima da temperatura superficial das aves, seu meio principal de perda de calor passa ser a liberação de calor latente, por meio da respiração ofegante.

Nascimento et al. (2014), trabalhando com aviários convencionais e climatizados para frangos de corte, observaram que as instalações avícolas com ventilação tipo túnel proporcionou a maior transferência de calor sensível pelas aves. Foi estimada para aviários convencionais, uma perda de calor convectiva pelos frangos de até 4,60 W m⁻², enquanto que em aviários climatizados, a perda de calor por convecção foi estimada em até 10,10 W m⁻², resultados maiores que os encontrados nesta pesquisa tendo em vista que a área superficial dos frangos era maior em relação as codornas. Com relação a perda de calor por radiação, os autores estimaram perdas na ordem de 3,5 x 10⁻³ W m⁻² para galpões convencionais e 3,0 x 10⁻³ W m⁻² para aviários climatizados, valores próximos aos encontrados para codornas nesta pesquisa, em vista que as codornas estavam em câmaras climáticas, sem contato com a radiação solar.

Souza Junior (2014) trabalhando com galinhas poedeiras de pescoço pelado criadas em ambiente aberto, verificou a produção de calor por radiação entre 19,81 a 41,24 W m⁻². Valores bem superiores ao encontrados nesta pesquisa, em vista que as galinhas possuem área superficial maiores que as codornas e também pelo fato da radiação solar incidir diretamente sobre as aves.

Rusal et al. (2011) estudando diferentes movimentações de ar sobre a perda de calor sensível verificaram que em temperatura elevada (35 °C), velocidades do ar iguais a

2,0 e 3,0 m s⁻¹ aceleraram a perda de calor por convecção, levando a melhorias do desempenho e qualidade dos ovos, e sendo afetado negativamente quando a velocidade do ar era de 0,5 m s⁻¹.

Malheiros et al. (2000) estudaram a importância do fluxo de radiação de ondas longas para pintos entre um e sete dias de vida mantidos a 20, 25 ou 35°C, indicando que as perdas por radiação a 20°C foram aproximadamente nove vezes o valor das perdas a 35°C. Nascimento et al. (2014) determinaram o fluxo de calor sensível para frangos de corte ao longo de um ciclo produtivo (seis semanas) e observaram que as perdas de calor por radiação e convecção foram crescentes com o aumento do peso dos frangos. Essas maiores perdas de calor têm relação com a maior proporção entre área e volume nos animais nos primeiros dias de vida.

4.4.5 Entalpia do ar

A avaliação termohigrométrica do ambiente foi realizada por meio do registro de variáveis psicrométricas do ar em minicâmaras submetidas a diferentes condições de confinamento das aves e no ambiente externo às mesmas (câmara climatizada). As variáveis registradas nesta pesquisa foram: entalpia do ar (KJ kg de ar seco⁻¹), temperatura de bulbo seco (°C), e razão de mistura do ar (kg de ar seco por kg de vapor d'água), permitindo a caracterização da eficiência térmica nos módulos de alojamento das aves e no ambiente externo.

A entalpia é uma propriedade termodinâmica de uma mistura ar seco e vapor de água definida como a energia contida no ar úmido, por unidade de massa de ar seco, para temperaturas superiores a uma determinada temperatura de referência (0 °C). Como somente a diferença de entalpia representa interesse prático na análise dos processos de trocas de calor em ambientes destinados ao confinamento de aves, o valor escolhido para a temperatura de referência tornou-se irrelevante.

Com relação à entalpia, mantido o nível de umidade relativa em 65% de entrada nas minicâmaras, é possível observar na Figura 22 seus valores médios e suas variações entálpicas, registrados na entrada e na saída dos ambientes de confinamento das aves, relativos às temperaturas de 20, 26 e 32 °C e velocidades de 0,5 e 2,0 m s⁻¹ que foram utilizadas em 3 etapas, respectivamente: a primeira temperatura do ar representando o limite inferior da zona de conforto; a segunda representando o limite superior da zona de conforto; e a terceira, consideravelmente acima da temperatura crítica superior.

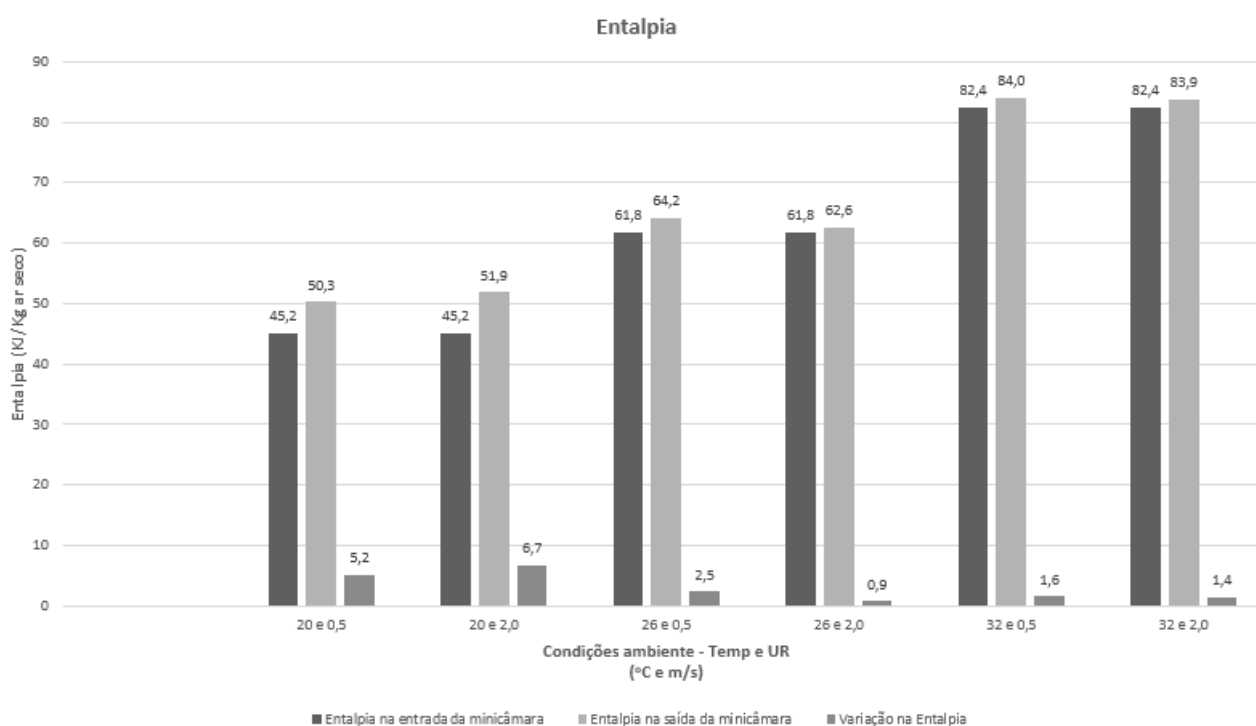


Figura 22. Entalpia determinada nas entradas e nas saídas das minicâmaras

Na temperatura de 20 °C e velocidade do ar de 0,5 m s⁻¹, observaram-se valores médios de entalpia de 45,2 e 50,3 KJ kg de ar seco⁻¹, nas entradas e nas saídas das minicâmaras, respectivamente, apresentando uma variação entálpica média de 5,1 KJ kg de ar seco⁻¹; para a mesma temperatura e na velocidade do ar de 2,0 m s⁻¹, observaram-se valores médios de entalpia de 45,2 e 51,9 KJ kg de ar seco⁻¹, nas entradas e nas saídas das minicâmaras, respectivamente, apresentando uma variação entálpica média de 6,7 KJ kg de ar seco⁻¹.

Nas condições ambientes com temperatura de 26 °C e velocidade do ar de 0,5 m s⁻¹, observaram-se valores médios de entalpia de 61,8 e 64,2 KJ kg de ar seco⁻¹, nas entradas e nas saídas das minicâmaras, respectivamente, apresentando uma variação entálpica média de 2,4 KJ kg de ar seco⁻¹; para a mesma temperatura e na velocidade do ar de 2,0 m s⁻¹, observaram-se valores médios de entalpia de 61,8 e 62,6 KJ kg de ar seco⁻¹, nas entradas e nas saídas das minicâmaras, respectivamente, apresentando uma variação entálpica média de 1,2 KJ kg de ar seco⁻¹. Vieira et al. (2016) analisando o desempenho e o conforto térmico de aves poedeiras, sob regime de alojamento diferenciado, constatou que a faixa de conforto para essas aves, a partir dos valores de entalpia estudados, varia entre 58 e 68,8 kJ kg de ar seco⁻¹, confirmando os valores médios registrados nesta pesquisa.

Por fim, na temperatura de 32 °C e velocidade do ar de 0,5 m s⁻¹, observaram-se valores médios de entalpia de 82,4 e 84,0 KJ kg de ar seco⁻¹, nas entradas e nas saídas das minicâmaras, respectivamente, apresentando uma variação entálpica média de 1,6 KJ kg de ar seco⁻¹; para a mesma temperatura e na velocidade do ar de 2,0 m s⁻¹, observaram-se valores médios de entalpia de 82,4 e 83,9 KJ kg de ar seco⁻¹, nas entradas e nas saídas das minicâmaras, respectivamente, apresentando uma variação entálpica média de 1,5 KJ kg de ar seco⁻¹.

Após a análise dos dados médios de entalpia registrados na pesquisa, observou-se que, em todos os tratamentos estudados, quanto maior foi a temperatura de confinamento das aves, mais elevados foram os valores médios de entalpia observados no interior das minicâmaras. Com relação aos níveis médios de velocidade do ar aplicados em cada minicâmara, observou-se, também, em todos os tratamentos, que para a velocidade do ar de 0,5 m s⁻¹, observou-se uma maior variação na entalpia (diferença entre a entalpia de entrada e a de saída das minicâmaras), indicando uma maior eficiência na retirada de calor das aves confinadas.

Castro (2014), em experimento utilizando sistema de túnel de vento para codornas, também verificou o aumento da entalpia de acordo com a elevação da temperatura do ar,

com valores de 46,7, 62,1 e 81,4 KJ Kg ar seco⁻¹ para as temperaturas de confinamento de 20, 26 e 32 °C, respectivamente; esses valores, bem como neste presente trabalho, apenas na temperatura de 26 °C, encontra-se dentro da zona de conforto quando comparadas com os valores para galinhas poedeiras, que tem como limites valores entre 64 e 70 81,4 KJ Kg ar seco⁻¹, o que demonstra a necessidade de estudos para serem determinados os limites de entalpia para coturnicultura.

Parte das contribuições termodinâmicas, responsável pela elevação da entalpia no interior das minicâmaras, registradas nas 3 condições termohigrométricas propostas nesta pesquisa, decorreu da passagem do ar ambiente pelo rotor do ventilador, aquecendo-o, em média, de 0,5 a 1 °C, em função da turbulência e do atrito gerados pelas palhetas do ventilador. Com essa pequena elevação de temperatura, o ar ambiente mudará um pouco as suas características iniciais de entalpia, temperatura e umidade relativa do ar. Para Pereira (2005), quanto maior o valor de entalpia no ambiente, maior é a quantidade de calor, tornando-o mais desconfortante.

A entalpia, que por definição, indica a quantidade de energia contida em uma mistura de vapor d'água, implica com isso que qualquer alteração na umidade relativa do ar, a energia envolvida nesse sistema é alterada, e como consequência, as trocas térmicas entre o animal e o ambiente (Barbosa Filho, 2004). Nesta pesquisa, o valor pré- determinado para a UR foi de 65%; porém, como verifica-se na Tabela 1, esses valores médios foram, na prática, de 68,2% - para a temperatura de confinamento de 20 °C - e 62, 1% na condição de 32 °C, o que pode ser observado na Figura 22, pela variação média da entalpia entre os tratamentos.

4.4.6 Comprimento de onda

Com relação aos comprimentos de onda emitidos pelas aves, observa-se na Figura 23 que quanto maior foi a temperatura superficial das aves, menores foram os comprimentos de ondas observados, considerando uma emissividade média das aves de 0,95, sendo esta a capacidade de um corpo qualquer em reemitir energia radiante. Para a temperatura de 20 °C, foi registrado o comprimento médio de 9,61 μm para as duas velocidades do ar; já para a temperatura de 26 °C, observou-se um comprimento de onda médio de 9,48 μm , e para a temperatura de 32 °C, observou-se um comprimento de onda médio de 9,35 μm . Esses resultados estão em consonância com a Lei de Wien, que estabelece que o comprimento de onda é inversamente proporcional à temperatura do corpo emissor. Para Ferreira et al., (2011), as mudanças nas temperaturas superficiais das aves estão associada à temperatura ambiente ou então relacionada à energia das rações oferecidas as aves, corroborando com os resultados alcançados nesta pesquisa

Sendo a radiação o processo no qual as superfícies dos corpos emitem calor na forma de ondas eletromagnéticas, em se tratando desta pesquisa, o ganho por calor pelas aves seria significativo em um sistema de confinamento a céu aberto, pois a insolação e a energia térmica provenientes do Sol atingiriam as aves nas formas direta ou difusamente. Uma vez que pesquisa foi realizada em câmara climática, ao abrigo da radiação solar, os comprimentos de ondas emitidos pelas aves foram, caracteristicamente, na faixa de ondas longas (ver Figura 23) do espectro da radiação solar infravermelha.

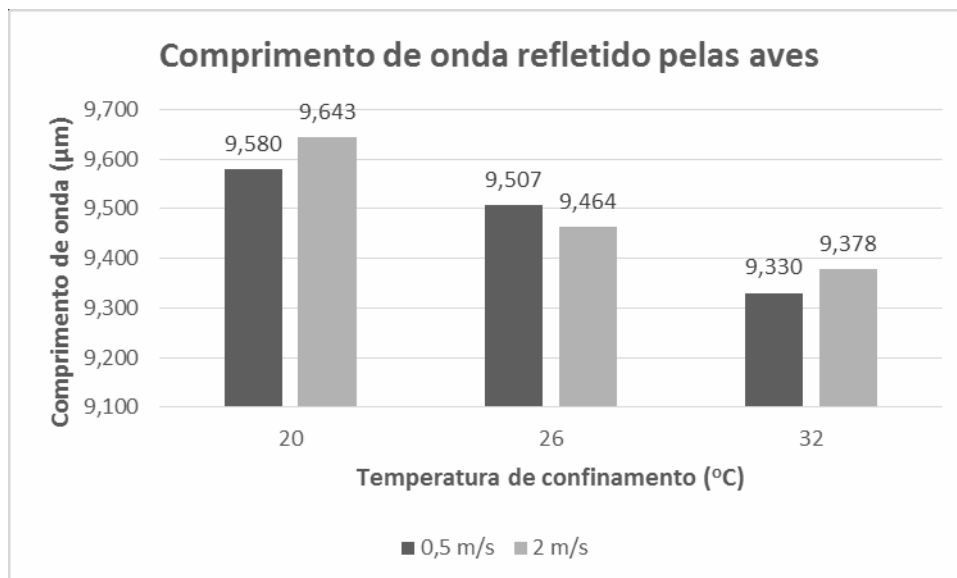


Figura 23. Comprimento de onda refletido pelas aves em confinamento

Os resultados poderiam ser diferentes caso as aves estivessem expostas a diferentes tipos de iluminação no sistema. Tal fato acontece devido a iluminância e a intensidade de luz que influenciam significativamente o desempenho das aves (Amaral et al., 2011). Isso ocorre também com relação as cores da iluminação, onde Rozenboim et al. (1999) comentam que a cor da luz é um parâmetro fundamental exógeno que afeta o desempenho das aves e é ditada pelo comprimento de onda.

4.4.7 Razão de mistura do ar

No que se refere à razão de mistura do ar no interior das minicâmaras, para a temperatura de 20 °C, observou-se valores médios de razão de mistura da ordem de 10,95 g de H₂O Kg de ar seco⁻¹ para as 2 velocidades do ar analisadas nesta pesquisa; para a temperatura de 26 °C, foram registrados valores médios de razão de mistura de 14,53 g de H₂O Kg de ar seco⁻¹ para as 2 velocidades do ar analisadas nesta pesquisa; para a temperatura de 32 °C, nas 2 velocidades do ar estudadas, observam-se valores médios de 20,40 95 g de H₂O Kg de ar seco⁻¹.

A análise da Figura 24 mostrou que, com a elevação da temperatura de confinamento das aves, observou-se um aumento na razão de mistura do ar decorrente do fato de que as aves, quando submetidas a situação de estresse por calor, normalmente consomem mais água, o que resulta em um maior teor de umidade nas excretas. Também no estresse por calor, as aves tendem a uma maior ofegação e elevação da frequência respiratória, lançando vapor de água no ambiente como consequência da elevação da taxa respiratória.

Silva (2008) observa que numa situação de estresse agudo por calor, um dos meios mais eficientes visando à redução da temperatura interna é o ofego, processo que representa 75% da perda de calor latente das aves.

As aves mantidas sob altas temperaturas ativam a evaporação respiratória através da ofegação, como o principal mecanismo para perda de calor. Porém, como a sua ativação é associada ao conteúdo de água do corpo, a perda por essa via será diminuída se as aves estiverem em algum estágio de desidratação. Além disso, o aumento da evaporação respiratória para a manutenção da temperatura corporal implica num gasto energético muito maior para as aves do que ocorre nos mecanismos de radiação e convecção, o que pode interferir no equilíbrio ácido-básico do sangue e no conteúdo de água do organismo, consequentemente, alterando o metabolismo energético (YAHAV et al., 2009).

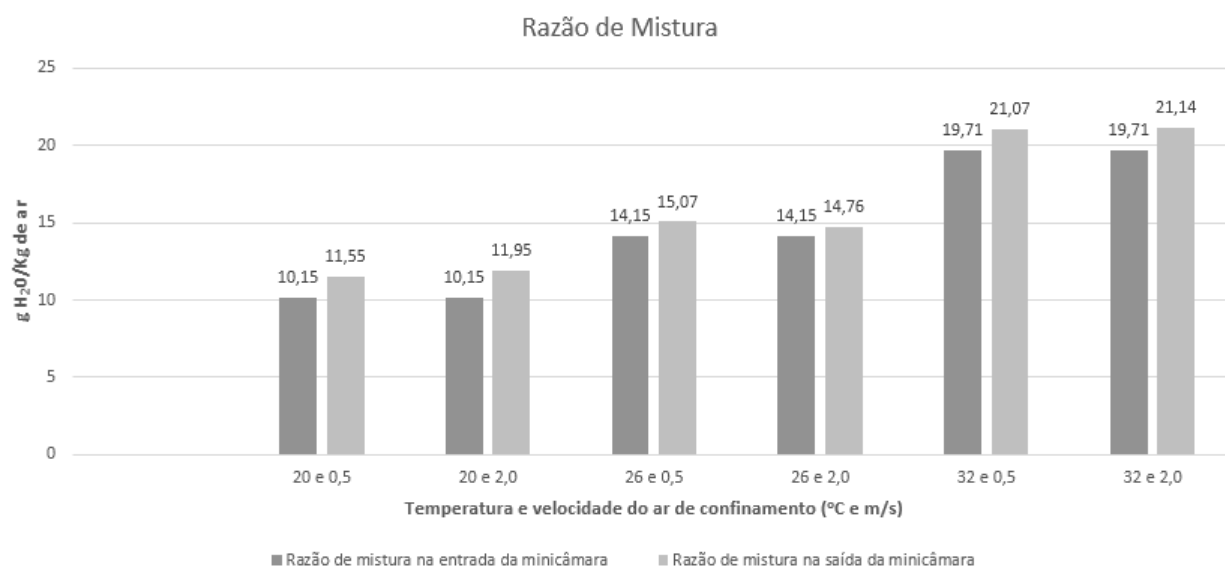


Figura 24. Razão de mistura determinada nas entradas e nas saídas das minicâmaras

A capacidade de um animal manter a temperatura corporal dentro do intervalo normal depende do equilíbrio entre o calor produzido internamente, o calor ganho do ambiente e a taxa de dissipação do excesso de calor (SILVA, 2008). Nas aves, a dissipação de calor é limitada pela camada de penas e pela ausência de glândulas sudoríparas.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Para as condições de realização desta pesquisa, concluiu-se que:

- A condução desta pesquisa, em ambiente bioclimaticamente controlado, permitiu avaliar a influência da temperatura e da velocidade do ar na criação de codornas japonesas de postura, em função das trocas de calor e do desempenho das aves, nas respostas produtivas durante as semanas de avaliação.
- As condições microclimáticas de 20 °C e 2,0 m s⁻¹ assim como 32 °C e 0,5 m s⁻¹ resultaram na produção de ovos de baixa qualidade - interna e externamente – em relação às demais condições ambientais avaliadas.
- As codornas japonesas, quando mantidas em condições de 32 °C (condição de estresse por calor), apresentaram menor consumo de ração e uma elevada ingestão de água; O equilíbrio de consumo de ração e água é encontrado na zona de conforto térmico das aves, nesta pesquisa, representada pela temperatura de 26 °C;
- Para os produtores, sugere-se a condição de temperatura de 26 °C e velocidade do ar de 0,5 m s⁻¹ para criação de codornas japonesas de postura; em condições de estresse por calor (32 °C), indica-se a utilização de ventilação com velocidade do ar de 2,0 m s⁻¹; na condição de limite crítico inferior (20 °C), recomenda-se baixos índices de ventilação (0,5 m s⁻¹);
- A elevação da temperatura do ar resultou em um aumento da frequência respiratória e no aumento da temperatura superficial das aves, tendência também observada na temperatura retal das codornas;
- A troca de calor por radiação apresentou valores bem inferiores em relação a perda de calor por convecção. A velocidade do ar influenciou diretamente a perda

de calor por convecção, onde praticamente dobrou seus valores quando a velocidade era de $2,0 \text{ m s}^{-1}$.

- A entalpia e a razão de mistura do ar apresentaram valores crescentes com a elevação da temperatura do ar na criação das aves, diferentemente do comprimento de onda emitido pelas aves que foi inversamente proporcional.

Para futuras pesquisas, sugere-se:

- A verificação, através da utilização de imagens de vídeo, do comportamento individual das codornas quando submetidas as condições de estresse por frio e por calor, além da termoneutralidade;
- Automatizar ainda mais os procedimentos de manejo (colocação de água nos bebedouros, retirada de excretas, etc.), para redução da influência humana nos resultados da pesquisa;
- Utilização de diferentes sistemas de resfriamentos (pad coolings, nebulizadores, etc.) e aquecimentos na influência das trocas de calor entre os animais e o ambiente;
- A realização dessas metodologias com outras aves (frangos de corte, galinhas de postura, codornas europeias, etc.) a fim de se obter amplos resultados de desempenho e comportamento das aves.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, P. G.; Abreu, V. M. N. Análise de imagens em aviários de postura com sistemas de climatização. Embrapa Suínos e Aves. 2009. Disponível em: http://pt.engormix.com/MA-avicultura/industria-carne/artigos/analise-imagensaviario_postura-t154/471-p0.htm. Acesso em: 24/Out/2016.

Abreu, V., M., N.; Abreu, P., G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.1-14, 2011.

Aengwanich, W.; Sridama, P.; Phasuk, Y.; Vongpralab, T.; Pakdee, P.; Katawatin, S.; Simaraks, S. Effects of ascorbic acid in cell mediated, humoral immune response, and pathophysiology of white blood cell in broiler under heat stress. *The Songklanakarin Journal of Science and Technology*, v. 25, p.297-305, 2007.

Albino, L. F. T.; Barreto, S. L. DE T. Criação de codornas para produção de ovos e carne. 1.ed. Viçosa: UFV, 2012.

Albino, L. F. T.; Carvalho, B. R.; Maia, R. C.; Barros, V. R. S. M. Galinhas poedeiras: criação e alimentação. 1.ed. Viçosa: UFV, 2014. 376p.

Amaral, A. G.; Yanagi Junior, T., Lima, R. R.; Teixeira, V. H.; Schiassi, L. Efeito do ambiente de produção sobre frangos de corte sexados criados em galpão comercial. *Arquivo brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 63, p. 649-658, 2011.

Amaral, A. G. Processamento de Imagens Digitais para Avaliação do Comportamento e Determinação do Conforto Térmico de Codornas de Corte. Viçosa: UFV, 2012. 82 p. Tese Doutorado.

Lopes, L. L. R.; da Silva, Y. L.; Nunes, R. V.; Takahashi, S. E.; Mori, C. Influência do tempo e das condições de armazenamento na qualidade de ovos comerciais. *Revista científica eletrônica de medicina veterinária*, v. 18, p. 16-22, 2012.

Araújo, M. S.; Barreto, S. L. T.; Donzele, J. L. Oliveira, R. F. M.; Umigi, R. T.; Oliveira, W. P.; Balbino, E. M.; Assis, A. P.; Maia, G. V. C. Níveis de cromo orgânico na dieta de codornas japonesas mantidas em estresse por calor na fase de postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, p.584-588, 2007.

Araújo, W. A. G. & Albino, L. F. T. Comercial incubation (incubação comercial).1. Ed. Kerala, Índia, 2011. 157 p.

ASSISTAT versão 7.6 beta. Grande-PB: Assistência Estatística, Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN - Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina. Disponível em: <<http://www.assistat.com>>.

Baêta, F. C.; Souza, C. F. Ambiência em edificações rurais, conforto animal. 2.ed. Viçosa: UFF, 2010. 269p.

Barbosa Filho, J. A. D. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais utilizando análise de imagens. Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 123p. Dissertação Mestrado.

Baptista, R. F. Avaliação da qualidade interna de ovos de codorna (*Coturnix coturnix japonica*) em função da temperatura de armazenamento. Niterói: UFF, 2002. 99p. Dissertação Mestrado.

Berto, D, A. Temperatura ambiente e nutrição de codornas japonesas. São Paulo: UNESP, 2012. 132p. Tese Doutorado.

Bonnet, S.; Geraert, P. A.; Lessire, M.; Carre. B.; Guillaumin, S. Effect of High ambient temperature on feed digestibility in broilers. Poultry Science, v.76, p.857-863, 1997.

Borges, A. S.; Maiorka, A.; Silva, A. V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. Ciência Rural, v.33, p. 975-981, 2003.

Brecht, A.; Hens, H.; Lemaire, J. L.; Aerts, J. M.; Degraeve, P.; Berckmans, D. Quantification of the heat exchange of chicken eggs. Poultry Science, v.84, p.353-361, 2005.

Bridi, A., M. Adaptação e Aclimação Animal. 2011. Disponível em: <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/AdaptacaoeAclimatacaoAnimal.pdf>. Acesso em 20/ Out/ 2016.

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.

Cardozo, S. V.; Berto, B. P.; Ferreira, A. M. R.; Macedo, H. W.; Lopes, C. W. G. Frequência de Eimeria bateri em codornas japonesas (*coturnix japonica*) desafiadas com dose subletal de Aflatoxina. Revista Brasileira de Medicina Veterinária, v.32, p.211-214, 2010.

Carvalho, F. B.; Stringhini, J. H.; Jardim Filho, R. M. Qualidade interna e da casca para ovos de poedeiras comerciais de diferentes linhagens e idades. *Revista Ciência Animal Brasileira*, v.8, p.25-29, 2007.

Carvalho, T. M. F.; Moura, D. J.; Souza, Z. M.; Souza, G. S.; Bueno, L. G. F. Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.351-361, 2010.

Castro, J. O. Avaliação e modelagem do desempenho de codornas japonesas em postura submetidas a diferentes ambientes térmicos. Lavras: UFLA, 2014. 71 p. Tese Doutorado.

Cortizo, E. C.; Barbosa, M. P.; Souza, L. A. C. Estado de arte da termografia. *Fórum Patrimônio: ambiente construído e patrimônio sustentável*, v.2, p.158-193, 2008.

Costa, E. M. DA S.; Dourado, L. R. B.; Merval, R. R. Medidas para avaliar o conforto térmico em aves. *Publicações em medicina veterinária e zootecnia*, v. 6, p.102-108, 2012.

Ferreira, R. A. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. 1. ed. Viçosa: UFV, 2005. 371p.

Ferreira, V. M. O. S.; Francisco, N. S.; Belloni, M.; Aguirre, G. M. Z.; Caldara F. R, Nääs, I. A.; Garcia, R. G.; Almeida, I. C. L. P.; Polycarpo, G. V. Infrared Thermography Applied to the Evaluation of Metabolic Heat Loss of Chicks Fed with Different Energy Densities. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.13, p. 113-118, 2011.

Figueiredo, T. C.; Cançado, S. V.; Viegas, R. P.; Rêgo, I. O. P.; Lara, L. J. C.; Souza, M. R.; Baião, N. C. Qualidade de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.63, p.712-720, 2011.

Figueiredo, A. N. Qualidade de ovos de codornas japonesas submetidos a diferentes condições de armazenamento. Rio Largo: UFAL, 2013. 50p. Dissertação de Mestrado.

Freeman, R. M., Cogburn, S. Response of daily thyroid rhythms to cyclic temperature. *Poultry Science*, v. 62, p. 1425 - 1432, 1983.

Freeman, B. M. The domestic fowl in biomedical research: physiological effects of the environment. *World's Poultry Science Journal*, Cambridge, v. 44, p. 44-60, 1988.

Furlan, R. L. Influência do calor na fisiologia de poedeiras. In: Curso De Atualização Em Avicultura Para Postura Comercial, 2005, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP, 2005, p. 96-118.

Furlan, R. L.; Macari, M. Termorregulação. In: Fisiologia Aviária aplicada a frangos de corte . 2002. Anais...Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 209-230.

Gama, N. M. S. Q. Qualidade química e bacteriológica da água utilizada na dessedentação de aves. [2011]. In.: 14° Curso de sanidade Avícola Fort Dodge. Disponível em <http://www.fortdodge.com.br/14sanidade/pdf/16importanciadaagua_naavicultura.pdf>. Acesso em 22/Set/2015.

Giloh, M.; Shinder, D.; Yahav, S. Skin surface temperature of broiler chickens is Correlated to body core temperature and is indicative of their thermoregulatory Status. Poultry Science, v.91, p.175-188, 2012.

Guimarães, M. C. C. Desempenho produtivo e qualidade de ovos de codornas nas estações chuvosa e seca no semiárido paraibano. Campina Grande: UFCG, 2012. 125p. Tese doutorado.

Guimarães, M. C.C. Furtado, D.A.; Nascimento, J.W.B. do.; Tota, L.C.A.; Silva, C.M. da, Lopes, K.B.P. Efeito da estação do ano sobre o desempenho produtivo de codornas no semiárido paraibano. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, p.231-237, 2014.

Hempe, J. K.; Lauxwn, R. C.; Savage, J. E. Rapid determination of egg weight and specific gravity using a computerized data collection system. Poultry Science, v.67, p.902-907, 1988.

Hillman, P. E. Physiological responses and adaptations to hot and cold environments. In: YOUSEF, M. K. Stress physiology in livestock. Boca Raton: CRC. v. 3, p.1-71, 1985.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Estatística da Produção Pecuária. Rio de Janeiro, IBGE, 2014.

Jácome, I. M. T. D.; Furtado, D. A.; Leal, A. F.; Silva, J. H. V.; Moura, J. F. P. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, p.527-531, 2007.

Jácome, I. M. T. D.; 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, p.449-456, 2012.

Ju, X.; Nebel, J. C.; Siebert, J. P. 3D Thermography imaging standardization technique for inflammation diagnosis. In: *Photonics asia, 2004, Beijing. Proceedings of SPIE. Beijing: SPIE. v.3, p. 5640-5646, 2004.*

Karoui, R.; Kemps, B.; Bamelis, F.; Deketelaere, B.; Decuypere, E.; Debaerdemaeker, J. Methods to evaluate egg freshness in research and industry: a review. *European Food Research and Technology*, v. 222, p.146-152, 2006.

Kell, G. S. Density, thermal expansivity, and compressibility of liquid water from 0°C to 150°C: correlations and tables for atmospheric pressure and saturation reviewed and expressed on 1968 temperature scale. *Journal of Chemical and Engineering Data*, v.20, p.97- 105, 1975.

Kirunda, D. F.; Scheideler, S. E.; Mckee, S. R. The efficacy of vitamin E (DL-alpha-tocopheryl acetate) supplementation in hen diets to alleviate egg quality deterioration associated with high temperature exposure. *Poultry Science*, v.80, p.1378 –1383, 2001.

Kolesar, R.; Ludtke, C.; Ciocca, J. R. P.; Dandin, T.; Vilela, J. A.; Tondatto, A.; Parker, M.; Rodgers, J. Programa Nacional de Abate Humanitário – Steps. In: *Sociedade Mundial de Proteção Animal WSPA, Brasil, 2009.*

Kondaiah, N.; Panda, B.; Singhal, R. A. Internal egg-quality measure for quail eggs. *Indian Journal Animal Science*, v.53, p.1261-1264, 1983.

Leandro, N. S. M.; Deus, H. A. B.; Stringhini, J. H.; Café, M. B.; Andrade, M. A.; Carvalho, F. B. Aspectos de qualidade interna e externa de ovos comercializados em diferentes estabelecimentos na região de Goiânia. *Ciência Animal Brasileira*, v.6, p.71-78, 2005.

Lima, H. J. D.; Barreto, S. L. T.; Mendes, F. R.; Leite, P. R. S. C.; Lacerda, M. J. R.; Câmara, L. R. A. Viabilidade econômica do uso de fitase em rações para codornas japonesas em postura. *Global Science and Technology*, v. 2, p.58-65, 2011.

Macari, M.; Furlan, R.L. Ambiência na produção de aves em clima tropical. In: SILVA, I.J.O. *Ambiência na produção de aves em clima tropical. Jaboticabal: SBEA, p.31-87, 2001.*

Magalhães, A. P. C.; Curvello, F. A.; Morenz, M. J.; Calixto, L. F.; Rezende, S. R. F. Qualidade de ovos comerciais de acordo com a integridade da casca, tipo de embalagem e tempo de armazenamento. *Revista de Ciência da Vida*, v.32, p.51-62, 2012.

Maia, A. S. C.; Silva, R. G.; Loureiro, C. M. B. Respiratory heat loss of Holstein cows in a tropical environment. *International Journal of Biometeorology*, v.49, p. 332-336, 2005.

Malheiros, R. D.; Moraes, V. M. B.; Bruno, L. D. G.; Malheiros, E. B.; Furlan, R. L.; Macari, M. Environmental temperature and cloacal and surface temperatures of broiler chicks in first week post-hatch. *Journal of Applied Poultry Science*, v.9, p. 111-117, 2000.

Marchini, C. F. P.; Silva, P. L.; Nascimento, M. R. B. M; Tavares, M. Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. *Archivos of Veterinary Science*, v.12, p. 41- 46, 2007.

Marinho, A. L. Qualidade interna e externa de ovos de codornas japonesas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. Rio Largo: UFAL, 2011. 79 p. Dissertação de Mestrado.

Medeiros, C. M; Baêta, F.C; Miranda, R. F; Tinôco, I. F; Albino, L. F; Cecon, P. R. Efeitos de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.13, p.277 – 286, 2005.

Mello, J. L. M. Parâmetros fisiológicos e desempenho de frangos de corte criados sob condições simuladas de ondas de calor. Jaboticabal: UNESP, 2012. 41p. Dissertação Mestrado.

Mendes, A. S.; Paixão, S. J.; Marostega, J.; Restelatto, R.; Oliveira, P. A. V. E.; Possenti, J.C. Mensuração de problemas locomotores e de lesões no coxim plantar em frangos de corte. *Archivos de Zootecnia*, v. 61, p. 217 – 228, 2013.

Menegali, I.; Tinôco, I. de F. F.; Baêta, F. C.; Cecon, P. R.; Guimarães, M. C. C; Cordeiro, M. B. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.984-990, 2009.

Morais, C. F. A. Qualidade interna de ovos comercializados em uma rede de distribuição em Uberlândia. Uberlândia: UFMG, 1995. 63p. Dissertação Mestrado.

Moura, D. J. Ambiência na avicultura de corte. In: SILVA, I.J.O. Ambiência na produção de aves em clima tropical. Piracicaba: FUNEP, v. 2, p. 75-149, 2001.

Moura, G. S.; Barreto, S. L. T.; Donzele, J. L.; Hosoda, L. R.; Pena, G. M.; Angelini, M.S. Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo constante a relação energia metabolizável: Nutrientes para codornas japonesas em postura. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, p.1628-1633, 2008.

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.

Moura, P. S.; Furtado, D.A.; Oliveira, J. F. S.; Lopes Neto, J. P.; Rodrigues, V. P. Temperatura superficial e emissão de calor sensível de codornas japonesas mantidas em diferentes temperaturas. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2016, Foz do Iguaçu. Anais...Jaboticabal: SBEA. 2016. CD-Rom.

Nääs, I. A.; Miragliotta, M.Y.; Baracho, M.S.; Moura, D.J. Ambiência aérea em alojamento de frangos de corte: poeira e gases. Engenharia Agrícola, v.27, p.326-334, 2007.

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, v.67, p.497- 502, 2010.

Nascimento, S. T. Determinação do balanço de calor em frangos de corte por meio das temperaturas corporais. Piracicaba: ESALQ/USP, 2010. 149p. Dissertação Mestrado.

Nascimento, G. R.; Nääs, I. A.; Baracho, M. S.; Pereira, D. F.; Diego P. Neves, D. P. Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v.18, p. 658 – 663, 2014.

Nazareno, A. C. Influência de diferentes sistemas de criação na produção de frangos de corte industrial com ênfase no bem-estar animal. Recife: UFRPE, 2008. 100p. Dissertação Mestrado.

Nunes, K. C.; Garcia, R. G.; Nääs, I. A.; Eyng, C.; Caldara, F. R.; Lima, N. D. S. Temperatura superficial de codornas japonesas alojadas em diferentes temperaturas. In: VIII ENEPE, 2014, Mato Grosso do Sul. Anais...Mato Grosso do Sul, 2014. CD Rom.

Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. L.; Abreu, M. L. T.; Ferreira, R. A.; Vaz, R. G. M. V.; Cella, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.797-803, 2006.

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.

Oliveira, D. L.; Nascimento, J. W. B.; Camerini, N. L.; Silva, R. C.; Furtado, D. A.; Araújo, T. G. P. Desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras criadas em gaiolas enriquecidas e ambiente controlado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, p. 1186-1191, 2014.

Pardi, H. S. Influência da comercialização na qualidade dos ovos de consumo. Rio de Janeiro: UFF, 1977. 73p. Dissertação Mestrado.

Pastore, S. M.; Vieira, D. V. G.; Bonaparte, T. P.; Barboza, W. A.; Vargas Júnior, J. G. Densidade e pH de ovos em dietas contendo diferentes balanços eletrolíticos. In: *VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação*, 2011, São José dos Campos. Anais...São Paulo: 2011. CD Rom.

Pereira, J. C. C. Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195p.

Pinto, R.; Donzele, J. L.; Ferreira, A. S. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em postura. *Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.32, p. 1166-1173, 2003.

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

Rodrigues, L. R.; Furtado, D. A.; Costa, F. G. P.; Nascimento, J. W. B.; Cardoso, E. A. Thermal comfort index, physiological variables and performance of quails fed with protein reduction. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, p. 378-384, 2016.

Rosa, P. S.; Avila, V. S. Variáveis relacionadas ao rendimento da incubação de ovos em matrizes de frango de corte. *Comunicado Técnico [246] Embrapa Suínos e Aves*, p. 1-3, 2000.

Rozenboim, I.; Biran, I.S.S.A.K.; Uni, Z.E.H.A.V.A; Robinzon, B.O.A.Z.; Halevy, O.R.N.A. The effect of monochromatic light on broiler growth and development. *Poultry science*, v. 78, p. 135-138, 1999.

Rusal, M.; Shinder, D.; Malka, I.; Yahav, S. Ventilation plays an important role in hen's egg production high ambient temperature. *Poultry Science*, v. 90, p. 856 – 862, 2011.

Salvador, E. L. Qualidade interna e externa de ovos de poedeiras comerciais armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. Rio Largo: UFAL, 2011. 97 p. Dissertação Mestrado.

Santos, M. J. B; Rabello, C. B.; Pandorfi, H.; Torres, T. R.; Santos, P. A DO.; Camelo, L. C. L. Fatores que interferem no estresse térmico em frangos de corte. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 1, p. 1779 – 1786, 2012.

Sarcinelli, M. F. Efeitos da Temperatura de incubação e da idade da matriz no desenvolvimento in ovo, qualidade, desempenho e produção de ovos da progênie de codornas japonesas. Jaboticabal: UNESP, 2012. 71p. Dissertação Mestrado.

Scolari, T. M. G. Estudo detalhado da conduta das aves em diferentes condições de temperatura. Embrapa Suínos e Aves. 2005. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/?ids=&idn=445>>. Acesso em 20/Ago/2016.

Seibel, N. F. Transformações bioquímicas durante o processamento do ovo. In: SOUZ-Soares, L. A.; Siewerdt, F. Aves e ovos. Pelotas: UFPEL, p 77-90, 2005.

Silva, I. J. O.; Sevegnani, K. B. Ambiência na produção de aves de postura. In: Ambiência na produção de aves em clima tropical. Piracicaba: FUNEP, p.150- 214, 2001.

Silva, B. A. N. Efeito do resfriamento do piso da maternidade sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de porcas em lactação no verão. Viçosa: UFV, 2005. 56p. Dissertação Mestrado.

Silva, R. G. Biofísica ambiental – os animais e seu ambiente. Jaboticabal: FUNEP, p.386, 2008.

Silva, J. H. V.; Costa, F.G.P. Tabela para codornas japonesas e europeias. 2.ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, p. 110, 2009.

Silva, E.; Yanagi Júnior, T.; Braga Júnior, R. A.; Lopes, M. A.; Damasceno, F. A.; Silva G. C. A. Desenvolvimento e validação de um modelo matemático para o cálculo da área superficial de frangos de corte. *Engenharia Agrícola*, v.29, p.1-7, 2009.

Silva, R. C.; Nascimento, J.W.B.; Oliveira, D. L.; Camerini, N.L.; Furtado, D.A. Força de ruptura da casca do ovo em função das temperaturas da água e do ambiente. *Revista Educação Agrícola Superior*. v.27, p.13-18, 2012.

Silva, R. G.; Maia, A. S. C. Basic Physical Mechanisms. In: Principles of animal biometeorology. New York: Springer, 2013.

Silva, L. P.; Ribeiro, J. C.; Crispim, A. C.; Silva, F. G. da; Bonafé, C. M.; Silva, F. F.; Torres, R. de A. Genetic parameters of body weight and egg traits in meat-type quail. *Livestock Science*, v.153, p.27-32, 2013.

Silversides, F. G.; Scott, T. A. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science*, v.80, p.1240-1245, 2004.

Sousa, M. S.; Tinôco, I. F. F.; Barreto, S. L de T.; Amaral, A. G. do; 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, p.350-360, 2013.

Sousa, M. S.; Tinôco, I. F. F.; Savastano Júnior, H.; Inoue, K. R. A.; Mendes, M. A. S. A. Qualidade do ambiente aéreo na criação inicial de codornas de corte em função de diferentes temperaturas. *Engenharia na agricultura*, v.22, p. 103-111, 2014.

Souza, H. B.; Souza, P. Efeito da temperatura de estocagem sobre a qualidade interna de ovos de codorna armazenados durante 21 dias. *Revista Alimento e Nutrição*, n. 6, p. 7-13. 1995.

Souza Júnior, J. B. F.; Arruda, A. M. V.; Domingos, H. G. T.; Costa, L. L. M. Regional differences in the surface temperature of Naked Neck laying hens in a semi-arid environment. *International Journal of Biometeorology*, v.57, p.377- 380, 2013.

Souza Junior, J. B. F. Termorregulação e produção de ovos de galinhas Label Rouge em ambiente equatorial semiárido. Mossoró: UFERSA, 2014. 78p. Dissertação Mestrado.

Souza, L. M. G.; Murakami, A. E.; Sakamoto, M. I. Digestibilidade e Desempenho de Codorna Japonesa (*Coturnix coturnix japônica*) alimentadas com semente de linhaça. In: 42º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. Goiânia-GO: SBZ, 2005. CD-Rom.

Tattersall, G. J.; Andrade, D. V.; Abe, A. G. Heat exchange from the toucanbill reveals a controllable vascular thermal radiator. *Science*, v. 325, p. 468 - 470, 2009.

Teixeira, B. B.; Teixeira, R. B.; Silva, L. P.; Torres, R. A.; Caetano, G. C.; Euclides, R.F. Estimação dos componentes de variância para as características de produção e de qualidade de ovos em matrizes de codorna de corte. *Ciência Rural*, v.42, p.713-717, 2012.

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, p.1-26, 2001.

Torquato, J. L.; Sá Filho, G. F.; Souza Júnior, J. B. F.; Domingos, H., G., T.; Costa, L. L. M. Variação regional da temperatura superficial de codornas (*coturnix coturnix japonica*), através da termografia infravermelha. In: X Congresso de Ecologia do Brasil, 2011. São Lourenço. Anais...São Paulo: SBE, 2011. CD-Rom.

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.; Efeito da temperatura sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de codornas japonesas. Botucatu: UNESP, 2010. 59p. Dissertação Mestrado.

Vercese, F.; Garcia, E. A.; Sartori, J. R.; Silva, A. P.; Faitarone, A. B. G. I; Berto, D. A. I; Molino, A. 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.

Vilela, M. O. Comportamento e desempenho produtivo de codornas japonesas submetidas a diferentes regimes de estresse por calor, combinados com diferentes níveis de velocidade do ar. Viçosa: UFV, 2016. 88p. Dissertação mestrado.

Vieira, F. M. C.; Silva, I. J. O.; Barbosa Filho, J. A. D.; Vieira, A. M. C. Influência das condições térmicas do galpão de espera climatizado na mortalidade pré-abate de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.68, p.475-482, 2016.

Washburn, K. W. Incidence, cause, and prevention of egg shell breakage in commercial production. *Poultry Science*, v.61, p.2005 – 2012, 1982.

Welker, J. S.; Rosa, A. P.; Moura, D. J.; Machado, L. P.; Catelan, F.; Uttpatel, R. Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização. *Brazilian Journal of Animal Science*, v.37, p.1.463-1.467, 2008.

Yahav, S.; Straschnow, A.; Luger, D.; Shinder, D.; Tanny, J.; Cohen, S. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. *Poultry Science*, v.83, p.253-258, 2004.

Yahav, S.; Shinder, D.; Tanny, J.; Cohen, S. Sensible heat loss: the broiler's paradox. *World's Poultry Science Journal*, v.61, p.419-434, 2005.

Yahav, S. Alleviating heat stress in domestic fowl: different strategies. *World's Poultry Science Journal*, v.65, p.719-732, 2009.

ANEXO