



MARCELO ESPÓSITO

**CORES DE LUZ DURANTE O CRESCIMENTO DE
CODORNAS JAPONESAS E SUA INFLUÊNCIA NA
FASE DE PRODUÇÃO**

LAVRAS – MG

2019

MARCELO ESPÓSITO

**CORES DE LUZ DURANTE O CRESCIMENTO DE CODORNAS JAPONESAS
E SUA INFLUÊNCIA NA FASE DE PRODUÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, na área de concentração em
Produção e Nutrição de Não Ruminantes, para a
obtenção do título de Doutor.

Orientador

Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues

Coorientador

Prof. Dr. Édison José Fassani

LAVRAS – MG

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Espósito, Marcelo.

Cores de luz durante o crescimento de codornas japonesas e sua
influência na fase de produção / Marcelo Espósito. - 2018.

101 p. : il.

Orientador(a): Paulo Borges Rodrigues.

Coorientador(a): Edison José Fassani.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Cotumicultura. 2. Termorregulação. 3. Crescimento.
I. Rodrigues, Paulo Borges. II. Fassani, Edison José.

MARCELO ESPÓSITO

**CORES DE LUZ DURANTE O CRESCIMENTO DE CODORNAS JAPONESAS
E SUA INFLUÊNCIA NA FASE DE PRODUÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

Aprovada em 16 de agosto de 2018.

Prof. Dr. Cesar Augusto Pospissil Garbossa	USP – Pirassununga SP
Prof. Dr. Édison José Fassani	UFLA
Prof. Dra. Jaqueline De Oliveira Castro	UFLA
Prof. Dra. Michele de Oliveira Mendonça	IF Sudeste MG – Campus Rio Pomba
Prof. Dra. Cristina Henriques Nogueira	IF Sudeste MG – Campus Rio Pomba

Dr. Paulo Borges Rodrigues
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do DZO/UFLA, pela oportunidade de cursar o doutorado em tão reconhecida instituição e à Capes.

À FAPEMIG e à CAPES, pelo apoio na realização e divulgação dos dados obtidos nesse experimento e à empresa VICAMI Codornas, pela doação das aves.

Aos grandes professores, orientadores Dr. Édison José Fassani e Dr. Paulo Borges Rodrigues, pela capacidade de ensino e pesquisa, sendo sempre exemplo a ser seguido.

Às professoras Dra. Jaqueline De Oliveira Castro, Dra. Michele de Oliveira Mendonça, Dra. Cristina Henriques Nogueira, pela ajuda na análise dos dados, orientação no desenvolvimento da tese e por aceitarem o convite em participar da banca avaliadora.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia (DZO/UFLA) em especial Luiz Carlos de Oliveira “Borginho”, e a toda equipe do Prof. Édison, sem os quais a condução do experimento não seria possível, em especial aos amigos Pâmela Lacombe Retes, Danusa Gebin das Neves e Verônica Gabriela Gonçalves Ferreira.

Aos grandes amigos, prof. Dr. Cesar A. P. Garbossa e Alisson H. S. Clemente, pela amizade, pelas comemorações e desentendimentos que contribuíram muito para o meu crescimento pessoal e profissional, e claro pela paciência e pelo apoio de sempre.

E claro, agradecer as pessoas mais importantes, meus pais, Fernando Espósito e Elvia Silva Pacheco Espósito, meus irmãos: Fernando Espósito Filho, Marina Espósito e Fabiana Espósito, meus queridos avós, tios e primos.

Muito obrigado!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Médias, máxima e mínima de temperatura (°C), umidade relativa (%) e índice de temperatura e umidade (ITU) quantificados nas salas experimentais.....	39
Tabela 2	Desempenho zootécnico de codornas japonesas submetidas na fase de cria e recria (uma 35 dias de idade) a diferentes comprimentos e onda (cor de luz).	40
Tabela 3	Parâmetros estimados para o ajuste de modelos não lineares, duplo sigmoidal, conforme a cor de luz utilizada na fase de crescimento (um a 35 dias de idade) para codornas japonesas, quanto ao ganho de peso (g) ao longo do tempo.....	43
Tabela 4	Teste de razão de verossimilhança, com aproximação de qui quadrado (χ^2), para comparar o parâmetro de estabilização do peso (a_2) dos modelos logístico, em cada cor de luz, ajustados para a curva de crescimento de codornas japonesas.	44
Tabela 5	Peso relativo (%) do intestino (delgado e grosso) e da moela de codornas japonesas submetidas, nas fases de crescimento (um a 35 dias de idade), a diferentes comprimentos de onda (cores de luz) conforme período de avaliação.	46
Tabela 6	Peso relativo do fígado e do coração de codornas japonesas submetidas, nas fases de cria e recria (um a 35 dias de idade), a diferentes comprimentos de onda (cor de luz) conforme período de avaliação.....	47
Tabela 7	Consumo de ração, massa de ovos e conversão alimentar de codornas japonesas submetidas nas fases de cria e recria (um a 35 dias de idade) a diferentes comprimentos e onda (cores de luz), avaliados durante três períodos de 21 dias na fase de produção.	48
Tabela 8	Média, máxima e mínima de temperatura (°C) e umidade relativa (%) quantificados nas salas experimentais para fase de crescimento e fase de produção.....	63
Tabela 9	Desempenho zootécnico, nas fases de crescimento e pré-postura, compreendidas no intervalo de um a 42 dias de vida, de codornas japonesas submetidas na fase de crescimento (um a 35 dias de idade) a diferentes comprimentos e onda (cores de luz).	64
Tabela 10	Porcentagem de extrato etéreo e proteína bruta na carcaça de codornas japonesas submetidas, nas fases de cria e recria (um a 35 dias de idade), a diferentes comprimentos de onda (cores de luz) conforme período de avaliação.	65
Tabela 11	Porcentagem de matéria mineral e umidade na carcaça de codornas japonesas submetidas, nas fases de cria e recria (um a 35 dias de idade), a diferentes comprimentos de onda (cores de luz) conforme período de avaliação.....	66

Tabela 12	Peso relativo do estroma e abertura do osso pélvico de codornas japonesas submetidas, nas fases de cria e recria (um a 35 dias de idade), a diferentes comprimentos de onda (cor de luz) conforme período de avaliação.....	68
Tabela 13	Parâmetros estimados para o ajuste de modelos não lineares, conforme a cor de luz utilizada na fase de crescimento (um a 35 dias de idade) para codornas japonesas, quanto a porcentagem de postura ao longo do tempo.....	71
Tabela 14	Teste de razão de verossimilhança, com aproximação de qui quadrado calculado (χ^2), para comparar os parâmetros dos modelos Gompertz, em cada cor de luz, ajustados para a porcentagem de postura de codornas japonesas.....	71
Tabela 15	Médias, máxima e mínima de temperatura (°C), umidade relativa (%) e índice de temperatura e umidade (ITU) quantificados nas salas experimentais para fase de crescimento e fase de produção. E amplitude térmica registrada no galpão de produção de ovos.	87
Tabela 16	Parâmetros estimados para o ajuste de modelos não lineares, conforme a cor de luz utilizada na fase de crescimento (um a 35 dias de idade) para codornas japonesas, quanto ao peso das penas (g) ao longo do tempo.	89
Tabela 17	Teste de razão de verossimilhança, com aproximação de qui quadrado (χ^2), para comparar os parâmetros dos modelos Gompertz, em cada cor de luz, ajustados para o peso das penas (g) de codornas japonesas em crescimento.....	89
Tabela 18	Parâmetros estimados para o ajuste dos modelos exponenciais, conforme a cor de luz utilizada na fase de crescimento (um a 35 dias de idade) para codornas japonesas, quanto para a temperatura superficial corporal (°C) ao longo do tempo.....	90
Tabela 19	Teste de razão de verossimilhança, com aproximação de qui quadrado (χ^2), para comparar os parâmetros dos modelos Exponenciais, em cada cor de luz, ajustados para a temperatura superficial corporal (°C) de codornas japonesas em crescimento.	90
Tabela 20	Temperaturas médias (°C) da cabeça e retal de codornas japonesas, com idade de 35 a 45 dias de vida, submetidas durante as fases de cria e recria (um a 35 dias de idade) a diferentes cores de luz.....	93

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Curvas crescimento ajustadas para o peso corporal de codornas japonesas criadas nas fases de cria e recria sob diferentes cores de luz, estimada pelo modelo duplo sigmoidal Logístico no periodo de 0 a 62 dias de idade..... 41
- Figura 2 Curva de postura ajustadas a codornas japonesas criadas nas fases de cria e recria a diferentes cores de luz, estimadas pelos modelos completos de Gompertz de oito a 22 semanas de idade 70
- Figura 3 Planta baixa do galpão de alvenaria para cria e recria de codornas. Escala 1/50.. 82
- Figura 4 Imagem da Camera termográfica (FLUKE® TI 55FT), analisada no *software* SmartView, para quantificação da temperatura superficial corporal de codornas japonesas submetidas na fase de crescimento a diferentes cores de luz. 84
- Figura 5 Temperatura superficial corporal (°C) versus empenamento (g) ajustadas a codornas japonesas, estimadas pelos modelos Exponencial e Gompertz, respectivamente, de um a 45 dias de idade das aves criadas na fase de crescimento a diferentes cores..... 88

RESUMO

O manejo apropriado do ambiente de criação é essencial para a maximização do potencial produtivo, a exemplo da luz, que está diretamente envolvida com a fisiologia da ave. Com o objetivo de entender a influência do programa de luz sob as codornas japonesas, no presente estudo foram avaliadas diferentes cores de luz, aplicadas nas fases de cria e recria, seu efeito no crescimento, sua influência no desempenho, na produção de ovos e na termorregulação corporal. Foram utilizadas 1554 codornas japonesas, fêmeas, com um dia de idade. Os tratamentos experimentais foram constituídos por cinco diferentes cores de luz, são elas: amarela (Incandescente), branca (Fluorescente e LED), azul, verde e vermelha (LED), totalizando seis tratamentos com sete repetições de 37 aves por unidade experimental. Os mesmos tratamentos foram aplicados ao longo da fase de crescimento (1 a 35 dias de idade). Aos 35 dias de idade, as aves foram transferidas para o galpão de postura, onde foi registrado o desempenho zootécnico. Na fase de crescimento, observou-se que as aves expostas à luz branca (fluorescente e LED) apresentaram ($p<0,05$) menor peso corporal. Quanto ao ajuste da curva de crescimento, as codornas criadas sob luz branca (fluorescente e LED), e verde (LED) estabilizaram o peso corporal superior às aves criadas nas demais cores de luz. Os diferentes comprimentos de ondas influenciaram ($p<0,05$) o desenvolvimento de vísceras, destacando a luz vermelha, que na fase de cria, apresentou maior peso relativo do intestino e da moela. Na fase de recria foi observado maior peso de estroma para as aves criadas sob a luz azul. Quanto à fisiologia observou-se mudanças ($p<0,05$) na temperatura da cabeça, sendo que as codornas criadas sob cores de luz azul e verde (LED) apresentaram menores temperaturas, quando comparada as demais cores de luz. Ao analisar a temperatura corporal, observou-se maior conforto para as aves criadas sob a luz branca (LED), apresentando estabilização da temperatura superficial corporal mais baixa quando comparada as demais cores de luz. As diferentes cores de luz, usadas nas fases de cria e recria, influenciaram ($p<0,05$) a produção de ovos de codornas japonesas. Aves expostas à luz branca (fluorescente e LED) e amarela (incandescente), ao longo da fase de crescimento, foram mais eficientes em aumentar a massa de ovos. Houve significância quanto à curva de produção de ovos, sendo a luz azul (LED), o tratamento mais precoce, visto que as aves levaram menos tempo para atingir o pico de postura. Conclui-se que as cores de luz, usadas nas fases de cria e recria, influenciam o crescimento, a produção de ovos e a homeostase térmica de codornas japonesas. Recomenda-se a utilização da luz branca, com lâmpada fluorescente compacta ou LED, em programa de luz para codornas japonesas em fase de crescimento, visando, na fase de postura, ao aumento na massa dos ovos.

Palavras-chave: Coturnicultura. LED's (Diodo emissor de luz). Cor de luz. Comprimento de onda. Termorregulação. Crescimento.

ABSTRACT

Proper management of the breeding environment is essential for the maximization of productive potential, such as light, which is directly involved with the bird physiology. In order to understand the influence of the light program under Japanese quail, in that present study it was evaluated different colors of light applied in the breeding and rearing phases, its effect on growth, its influence on performance, egg production and body thermoregulation. A total of 1554 one-day-old female Japanese quail were used. The experimental treatments consisted of five different colors of light: yellow (Incandescent), white (Fluorescent and LED), blue, green and red (LED), totaling six treatments with seven replicates of 37 birds per experimental unit. They were applied throughout the growth phase (1 to 35 days of age). At 35 days of age, the birds were transferred to the posture shed where the zootechnical performance was recorded. In the growth phase, it was observed that birds exposed to white light (fluorescent and LED) presented lower body weight ($p < 0.05$). Regarding the adjustment of the growth curve, the quail created under white light (fluorescent and LED), and green (LED) stabilized the body weight superior to the birds raised in the other colors of light. The different wavelengths influenced ($p < 0.05$) the viscera development, especially red light, which in the breeding phase had a greater relative weight of the intestine and gizzard. In the rearing phase, a higher stromal weight was observed for birds raised under blue light. As regards physiology, changes ($p < 0.05$) in head temperature were observed, with quail raised under blue and green light (LED) presenting lower temperatures when compared to other colors of light. When analyzing body temperature, greater comfort was observed for birds raised under white light (LED), showing lower body surface temperature stabilization when compared to other colors of light. The different colors of light used in the breeding and rearing phases influenced ($p < 0.05$) egg production of Japanese quail. Birds exposed to white light (fluorescent and LED) and yellow light (incandescent) throughout the growth phase were more efficient in increasing egg mass. There was significant egg production curve, with blue light (LED) being the earliest treatment, since the birds took less time to reach the posture peak. It is concluded that colors of light used in the breeding and rearing phases influence the growth, egg production and thermal homeostasis of Japanese quail. It is recommended white light use, with compact fluorescent lights or LED, in a light program for Japanese quail in growth phase, aiming in the laying phase increase egg mass.

Keywords: Coturniculture. LEDs (Light Emitting Diode). Color of light. Wavelength. Thermoregulation. Growth.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
CORES DE LUZ DURANTE O CRESCIMENTO DE CODORNAS JAPONESAS E SUA INFLUÊNCIA NA FASE DE PRODUÇÃO	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Percepção da luz pelas aves.....	14
2.2 Receptores retiniais	14
2.3 Receptores extrarretiniais	16
2.4 Influência dos comprimentos de onda (cores de luz) na fisiologia das aves.....	16
2.5 Influência dos comprimentos de onda (cores de luz) sobre o crescimento.....	18
2.6 Influência dos comprimentos de onda (cores de luz) sobre o sistema reprodutivo	18
2.7 Influência dos comprimentos de onda (cores de luz) sobre a produção e qualidade dos ovos.....	20
2.8 Influência dos comprimentos de onda (cores de luz) sobre a temperatura corporal	21
2.9 Lâmpadas utilizadas na avicultura.....	23
3 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	23
REFERÊNCIAS	23
SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	30
ARTIGO 1 - CODORNAS JAPONESAS SUBMETIDAS A DIFERENTES CORES DE LUZ, NAS FASES DE CRIA E RECRIA, E SUA INFLUÊNCIA NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO.....	30
ARTIGO 2 - CODORNAS JAPONESAS SUBMETIDAS A DIFERENTES CORES DE LUZ, NA FASE DE CRESCIMENTO, E SUA INFLUÊNCIA NO SISTEMA REPRODUTOR.....	54
ARTIGO 3 - CODORNAS JAPONESAS SUBMETIDAS A DIFERENTES CORES DE LUZ, NA FASE DE CRESCIMENTO, E SUA INFLUÊNCIA NO SISTEMA TEROMORREGULADOR.....	78
REFERÊNCIAS	99
CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
AGRADECIMENTOS.....	100
ANEXO.....	101

PRIMEIRA PARTE – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO 1

**CORES DE LUZ DURANTE O CRESCIMENTO DE CODORNAS JAPONESAS
E SUA INFLUÊNCIA NA FASE DE PRODUÇÃO**

1 INTRODUÇÃO

A coturnicultura, no Brasil, vem ganhando cada vez mais destaque como atividade pecuária, o que pode ser percebido pelo expressivo aumento na produção de ovos, principalmente nos estados de São Paulo, Espírito Santo e Minas Gerais (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2017). Segundo dados publicados pelo IBGE (2016), a exploração comercial de codornas constitui importante segmento da avicultura no Brasil.

Para que o segmento continue em evolução, o uso de novas tecnologias de produção, o manejo, aliado com maior conhecimento em ambiência, nutrição, genética e sanidade propicia o desenvolvimento dessa atividade.

Assim o manejo aplicado às aves apresenta grande importância para a coturnicultura, uma vez que muitas práticas visam amenizar as influências provocadas pelos fatores ambientais, que atuam fortemente sobre a fisiologia e, conseqüentemente, na produção das aves.

A luz, a temperatura e a umidade relativa do ar são alguns exemplos de fatores ambientais, no entanto, a luz tem sido considerada o fator mais crítico na produção das aves, uma vez que ela estabelece ritmicidade nas codornas e tem ações sobre várias funções fisiológicas essenciais, como: a temperatura corporal, a digestão e a secreção de hormônios, controlando portanto, o crescimento, o desenvolvimento e a reprodução nas aves (LI et al., 2014; OLANREWAJU et al., 2006).

Sendo assim, a iluminação artificial tem sido amplamente utilizada na avicultura moderna, visando garantir o crescimento e desenvolvimento adequado, além de aumentar os índices produtivos do plantel (CAO et al., 2008).

A luz deve ser controlada em três diferentes aspectos, sendo eles: o fotoperíodo, a intensidade e o comprimento de onda (OLANREWAJU et al., 2006). Os efeitos de cada aspecto têm sido avaliados por pesquisadores, visando adequar o manejo luminoso, ou seja o melhor programa de luz, que garanta máxima produção e rentabilidade do setor (CAO et al., 2008). Contudo, os resultados dos estudos não são completamente consistentes e esses conflitos, provavelmente, são devido às diferenças no programa de luz, na espécie e na idade dos animais utilizados nos diferentes experimentos.

Com o objetivo de entender melhor a influência do programa de luz sob as codornas japonesas, no presente estudo foram avaliadas diferentes cores de luz, aplicadas nas fases de cria e recria, e seus efeitos no crescimento, na reprodução e na termorregulação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Percepção da luz pelas aves

A luz é percebida pelas aves através de células fotorreceptoras, as quais apresentam, em sua estrutura, proteínas da família das opsinas ligadas a moléculas derivadas da vitamina A, também chamadas de cromóforos. Essas moléculas são responsáveis por absorver a energia proveniente da luz e convertê-la em sinais elétricos, através da modificação na sua conformação. A partir dessa alteração, os sinais são transmitidos aos neurônios centrais, provocando respostas fisiológicas e comportamentais. A intensidade com que os sinais elétricos são transmitidos aos neurônios centrais são determinantes para o estímulo das respostas fisiológicas (SURBHI, 2014).

As células fotorreceptoras nas aves estão localizadas na retina, glândula pineal e hipotálamo (BAXTER et al., 2014; SURBHI, 2014). Diferentemente do que ocorre em mamíferos, nas aves, a luz consegue penetrar através do osso craniano, estimulando diretamente os fotorreceptores extrarretinais (OISHI; OHASHI, 1993).

Estudos (BAXTER et al., 2014; MOBARKEY et al., 2010) têm demonstrado que o local que recebe maior fotoestimulação, também influencia no tipo de resposta fisiológica das aves. O estímulo dos fotorreceptores hipotalâmicos ativa o eixo reprodutivo, enquanto que o estímulo dos fotorreceptores retiniais favorecem o crescimento e comportamento, no entanto, podem diminuir o desempenho reprodutivo das aves (LEWIS; MORRIS, 2000; MOBARKEY et al., 2010). Apesar desses efeitos estarem bem estabelecidos em frangos de corte e galinhas, estudos com codornas japonesas ainda são bastante escassos.

2.2 Receptores retiniais

A retina é composta basicamente por dois tipos de células fotorreceptoras, os cones e os bastonetes (LEWIS; MORRIS, 2000). Os cones estão predominantemente localizados na região central da retina e apresentam maior sensibilidade aos comprimentos de onda, já os bastonetes estão presentes na camada mais externa da retina e apresentam sensibilidade máxima à luz azul-verde (até 507 nm) sendo, porém, inaptos a distinguir as cores (NUNES et al., 2013).

As aves apresentam quatro tipos de cones simples, os quais são responsáveis pela percepção das cores da luz e um tipo adicional de cone, o cone duplo, que parece ter papel fundamental na percepção do movimento (BOWMAKER; KNOWLES, 1977; KRAM; MANTEY; CORBO, 2010).

Os cones simples contêm em sua estrutura gotículas de óleo que filtram a luz e enviam sinais aos fotopigmentos da faixa específica do comprimento de onda (BOWMAKER; KNOWLES, 1977; OLANREWAJU et al., 2006), são eles: longo (pico 606 nm), médio (pico 569 nm), curto (pico 533 nm) e ultravioleta (pico 420 nm) (BOWMAKER; KNOWLES, 1977). Sendo assim, cada tipo de cone simples identifica uma cor da luz, violeta, azul, verde ou vermelha (KRAM; MANTEY; CORBO, 2010). Essas gotículas de óleo, presentes nos cones, tornam as células fotorreceptoras das aves as mais complexas entre os vertebrados e os olhos das aves mais sensíveis a comprimentos de onda específicos do que dos humanos (HASSAN et al., 2013).

A luz capturada pelos fotorreceptores retiniais enviam impulsos nervosos para o cérebro que respondem aos estímulos, promovendo a liberação rítmica de melatonina pela glândula pineal (MIN et al., 2012; PARVIN et al., 2014; SURBHI, 2014). A melatonina, por sua vez, proporciona diversas respostas fisiológicas ao animal, como a regulação da temperatura corporal, modificações no comportamento e a regulação do ciclo circadiano (KUMAR; SINGH; RANI, 2004; LEWIS; MORRIS, 2000). No entanto, altos níveis desse hormônio podem ser prejudiciais à reprodução das aves (MOBARKEY et al., 2010), pois, além de inibir a síntese e liberação de GnRH (hormônio liberador de gonadotrofinas), promove a síntese e liberação de GnIH, o hormônio inibidor de gonadotrofinas.

De fato, (CHOWDHURY et al. 2010) utilizando o cultivo *in vitro* de tecido hipotalâmico de codornas japonesas, observaram que a administração de melatonina promoveu a liberação de GnIH hipotalâmico, de forma dose-dependente, e que, conseqüentemente, levou a inibição na liberação de LH.

Portanto, o estímulo dos receptores retiniais podem proporcionar diversas respostas fisiológicas nas aves como a regulação do ciclo circadiano e a regulação da reprodução (MOBARKEY et al., 2010). Além disso, o estímulo desses fotorreceptores parece estar associado ao aumento do crescimento e desenvolvimento das aves (LEWIS; MORRIS, 2000). Entretanto, em codornas japonesas, os efeitos desses estímulos ainda precisam ser melhores estabelecidos, uma vez que os estudos com essa categoria animal são bastante escassos.

2.3 Receptores extrarretinais

A fotoestimulação nas aves não ocorre somente pela retina, mas também pelo estímulo direto da glândula pineal e do hipotálamo, uma vez que a luz é capaz de atravessar os tecidos e ossos cranianos das aves (LEWIS; MORRIS, 2000; KUMAR; SINGH; RANI, 2004; SURBHI, 2014). A glândula pineal, assim como a retina, responde ao estímulo luminoso através da secreção de melatonina (SURBHI, 2014), enquanto o hipotálamo parece ter efeito na reprodução, sobre a liberação direta de GnRH (MOBARKEY et al., 2010; SALDANHA; SILVERMAN; SILVER, 2001).

A cascata de reações no hipotálamo inicia-se com o estímulo dos fotopigmentos, as opsinas, pela luz. Essas opsinas promovem a conversão da molécula de retinal, presente nos fotorreceptores, da sua forma inativa (11-*cis* retinal) para sua forma ativa (*só-trans* retinal), e, a partir dessa conversão, o hormônio estimulante de tireotrofinas (TSH) é ativado. O TSH por sua vez, induz a transcrição do gene Dio 2, o qual promove a conversão de T4 (tetraiodotironina) em T3 (triiodotironina) que, ao entrar em contato com o nervo promove a liberação do GnRH (SURBHI, 2014).

O GnRH atua na liberação do hormônio luteinizante (LH) e do hormônio folículo estimulante (FSH), que promovem a liberação dos esteroides gonadais (SURBHI, 2014), sendo assim, a atividade reprodutiva das aves é estimulada. Mobarkey et al. (2010) em seus estudos, observaram que a estimulação extrarretinal, com a condição somatória da não estimulação da retina, pelos comprimentos de ondas curtas, promoveu aumento significativo na atividade reprodutiva de galinhas, aumentando a liberação de GnRH, LH e FSH e, consequentemente, a produção de ovos. Sendo assim, comprimento de ondas longo é fator fundamentalmente importante para aumentar a população folicular ovariana, com influência na taxa de postura das aves (HASSAN et al., 2013), quando a fotoestimulação promovida pelos comprimentos de ondas curtas estiverem ausentes.

Contudo, para se garantir altos índices reprodutivos das codornas japonesas, mais estudos com essa categoria animal precisam ser realizados para comprovar os efeitos dos receptores extrarretinais e como efetivamente são estimulados.

2.4 Influência dos comprimentos de onda (cores de luz) na fisiologia das aves

O comprimento de onda, emitido pela lâmpada, define a cor da luz observada (LI et al., 2014), sendo assim, estudos avaliando diferentes cores de luz na avicultura têm sido

amplamente realizados há mais de três décadas e têm se intensificado nos últimos anos (HASSAN et al., 2014).

Os diferentes comprimentos de onda geram respostas fisiológicas específicas nas aves, devido, principalmente, ao local em que promovem a fotoestimulação. Como dito anteriormente, diferentemente dos mamíferos, nas aves, os fotorreceptores não estão localizados somente na retina, mas também na glândula pineal e hipotálamo (KUMAR; SINGH; RANI, 2004; LEWIS; MORRIS, 2000; SURBHI, 2014). Enquanto o estímulo dos fotorreceptores hipotalâmicos ativa o eixo reprodutivo, o estímulo dos fotorreceptores retiniais favorecem o crescimento e comportamento e podem até diminuir o desempenho reprodutivo das aves (LEWIS; MORRIS, 2000; MOBARKEY et al., 2010).

Os comprimentos de ondas menores como azul (400–500 nm) e verde (500-600 nm) promovem maior estimulação dos fotorreceptores retiniais (BAXTER et al., 2014). Isso porque essas cores de luz apresentam baixo poder de penetração transcraniana quando comparados a comprimentos de onda longos como o laranja e o vermelho (LEWIS; MORRIS, 2000; MOBARKEY et al., 2010), apresentando, portanto, baixa capacidade de estimular os receptores extrarretiniais.

Essa capacidade de estimulação nas aves foi relatada por estudo realizado por Mobarkey et al. (2010), que ao utilizarem galinhas observaram a expressão gênica de opsinas nas aves criadas sob LEDs verde e vermelha. As aves criadas sob LED verde apresentaram maior expressão do gene para opsina verde quando comparado à expressão do gene para opsina vermelha de aves criadas sob esta cor de luz, sugerindo que comprimentos de onda curtos têm maior poder de estimulação dos fotorreceptores retiniais.

Já os comprimentos de onda longos, como o vermelho e o laranja, promovem maior estimulação dos receptores hipotalâmicos (BAXTER et al., 2014), isso porque, além de apresentarem capacidade até 1000 vezes maior de penetração transcraniana, os fotorreceptores hipotalâmicos respondem melhor a esses comprimentos (JÁCOME et al., 2012).

Mobarkey et al. (2010), em seus estudos, observaram que a fotoestimulação de galinhas com LED verde promoveu baixa expressão do gene para opsina verde no hipotálamo. Todavia, a expressão do gene para opsina vermelha foi aumentada quando as galinhas foram mantidas sob LED vermelha, o que comprova que a luz verde, assim como a azul, tem baixa capacidade de estimular os receptores extrarretiniais, ao contrário da luz vermelha. Sendo assim, os comprimentos de onda longos, por atuarem preferencialmente sobre os receptores extrarretiniais, apresentam maior efeito sobre a reprodução das aves (JÁCOME et al., 2012).

2.5 Influência dos comprimentos de onda (cores de luz) sobre o crescimento

Os comprimentos de ondas influenciam o crescimento das aves, através do estímulo dos receptores retiniais (LEWIS; MORRIS, 2000). Sendo assim, aves criadas sob lâmpadas verde e azul podem apresentar maior crescimento e desenvolvimento corporal em relação às aves criadas sob lâmpada vermelha, uma vez que, como visto anteriormente, essas cores de luz têm maior poder de estimulação da retina.

Hassan et al. (2014) observaram que frangos criados sob lâmpadas LEDs azul e verde obtiveram maior crescimento e melhor qualidade de carne quando comparados àqueles criados sob lâmpadas LEDs vermelha e amarela e lâmpadas fluorescente, corroborando para o efeito da estimulação na retina em frangos de corte.

No entanto, o mecanismo pelo qual essas cores de luz promovem aumento no crescimento das aves, ocorre de maneira distinta. O comprimento de onda verde é conhecido por aumentar o crescimento muscular, através do aumento da proliferação de células satélites e subsequente aumento do número de fibras musculares, logo após a eclosão (HALEVY; BIRAN; ROZENBOIM, 1998). Já o comprimento de onda azul aumenta o crescimento de frangos de corte pelo aumento dos níveis de andrógenos no plasma, que promove aumento da síntese proteica e reduzem sua degradação em idades mais avançadas (ROZENBOIM et al., 1999).

Cao et al. (2008) também observaram que frangos de corte criados sob lâmpadas LEDs verde e azul apresentaram maior peso corporal e rendimento de peito, até os 21 dias de idade, quando comparadas às aves criadas sob lâmpadas LEDs vermelha e branca, e ainda que as aves criadas sob LED verde apresentaram, de fato, maior desenvolvimento das fibras musculares aos 21 dias. As aves criadas sob lâmpadas LED azul, no entanto, mantiveram esse efeito até os 42 dias de vida, que foi acompanhado pelos maiores níveis de testosterona plasmática nessa idade e maior desenvolvimento das fibras que os demais tratamentos, sugerindo que a luz azul ao contrário da luz verde, atua também em idades avançadas.

2.6 Influência dos comprimentos de onda (cores de luz) sobre o sistema reprodutivo

Os diferentes comprimentos de onda influenciam a reprodução das aves através de dois mecanismos, aumentando a síntese e liberação dos hormônios reprodutivos pelo estímulo dos receptores hipotalâmicos, ou inibição da reprodução pelo estímulo dos receptores retiniais, que promovem a síntese de melatonina e que por sua vez promovem a síntese e liberação de GnIH.

Como visto anteriormente, os fotorreceptores hipotalâmicos são estimulados pelos comprimentos de onda longos como o vermelho e o laranja, pois além de apresentarem maior sensibilidade a essas cores de luz, esses comprimentos de onda apresentam capacidade maior de penetração transcraniana, proporcionando maior capacidade de estímulo (JÁCOME et al., 2012).

Os fotorreceptores hipotalâmicos, quando estimulados, promovem respostas diretas sobre a fisiologia reprodutiva das aves, através da liberação de GnRH que, por sua vez, age promovendo a liberação de FSH e LH. Esses hormônios caem na corrente sanguínea e alcançam as gônadas, promovendo sua maturação e a produção de esteroides (SURBHI, 2014). Mais especificamente, nas fêmeas, o FSH promove a maturação do ovário e a seleção folicular, enquanto o LH controla a produção de estrógenos e a maturação folicular (LESKA; DUSZA, 2007). Sendo assim, aves mantidas sob lâmpadas que emitem comprimentos de onda longos aumentam sua atividade reprodutiva.

De fato, Li et al. (2014) observaram maiores concentrações plasmáticas de LH e FSH em galinhas mantidas sob LED vermelha em relação àquelas mantidas sob LED azul, durante o pico de postura. Segundo os autores, manter as aves sob lâmpadas que emitem comprimentos de onda longos, promove aumento nos níveis de LH e FSH e, conseqüentemente, aumenta a produção de ovos.

Min et al. (2012) por sua vez, observaram que galinhas criadas sob LEDs vermelha e branca iniciaram a postura mais rapidamente que galinhas criadas sob LEDs azul e verde. Além disso, essas aves também apresentaram maiores médias de produção de ovos em todas as semanas avaliadas (18 a 60 semanas).

Segundo Baxter et al. (2014), a luz branca, por apresentar o espectro mais amplo de luz, também pode se mostrar eficiente em estimular e manter de forma adequada a atividade reprodutiva das aves. Isso porque os comprimentos de onda longos emitidos estimulam os receptores extrarretinais, enquanto, os comprimentos de onda curto, que atuam principalmente sob a retina, não seriam suficientes para inibir a reprodução.

Ainda segundo Baxter et al. (2014), o efeito inibitório da retina parece não ser prevalente quando a estimulação do hipotálamo é suficiente, sendo fator determinante, para se obter efeitos estimulatórios ou inibitórios, a relação entre a porcentagem de espectro verde e vermelha emitido pela lâmpada.

A inibição da reprodução, pelo estímulo dos receptores retinais, ainda não apresenta seu mecanismo completamente esclarecido (MOBARKEY et al., 2010). No entanto, esse mecanismo parece estar associado com a liberação de melatonina

(CHOWDHURY et al., 2010), hormônio sintetizado pela retina e glândula pineal (NUNES et al., 2013; TSUTSUI et al., 2010).

Segundo Baxter et al. (2014), é possível que a estimulação da retina, pelo comprimento de onda verde, promova síntese de serotonina, o qual é convertido em melatonina durante os períodos de escuro. A melatonina parece estar associada, não somente com a inibição de liberação de GnRH, mas também com a síntese e liberação de GnIH, hormônio que inibe a liberação de gonadotrofinas (BAXTER et al., 2014; TSUTSUI et al., 2010).

De fato, Baxter et al. (2014) observaram que galinhas normais, criadas sob luz verde, apresentaram queda na produção de ovos mais rapidamente quando comparadas às aves cegas, sugerindo que a estimulação retinal com a luz verde pode ter causado efeito inibitório na produção.

Mobarkey et al. (2010) também observaram que a fotoestimulação retinal de galinhas, utilizando LED verde, promoveu atraso no início da postura e menor produção de ovos em relação às aves mantidas sob LED vermelha e lâmpadas fluorescentes, além disso, também foi observada diminuição na síntese de LH e menores concentrações plasmáticas de esteroides.

Portanto, nas aves, a reprodução é regulada pelo balanço entre efeitos estimulatórios proporcionados pelo estímulo dos receptores hipotalâmicos a partir da síntese e liberação de GnRH, e efeitos inibitórios, proporcionados pelo estímulo dos receptores retiniais, os quais promovem a liberação de melatonina e, conseqüentemente, a síntese e liberação de GnIH (BAXTER et al., 2014). No entanto, esses efeitos nas codornas japonesas ainda não estão completamente estabelecidos, necessitando, portanto, mais estudos para ser elucidado.

2.7 Influência dos comprimentos de onda (cores de luz) sobre a produção e qualidade dos ovos

O aumento da produção de ovos, assim como qualidade, parece sofrer influência dos diferentes comprimentos de onda devido ao local de maior fotoestimulação. O GnRH sintetizado e liberado a partir do estímulo dos receptores hipotalâmicos e inibido pelo estímulo dos receptores retiniais, por intermédio da síntese de melatonina, promove a síntese e liberação de gonadotrofinas, pela glândula pituitária, que são hormônios que vão atuar diretamente nos ovários e, conseqüentemente, no desenvolvimento folicular e produção de esteroides (LI et al., 2014; MIN et al., 2012).

Dentre os hormônios esteroides produzidos, a progesterona atua na secreção de albúmen e indução do pico de LH, enquanto o estrogênio atua na síntese da gema pelo fígado e mobilização de cálcio dos ossos medulares para a glândula da casca (NUNES et al., 2013).

Gongruttananun (2011), de fato, observou maiores taxas de crescimento folicular quando as galinhas foram criadas sob lâmpada LED vermelha em comparação àquelas criadas sob luz natural com exposição de 4 horas LED vermelha ou fluorescente. Segundo o autor, esse fato foi confirmado pelo aumento dos níveis de estradiol circulantes dessas aves, no entanto, nenhum dos parâmetros de qualidade dos ovos como peso dos ovos, peso da gema, peso do albúmen, espessura de casca e gravidade específica apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

Já, Li et al. (2014) observaram que as galinhas criadas sob LED vermelha apresentaram ovos mais pesados do que aquelas criadas sob LEDs azul, branca e verde e maior porcentagem de albúmen em relação aos tratamentos com LEDs azul e verde, ao contrário da porcentagem de gema que foi menor em relação aos mesmos tratamentos. Quanto à determinação da qualidade da casca, os resultados foram bastante variáveis entre os parâmetros avaliados.

Jácome et al. (2012), por sua vez, trabalhando com codornas japonesas, não observaram diferenças significativas no peso dos ovos, bem como na qualidade interna utilizando LEDs azul, branca e laranja e lâmpadas incandescentes. Portanto, os efeitos dos comprimentos de onda sobre os parâmetros de determinação da qualidade dos ovos ainda são bastante variáveis.

Os efeitos sobre a redução da idade à maturidade sexual parecem estar determinados, já os fatores que influenciam a qualidade interna dos ovos ainda são bastante contraditórios, necessitando mais estudos, principalmente quando se trata de codornas japonesas em que o número de trabalhos publicados ainda é bastante escasso.

2.8 Influência dos comprimentos de onda (cores de luz) sobre a temperatura corporal

Os fatores ambientais são percebidos pelos animais e provocam respostas fisiológicas específicas que, muitas vezes, podem prever quão estressantes estão essas condições ambientais (HAMRITA; CONWAY, 2017). A temperatura corporal e a produção de calor são exemplos dessas respostas fisiológicas em aves que podem prever o impacto do ambiente externo (HAMRITA; CONWAY, 2017). A regulação da temperatura corporal é

característica exclusiva dos animais endotérmicos, como as aves e mamíferos, e permite a adaptação e a sobrevivência em condições ambientais variadas (YAHAV, 2015).

Apesar de as aves serem capazes de regular a temperatura corporal interna em resposta às situações do meio externo, através do mecanismo conhecido como homeostase, pequenas alterações podem ocorrer, mas são mínimas e mantidas dentro de estreitos limites (FURLAN; MACARI, 2002). O ajuste da temperatura corporal é papel do sistema homeostático de controle da ave e, quando acionado, manterá a temperatura central dentro dos limites toleráveis.

À medida que a temperatura corporal se eleva, processos fisiológicos são ativados com a finalidade de aumentar a dissipação e reduzir a produção metabólica de calor, e o inverso é verdadeiro quando a temperatura corporal diminui (FURLAN; MACARI, 2002). Yang et al. (2016) confirmam, portanto, que a temperatura corporal ao ser mensurada pode ser indicador metabólico das aves.

No entanto, essa regulação fisiológica, quanto à temperatura corporal das aves, apresenta custo. Existe o gasto energético, no processo fisiológico, que é desviado da energia líquida de produção para a manutenção da homeostase (FURLAN; MACARI, 2002). A constância do meio interno e o perfeito funcionamento dos sistemas, no caso dos frangos de corte e galinhas, permite melhor desempenho produtivo, ou seja, maior anabolismo e, conseqüentemente, maior produção (FURLAN; MACARI, 2002).

A luz é uma variável ambiental que, como visto anteriormente, controla várias funções fisiológicas essenciais nas aves, podendo ser considerada como fator crítico se mal manejada. Além de estabelecer a ritimicidade e influenciar fortemente no crescimento e reprodução, a luz pode influenciar na regulação da temperatura corporal e em diversos processos metabólicos nas aves, incluindo a digestão e absorção de nutrientes (OLANREWAJU et al., 2006).

Yang et al. (2016) observaram que, frangos de corte, mantido sob lâmpada LED verde, apresentaram maior temperatura corporal do que aqueles mantidos na sala experimental com mistura de lâmpadas LEDs verde e azul. Segundo os autores, a diferença significativa na temperatura corporal sugere que o espectro de luz pode alterar a fisiologia das aves de duas maneiras, ao liberar o hormônio da tireoide ou alterando seu comportamento, aumentando o nível de atividade motora. Essa conclusão reforça a afirmação feita por Modrey e Nichelmann (1992) de que a regulação da temperatura corporal em animais endotérmicos é realizada tanto por mecanismos autônômicos quanto comportamentais, mas que ambos não deixam de estar relacionados.

O hormônio estimulador de tireotrofinas (TRH), sintetizado no hipotálamo e transportado através da circulação porta-hipofisária para a glândula pituitária, regula a

biossíntese e a liberação do TSH, que por sua vez estimula a secreção do hormônio da tireoide. O hormônio tireoidiano age aumentando o consumo de oxigênio e a produção de calor e, portanto, aumentando a temperatura corporal (TAKAHASHI et al., 2005). Como visto anteriormente, a luz ao ser percebida pelos fotorreceptores hipotalâmicos, estimulam a liberação de TSH e, conseqüentemente, a produção dos hormônios tireoidianos (SURBHI, 2014), controlando a homeostase.

Yang et al. (2016), em seu estudo, ao utilizar apenas comprimentos de ondas curtos, que apresenta potencial reduzido de estimulação dos fotorreceptores extrarretinais, quando usados em altas intensidades, verificaram que essas cores de luz foram capazes de promover algum estímulo quanto à regulação da temperatura corporal. Por sua vez, (Lewis and Morris 2000; Olanrewaju et al. 2006) afirmam que a melatonina, hormônio produzido durante os períodos de escuro, e estimulado pelos comprimentos de ondas curtos, influencia na oscilação diária e manutenção da temperatura corporal.

Os tipos de lâmpadas, bem como os comprimentos de onda, parecem, de fato, ter influência sobre a temperatura corporal das aves. No entanto, o mecanismo pelo qual esse estímulo acontece parece ainda não estar estabelecido, além disso, quais comprimentos de onda promovem maiores alterações nas aves, também não está elucidado. Sendo assim, mais estudos são necessários para comprovar esse efeito.

2.9 Lâmpadas utilizadas na avicultura

A iluminação artificial tem sido considerada fator crucial na avicultura atual, uma vez que, como visto anteriormente, a luz influencia fortemente a fisiologia das aves. Mesmo o Brasil apresentando clima favorável para a utilização de galpões abertos e o uso da luz natural, a luz artificial não é descartada, a fim de garantir altos índices produtivos durante todo o ano. Portanto, a maioria dos programas de iluminação para aves consiste na associação de luz natural com luz artificial (Nunes et al. 2013). Sendo assim, diversas pesquisas têm buscado aliar lâmpadas que proporcionem maior desenvolvimento e produtividade das aves com eficiência energética, aumentando a lucratividade do setor.

As lâmpadas incandescentes foram, por muito tempo, a principal fonte de iluminação usada pela indústria avícola (BAXTER et al., 2014), no entanto, essas lâmpadas são consideradas pouco eficientes, uma vez que, apenas 10% da energia consumida por essas lâmpadas é convertida em luz, sendo o restante liberado na forma de calor (PARVIN et al., 2014). Além disso, essas lâmpadas apresentam vida útil de apenas 1.000 horas aproximadamente. Devido a essa ineficiência, alguns

países, como os da União Europeia, proibiram o uso das lâmpadas incandescentes desde 2012 (HASSAN et al., 2013). No Brasil, as mesmas lâmpadas foram proibidas desde 2016, segundo a Agência Brasil.

Outra fonte de luz tradicionalmente utilizada na avicultura, são as lâmpadas fluorescentes (PARVIN et al., 2014). Apesar de oferecerem melhor eficiência luminosa que as lâmpadas incandescentes e redução do custo de energia elétrica em até 70%, esse tipo de lâmpada apresenta vida útil muito curta, de aproximadamente 8.000 horas, em relação às lâmpadas LEDs atualmente disponíveis no mercado (NUNES et al., 2013; PARVIN et al., 2014).

Além da vida útil, as lâmpadas fluorescentes apresentam flutuações de luminosidade, facilidade de acúmulo de sujeira na espiral que reduz a intensidade luminosa e presença de mercúrio em sua composição, que oferece risco à segurança das aves em situações de criação intensiva (NUNES et al., 2013; PARVIN et al., 2014).

Atualmente, o diodo emissor de luz (LED) está sendo utilizado em substituição às lâmpadas incandescente e fluorescente. Apesar de apresentarem custo inicial mais elevado, essas lâmpadas apresentam baixo custo de manutenção, alta confiabilidade e alta eficiência energética (HUBER-EICHER; SUTER; SPRING-STÄHLI, 2013), com eficácia estimada em 100 lm/W^{-1} , comparadas às lâmpadas incandescentes (10 lm/W^{-1}) e fluorescentes (75 lm/W^{-1}) (OSRAM, 2015). Além disso, a vida útil dessa lâmpada pode ser até 100 vezes maior que a lâmpada incandescente, chegando a durar de 80.000 a 100.000 horas. Outros pontos positivos desse tipo de lâmpada são: a resistência à umidade, ausência de mercúrio na composição e não aquecerem (PARVIN et al., 2014).

Com tantas vantagens, a lâmpada LED está se tornando populares em todo o mundo e o governo coreano já está, até mesmo, banindo o uso das lâmpadas convencionais e introduzindo políticas de economia de energia que visam alcançar 100% da iluminação pública com o uso de lâmpadas LEDs até o ano de 2020 (HASSAN et al., 2013).

A lâmpada LED representa, portanto, a alternativa mais econômica e eficiente para o uso na indústria avícola na atualidade. Todavia, suas vantagens vão além dos custos com energia elétrica, essas lâmpadas estão disponíveis no mercado em diversas cores que representam os comprimentos de onda específicos. Ao contrário das lâmpadas incandescente e fluorescente coloridas que, mesmo emitindo uma cor de luz, sua emissão espectral é ampla (LEWIS; CASTON; LEESON, 2007), sendo assim, as lâmpadas LEDs são classificadas como monocromáticas.

Como as características espectrais da luz utilizada podem impactar o desempenho reprodutivo, o crescimento, o comportamento e até mesmo a saúde das aves, é essencial

testar e validar qualquer nova fonte de luz antes de ser recomendada para uso (BAXTER et al., 2014).

Pesquisadores (CAO et al., 2008; HASSAN et al., 2013; KIM et al., 2013; ROZENBOIM et al., 2004) já iniciaram estudos sobre o efeito dessas lâmpadas na criação de frangos de corte, perus e até mesmo galinhas poedeiras, contudo, poucos estudos avaliaram o efeito das diferentes cores de luz LED na produção de ovos de codorna (JÁCOME et al., 2012). Sendo assim, é de extrema importância esclarecer os efeitos das lâmpadas monocromáticas no crescimento e desempenho produtivo de codornas japonesas, compreendendo seus mecanismos de ação, visando aumento da rentabilidade do setor.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As tecnologias de produção utilizadas, atualmente, na avicultura industrial, são os mecanismos que auxiliam o produtor na melhora do desempenho das aves, garantindo máxima produção durante todo o ciclo, além de promoverem redução dos custos.

Sendo assim, estudos que visam aprimorar técnicas de manejo, são benéficas para as aves e para o produtor. Como exemplo, temos o uso da lâmpada LED, melhorando a eficiência energética da propriedade, garantindo lucratividade para o setor aliado ao aumento de produtividade das aves. Entretanto, mais estudos precisam ser realizados para comprovar seus efeitos em codornas japonesas e estabelecer o programa de luz mais adequado.

REFERÊNCIAS

- BAXTER, M. N. et al. “Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye.” **Poultry Science**, College Station, v. 93, p. 1289–1297, 2014.
- BOWMAKER, J. K.; KNOWLES, A. The visual pigments and oil droplets of the chicken retina. **Vision Research**, Oxford, v. 17, p. 755–764, 1977.
- CAO, J. et al. Green and blue monochromatic lights promote growth and development of broilers via stimulating testosterone secretion and myofiber growth. **The Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 17, n. 2, p. 211–218, 2008.
- CHOWDHURY, V. S. et al. Melatonin stimulates the release of gonadotropin-inhibitory hormone by the avian hypothalamus. **Endocrinology**, Bucuresti, v. 151, n. 1, p. 271–280, 2010.
- FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: _____. **Fisiologia aviaria aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 209–230.
- GONGRUTTANANUN, N. Influence of red light on reproductive performance, eggshell ultrastructure, and eye morphology in thai-native hens. **Poultry Science**, College Station, v. 90, n. 12, p. 2855–2863, 2011.
- HALEVY, O.; BIRAN, I.; ROZENBOIM, I. Various light source treatments affect body and skeletal muscle growth by affecting skeletal muscle satellite cell proliferation in broilers. **Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology**, New York, v. 120, n. 2, p. 317–323, 1998.
- HASSAN, M. D. et al. Effect of monochromatic and combined light colour on performance, blood parameters, ovarian morphology and reproductive hormones in laying hens. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 12, n. 3, p. 359–364, 2013.
- HASSAN, R. et al. A comparison of monochromatic and mixed LED light color on performance, bone mineral density, meat and blood properties, and immunity of broiler chicks. **Japan Poultry Science**, Tokyo, v. 51, p. 195–201, 2014.
- HUBER-EICHER, B.; SUTER, A.; SPRING-STÄHLI, P. Effects of coloured light-emitting diode illumination on behaviour and performance of laying hens. **Poultry Science**, College Station, v. 92, p. 869–873, 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pecuária Municipal 2017**: Centro-Oeste concentra 34,4% do rebanho bovino do país. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/16992-pecuaria-municipal-2016-centro-oeste-concentra-34-4-do-rebanho-bovino-do-pais.html>>. Acesso em: 05 ago. 2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal – PPM 2016**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticasnovoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuariamunicipal.html?&t=destaques>> Acesso em: 05 ago. 2018.

- JÁCOME, I. M. D. T. et al. Desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 61, n. 235, p. 449–456, 2012.
- KIM, M. J. et al. Growth performance and hematological traits of broiler chickens reared under assorted monochromatic light sources. **Poultry Science**, College Station, v. 92, p. 1461–1466, 2013.
- KRAM, Y. A.; MANTEY, S.; CORBO, J. C. Avian cone photoreceptors tile the retina as five independent, self-organizing mosaics. **Plos One**, San Francisco, v. 5, n. 2, p. 1–13, 2010.
- KUMAR, V.; SINGH, B. P.; RANI, S. The bird clock: a complex, multi-oscillatory and highly diversified system. **Biological Rhythm Research**, Lisse, v. 35, n. 1/2, p. 121–144, 2004.
- LESKA, A.; DUSZA, L. Seasonal changes in the hypothalamo-pituitary-gonadal axis in birds. **Reproductive Biology**, New York, v. 7, n. 2, p. 99–126, 2007.
- LEWIS, P. D.; CASTON, L.; LEESON, S. Green light during rearing does not significantly affect the performance of egg-type pullets in the laying phase. **Poultry Science**, College Station, v. 86, p. 739–743, 2007.
- LEWIS, P. D.; MORRIS, T. R. Poultry and coloured light. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 56, n. 3, p. 189–207, 2000.
- LI, D. et al. The effect of monochromatic light-emitting diode light on reproductive traits of laying hens. **Journal of Applied and Poultry Research**, Athens, v. 23, p. 367–375, 2014.
- MIN, J. K. et al. Effect of monochromatic light on sexual maturity, production performance and egg quality of laying hens. **Avian Biology Research**, Rushden, v. 5, n. 2, p. 69–74, 2012.
- MOBARKEY, N. et al. The role of retinal and extra-retinal photostimulation in reproductive activity in broiler breeder hens. **Domestic Animal Endocrinology**, Stoneham, v. 38, n. 4, p. 235–243, 2010.
- MODREY, P.; NICHELMANN, M. Development of autonomic and behavioural thermoregulation in Turkeys (*Meleagris Gallopavo*). **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 17, n. 6, p. 287–292, 1992.
- NUNES, K. C. et al. LED como fonte de luz na avicultura de postura. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 9, n. 17, p. 1765–1782, 2013.
- OISHI, T.; KIYONO, O. Effects of wavelengths of light on the photoperiodic gonadal response of blinded-pinelectomized Japanese quail. **Zoological Science**, Tokyo, v. 10, p. 757–762, 1993.
- OLANREWaju, H. A. et al. A review of lighting programs for broiler production. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 5, n. 4, p. 301–308, 2006.
- OSRAM. Disponível em: <<http://www.osram.com.br>>. Acesso em: 05 ago. 2018.

PARVIN, R. et al. Light Emitting Diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for behaviour, physiology and welfare of poultry. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 70, n. 3, p. 543–556, 2014.

ROZENBOIM, I. et al. The effect of a green and blue monochromatic light combination on broiler growth and development. **Poultry Science**, College Station, v. 83, p. 842–845, 2004.

ROZENBOIM, I. et al. The effect of monochromatic light on broiler growth and development. **Poultry Science**, College Station, v. 78, p. 135–138, 1999.

SALDANHA, C. J.; SILVERMAN, A. N.; SILVER, R. Direct innervation of GnRH neurons by encephalic photoreceptors in birds. **Journal of Biological Rhythms**, New York, v. 16, n. 1, p. 39–49, 2001.

SURBHI, K. V. Avian photoreceptors and their role in the regulation of daily and seasonal physiology. **General and Comparative Endocrinology**, San Diego, v. 1, p. 13–22, 2014.

TAKAHASHI, H. et al. Regulation of body temperature by thyrotropin-releasing hormone in neonatal chicks. **Developmental Brain Research**, Amsterdam, v. 157, n. 1, p. 58–64, 2005.

TSUTSUI, K. et al. Gonadotropin-Inhibitory Hormone (GnIH) and its control of central and peripheral reproductive function. **Frontiers in Neuroendocrinology**, New York, v. 31, n. 3, p. 284–295, 2010.

YAHAV, S. **Sturkie's avian physiology: regulation of body temperature: strategies and mechanisms: strategies and mechanisms**. 6th. ed. Cambridge: Elsevier, 2015.

YANG, Y. et al. A new method to manipulate broiler chicken growth and metabolism: response to mixed LED light system. **Scientific Reports**, Tokyo, v. 6, p. 1–10, 2016.

ZHANG, L. et al. Effect of monochromatic light stimuli during embryogenesis on muscular growth, chemical composition, and meat quality of breast muscle in male broilers. **Poultry Science**, College Station, v. 91, p. 1026–1031, 2012.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

CAPÍTULO 2

**ARTIGO 1 - CODORNAS JAPONESAS SUBMETIDAS A DIFERENTES CORES DE
LUZ, NAS FASES DE CRIA E RECRIA, E SUA INFLUÊNCIA NO
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO**

Marcelo Espósito¹; Édison José Fassani¹; Paulo Borges Rodrigues¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras,
Campus Universitário, s/n, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000,
Lavras - MG, Brasil.

RESUMO

Objetivou-se avaliar o impacto da aplicação de diferentes cores de luz, durante as fases de cria e recria, sob o crescimento corporal e de vísceras de codornas japonesas e sua influência no desempenho na fase de produção. Foram utilizadas 1554 codornas japonesas fêmeas de um dia de idade. Os tratamentos experimentais foram constituídos por cinco diferentes cores de luz, são elas: amarela (Incandescente), branca (Fluorescente compacta e LED), azul, verde e vermelha (LED). Foram mensurados, semanalmente, o consumo de ração (CR), o peso das aves e a conversão alimentar (CA), no período de um a 35 dias de vida. O acompanhamento do crescimento corporal foi realizado a cada três dias. Foram realizadas três eutanásias para avaliação do peso relativo dos órgãos. Na fase de produção, três períodos de 21 dias foram avaliados para verificação do desempenho produtivo. Ao ajustar a curva de crescimento para codornas, criadas sob diferentes cores de luz, foi possível observar diferenças ($p < 0,05$) na estabilização do peso a maturidade, em que as aves criadas sob a cor de luz verde (LED) e branca (fluorescente compacta e LED) apresentaram maiores pesos quando comparado as aves criadas sob as demais cores de luz. Ao avaliar a massa de ovos acumulada, observou-se que as codornas criadas sob as cores de luz branca (fluorescente compacta e LED) e amarela (incandescente) obtiveram ovos mais pesados quando comparadas às aves expostas aos demais tratamentos. Conclui-se que comprimentos de onda específicos, usados nas fases de cria e recria, influenciam o crescimento e o desempenho de codorna japonesa, sendo a cor de luz branca (lâmpadas fluorescente e LED) a que se mostrou mais eficiente em aumentar a massa de ovos em substituição às tradicionais lâmpadas incandescentes de cor amarela.

Palavras-chave: Coturnicultura. LED (Diodo emissor de luz). Comprimento de onda. Curvas de crescimento. Órgãos.

ABSTRACT

The objective in this study was to evaluate the impact of the different colors of light application during the breeding and rearing phases, under the body growth and viscera of Japanese quail and their influence on the production phase performance. A total of 1554 one-day-old female Japanese quail were used. The experimental treatments consisted of five different colors of light: yellow (Incandescent), white (Compact Fluorescent and LED), blue, green and red (LED). The feed consumption (FC), the weight of the birds and the feed conversion ratio (FC) were measured weekly from one to 35 days of life. Body growth monitoring was performed every three days. Three euthanasia were performed to evaluate the relative weight of organs. During the production phase three periods of 21 days were evaluated to verify the productive performance. When adjusting the growth curve for quail, raised under different colors of light, it was possible to observe differences ($p < 0.05$) in stabilization of weight at maturity, where the birds raised under the green light (LED) and white (compact fluorescent light and LED) presented higher weights when compared to birds raised under other colors of light. When evaluating the accumulated egg mass, it was observed that the quail raised under white light (compact fluorescent and LED) and yellow (incandescent) obtained heavier eggs when compared to the birds exposed to the other treatments. It is concluded that specific wavelengths used during the breeding and rearing phases influence the growth and performance of Japanese quail, being white light (fluorescent and LED) show the most efficient in increasing the egg mass in replace the traditional yellow incandescent bulbs.

Keywords: Coturniculture. LED (Light-Emitting Diode). Wavelength. Growth curves. Organ.

1 INTRODUÇÃO

A *Coturnix coturnix japonica*, comumente conhecida como codorna japonesa, é a espécie de codorna mais difundida mundialmente, principalmente pela sua alta produção de ovos e precocidade a maturidade sexual. Essa precocidade é devida ao rápido crescimento da ave durante as fases iniciais de vida.

O manejo aplicado nas fases de cria e recria das codornas é de suma importância, pois esse é o motivo da obtenção do sucesso na atividade, uma vez que a produção de ovos é condicionada pela obtenção de bons lotes de codornas para reposição. Sendo assim, o estudo do crescimento das codornas é o primeiro passo para a elaboração de proposta de manejo capaz de atender às exigências das aves e determinar os efeitos de diferentes condições ambientais sobre o desempenho delas (GRIESES et al., 2015).

A fase de crescimento é considerada a fase fotossensível para as codornas, na qual a iluminação exerce função na liberação dos hormônios, na estimulação do crescimento, além de evitar também mortes por amontoamento (BAXTER et al., 2014; MENDES et al., 2010). A exposição das aves ao programa de luz é fundamental para o desenvolvimento corporal e das vísceras, visto que, o desempenho na fase inicial da vida é determinante para que essas aves possam expressar o máximo potencial na fase de produção de ovos.

Apesar de muito resistentes e produtivas, as codornas, quando iniciam a produção de ovos, sem o desenvolvimento corporal adequado, podem ter como consequência a redução no tamanho de seus ovos, resultando em menor rendimento no processamento pelas indústrias processadoras.

Algumas ações de manejo podem ser utilizadas visando ao retardamento da maturidade sexual dessas aves, a fim de que essas obtenham melhores resultados zootécnicos, a exemplo da luz que está diretamente envolvida no crescimento das aves, visto que o estímulo luminoso favorece a síntese e a secreção de hormônios. Assim, o programa de iluminação constitui-se como importante ferramenta para o controle do desenvolvimento corporal e a manutenção da produção de ovos (MENDES et al., 2010; NUNES et al., 2013).

O aumento na produção de ovos, no Brasil, pode ser atribuído não somente pelo conhecimento do manejo adequado aplicado às aves nas diferentes fases de criação, mas também ao uso de novas tecnologias na atividade, que incluem as lâmpadas para a iluminação dos galpões.

Antigamente, os programas de iluminação utilizados eram compostos por grande número de lâmpadas incandescentes, que possuem alta potência e baixa eficiência, elevando o

custo de produção. Atualmente, estão disponíveis no mercado tecnologias que possuem boa eficiência energética, como é o caso dos diodos emissores de luz (LED), os quais poderiam substituir as lâmpadas convencionais, necessitando, no entanto, estudos voltados para a coturnicultura.

Com o surgimento de novas tecnologias para a iluminação de galpões, como as lâmpadas LEDs, são necessários novos estudos relacionados aos seus efeitos sobre os parâmetros de desempenho zootécnico em codornas japonesas. Assim, no presente estudo objetivou-se avaliar o impacto de diferentes cores de luz, aplicadas durante as fases de cria e recria, sob o crescimento corporal e de vísceras de codornas japonesas e sua influência no desempenho zootécnico na fase de produção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), sob o protocolo nº 035/13, e conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da mesma instituição.

O experimento foi dividido em duas fases, a de crescimento (de 1 até 35 dias de idade), e a de produção de ovos (início da fase de postura, dos 36 dias até 145 dias de idade).

2.1 Fase de crescimento

Foram adquiridas 1554 codornas japonesas fêmeas de um dia de idade com peso médio de $7,20 \text{ g} \pm 0,13$, oriundas de incubatório comercial. As aves foram alojadas em galpão de alvenaria composto por seis salas, com isolamento luminoso, e mantidas em gaiolas confeccionadas em arame galvanizado (50 cm de largura x 70 cm de profundidade x 25,5 cm de altura), equipadas com comedouro tipo calha, dois bebedouros tipo “*nipple*” e bandeja de chapa galvanizada. Em cada gaiola foram alojadas 37 codornas, conferindo a densidade de $94,6 \text{ cm}^2/\text{ave}$ (OLIVEIRA, 2002).

O aquecimento das salas foi realizado pelo aquecedor a lenha (Agrobona® AB 16-10), para que a temperatura fosse mantida dentro do intervalo de conforto para cada semana do período de crescimento. Para que não houvesse interferência da luminosidade externa, o galpão foi isolado com cortinas nas laterais. A renovação do ar foi feita por exaustor conectado a um cano de PVC em forma de “L”, o qual impedia a entrada de luz externa dentro da sala experimental.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e sete repetições. O período de aplicação dos tratamentos foi realizado durante essa fase (de um a 35 dias). As aves receberam água e ração *ad libitum*, sendo as rações formuladas à base de milho e farelo de soja, seguindo as recomendações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2011). Durante o período de crescimento os animais foram alimentados com a dieta contendo 2900 kcal/kg de energia metabolizável e 22 % de proteína bruta.

Aos 21 dias de vida das aves, foi realizada a debicagem convencional, com o objetivo de controlar o desperdício de ração, o canibalismo e a bicagem de ovos na fase de produção.

Os seis grupos experimentais foram constituídos por diferentes tipos de lâmpadas emitindo diferentes cores de luz, instaladas em cada sala, são eles: amarela (lâmpada incandescente de 25W, mista, 400–1100 nm); branca (lâmpada fluorescente compacta de 15W

e LED - diodo emissor de luz, em forma de mangueira 4,4W, monocromática, 380–770 nm); azul (lâmpada LED, em forma de mangueira, 4,4W, monocromática, 435-500 nm); vermelha (LED, em forma de mangueira, 4,4W, monocromática, 630-700 nm); e verde (lâmpada LED, em forma de mangueira, 4,4W, monocromática, 500-565 nm). Todas as lâmpadas LEDs eram Mangueira (LED Cazaa[®], China).

O período luminoso, até os 14 dias de idade, foi de 23 horas de luz e uma de escuro e a partir do 15° dia de idade as aves foram submetidas ao fotoperíodo de 10 horas de luz e 14 de escuro. A intensidade luminosa foi ajustada em todas as parcelas experimentais para $15 \text{ lux} \pm 1,3$, por meio do dimer com auxílio do luxímetro digital.

Os ambientes experimentais foram equipados com *timer* para facilitar o controle da iluminação e com termohigrômetros para o ajuste da temperatura. No primeiro dia, a temperatura foi ajustada para 38 °C com redução de 1°C a cada três dias até o 21° dia de idade, após essa idade foi mantida a temperatura ambiente. Além disso, *dataloggers* também foram instalados para o registro a cada minuto da temperatura do ar (°C), da umidade relativa do ar (%) e do ponto de orvalho, os quais foram utilizados para posterior cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU) de cada sala experimental.

Aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias de idade das aves, as rações fornecidas e as sobras foram pesadas para a avaliação do peso, do consumo de ração (CR) e da conversão alimentar (CA). Aos 14, 35 e 42 dias de idade, uma ave por unidade experimental foi eutanasiada por deslocamento cervical e dissecada para a retirada das vísceras, as quais foram pesadas e os pesos relativos do intestino (delgado e grosso), moela, fígado e coração foram calculados.

No dia da recepção das codornas, três aves por unidade experimental foram selecionadas com base no peso médio da parcela e identificadas com anilhas de plástico coloridas para compor a média experimental. A cada três dias, até a estabilização do peso das aves, as codornas selecionadas foram pesadas sempre no mesmo horário, às 13 horas.

2.2 Fase de postura

Ao completarem 35 dias de idade as codornas foram transferidas para o galpão de produção. As aves foram alojadas em gaiolas de postura com dimensões de 32 cm de largura x 38 cm de profundidade x 16 cm de altura, montadas em esquema de baterias com quatro andares e equipadas com comedouro tipo calha, bebedouro tipo “*nipple*” e bandeja de chapa galvanizada. Em cada gaiola foram alojadas 10 codornas, conferindo a densidade de 121,6 cm²/ave, atendendo às recomendações de Lopes et al. (2006).

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas no tempo com 14 repetições. Foram blocadas as laterais norte e sul do galpão, sendo cada altura de gaiola um bloco. Já para o tempo, foi utilizado o período entre uma análise e outra, sendo padronizado o intervalo de 21 dias cada. O período experimental durante essa fase foi de 110 dias. As aves receberam água e ração *ad libitum*, sendo as rações formuladas à base de milho e farelo de soja, seguindo as recomendações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2011). Durante o período de postura a dieta continha 2800 kcal/kg de energia metabolizável e 18,7 % de proteína bruta.

No período de produção as aves foram manejadas de forma homogênea para verificar a influência dos tratamentos aplicados na fase de crescimento sobre o desempenho das aves. O período luminoso nessa fase foi de 17 horas de luz e 7 horas de escuro. A iluminação foi feita por lâmpada fluorescente compacta branca (15W, 380–770 nm).

A avaliação do desempenho produtivo foi registrada em três períodos, de 21 dias cada, com a determinação da massa de ovos acumulada no período, consumo de ração e conversão alimentar por massa de ovo.

Na última semana de cada período foi obtido o peso médio de ovos por unidade experimental, pesados nos últimos três dias consecutivos de cada período. Assim, foi obtido o índice de massa de ovos acumulada pelo produto do número de ovos, vezes o peso médio dos ovos, vezes o número de dias do período avaliado.

2.3 Análise estatística

A curva de crescimento das codornas foi obtida pelo ajuste do modelo duplo sigmoidal Logístico aos dados de peso em função da idade, com parametrização sugerida por Fernandes et al. (2015), cuja equação é dada por:

$$y_i = a_1 / (1 + \exp(k_1(b_1 - x_i))) + (a_2 - a_1) / (1 + \exp(k_2(b_2 - x_i))) + \varepsilon_i$$

Em que: y_i representa as observações longitudinais do peso das aves; x_i são as idades, em dias, nas quais foram mensuradas o peso; a_1 representa o peso máximo esperado para a primeira etapa de crescimento; a_2 é o valor final esperado para o peso das aves; b_1 e b_2 representam as abscissas dos pontos de inflexão das respectivas etapas, sendo o ponto no qual o animal atinge sua taxa máxima de crescimento e começa a desacelerar até estabilizar; k_1 e k_2 representam o índice de crescimento nas etapas 1 e 2, de modo que, quanto maior o valor de k mais precoce é a ave e menos tempo é necessário para que ela atinja seu valor máximo (a_1 ou a_2); e ε_i é o resíduo de ajuste do modelo, o

qual pressupõe-se que seja independente e identicamente distribuído segundo a distribuição normal, de modo que $\varepsilon; \sim N(0, \sigma^2)$.

Para as variáveis cujos modelos de regressão não linear foram ajustados, testou-se a igualdade de qualquer subconjunto de parâmetros de interesse zootécnicos, por meio da metodologia apresentada por Regazzi e Silva (2010), a qual utiliza o teste da razão de verossimilhança com aproximação pela distribuição qui quadrado, considerando o nível de 5% de significância. As análises foram realizadas com o auxílio do *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2016).

Os resíduos dos modelos ajustados foram testados quanto à pressuposição de normalidade (teste Shapiro-Wilk), homocedasticidade (teste Breush-Pagan) e independência (teste Durbin-Watson). O modelo selecionado foi aquele que, além de atender à essas pressuposições, apresentou maior valor para o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{Aj}) e menor valor para o critério de informação de Akaike (AIC).

As variáveis medidas durante o crescimento e a fase de produção de ovos foram avaliadas pela análise de variância (ANOVA), e quando essas apresentaram diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, elas foram comparadas pelo teste *Scott-Knott*, considerando o nível de 5% de significância.

Para essas variáveis foram realizadas as análises de resíduos, sendo testadas hipóteses quanto à normalidade, homocedasticidade e independência dos erros e, quando as pressuposições não foram atendidas, utilizou-se a transformação de variáveis, sugeridas pela família de transformações Box-Cox, cujos detalhes podem ser encontrados em Box e Cox (1964).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de cria foram observados os valores médios de 29,14 °C, 64,12 % e 78,37, para temperatura do ar, umidade relativa (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU), respectivamente (Tabela 1). Para o período de recria foram observados os valores médios de 25,73 °C e 62,41 % e 73,66 para temperatura, UR e ITU, respectivamente. Já na fase de postura, as aves estavam alojadas em mesma condição ambiental com temperatura média de 26,22 °C e 48 % de umidade relativa. Segundo Oide (2013), a zona de conforto térmico para codornas em produção varia de 18 a 28 °C, demonstrando que as aves estavam em conforto térmico durante a fase de postura.

Tabela 1 - Médias, máxima e mínima de temperatura (°C), umidade relativa (%) e índice de temperatura e umidade (ITU) quantificados nas salas experimentais.

	Fase de cria (1 a 14 dias)		
	Temperatura	Umidade	ITU
Média	29,14 ±0,78*	64,12 ±5,75	78,37 ±1,37
Máxima	37,90 ±1,11	85,30 ±6,47	87,86 ±1,57
Mínima	25,45 ±1,08	41,60 ±4,27	73,22 ±1,76
	Fase de recria (15 a 35 dias)		
	Temperatura	Umidade	ITU
Média	25,73 ±0,72	62,41 ±4,68	73,66 ±0,90
Máxima	31,25 ±2,05	77,08 ±5,58	80,91 ±2,90
Mínima	21,53 ±0,82	47,27 ±6,06	68,22 ±0,78

*Desvio padrão da média calculado entre as salas experimentais.

Ao analisar o período total de crescimento das aves (1 a 35 dias de vida), pôde-se observar que as codornas criadas sob a luz azul (LED) e amarela (incandescente) apresentaram ($p < 0,05$) o maior consumo de ração (CR) (Tabela 2). Hakan e Ali (2005) e Kim et al. (2013) observaram que frangos de corte possuem preferência pelos comprimentos de onda curtos, como o azul e o amarelo, e esses proporcionam efeitos positivos sobre o desempenho das aves, o que corrobora com o aumento do CR das codornas japonesas em fase de crescimento, o que pode favorecer o desempenho.

Tabela 2 - Desempenho zootécnico de codornas japonesas submetidas na fase de cria e recria (uma 35 dias de idade) a diferentes comprimentos e onda (cor de luz).

	Cria e Recria (1 a 35 dias)		
	CR	CA	Peso Corporal
Azul – LED	358,16 A	3,07	123,53 A
Branca – Fluorescente	341,62 B	2,99	120,80 B
Verde – LED	349,46 B	3,01	123,57 A
Amarela – Incandescente	365,84 A	3,08	125,66 A
Vermelha – LED	351,72 B	3,03	123,04 A
Branca – LED	349,36 B	3,05	121,45 B
CV (%)	2,16	2,29	1,71
Probabilidade	<0,001	0,122	0,002

Médias da variável seguida de letras distintas, na coluna, diferem pelo teste *Scott-Knott* ($P < 0,05$), CR - Consumo de Ração acumulado (g), CA - Conversão Alimentar (g/g), Peso corporal em (g), CV – Coeficiente de variação.

Ao analisar a conversão alimentar (CA), nas fases de crescimento, não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre as cores de luz aplicadas. Mendes et al. (2013), em sua pesquisa com frangos de corte, observaram piora na CA das aves expostas à luz fluorescente compacta quando comparada às LEDs. Essa diferença nos resultados pode ser devido às diferenças nas espécies trabalhadas.

O peso das aves, aos 35 dias de idade, foi influenciado ($p < 0,05$) pelas diferentes cores de luz utilizadas, em que as codornas expostas à luz branca (Fluorescente compacta e LED) apresentaram menor peso, quando comparada às demais. Os resultados apresentados por Paixão et al. (2011) corroboram com o desempenho encontrado para codornas, nos quais, ao trabalhar com frangos de corte em crescimento, quando submetidos às lâmpadas de cor branca, como as fluorescente compacta e LED, obtiveram resultados semelhantes quanto ao ganho de peso.

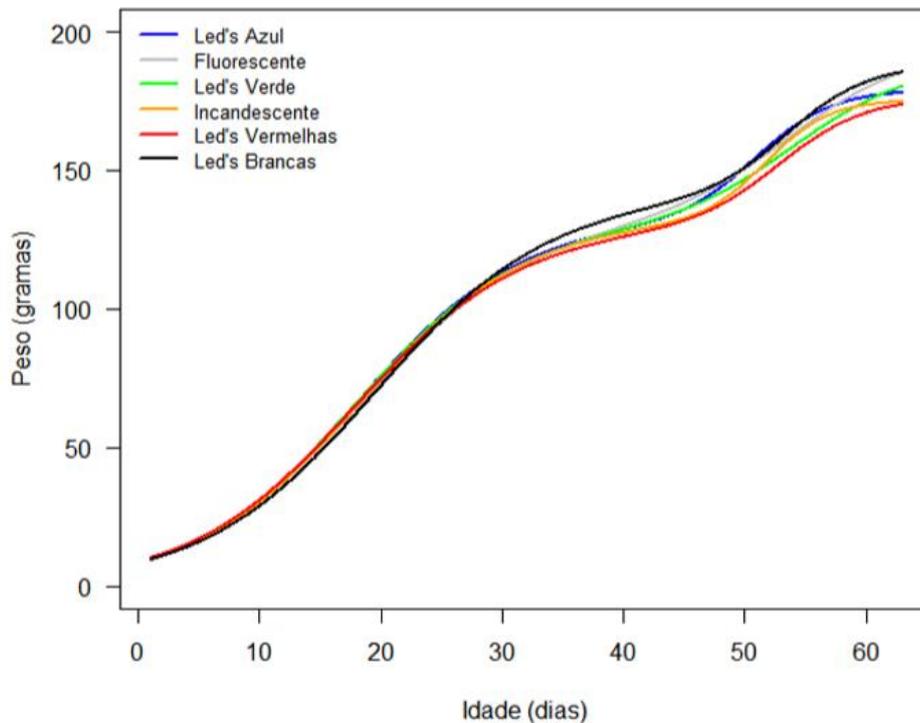
A cor da luz emitida pelas lâmpadas tem efeito indiscutível sobre o crescimento das aves. As respostas de crescimento dependem, principalmente, da fotoestimulação na retina, através das células chamadas “Cones” (LEWIS; MORRIS, 2000). Quando se trata de aves em crescimento, diversos trabalhos comprovaram melhor desempenho pelas aves quando submetidas aos comprimentos de onda curtos como o azul, verde e amarelo (HAKAN; ALI, 2005; KIM et al., 2013; OLANREWAJU et al., 2006).

O ajuste de curva de crescimento em aves permite diferenciar o efeito de algumas variáveis como: linhagem, sexo e fatores ambientais, tornando possível avaliar os efeitos da seleção genética ou de diferentes fatores ambientais sobre o desenvolvimento das codornas. Através dos resultados obtidos das curvas de crescimento, os profissionais podem observar as

diferenças e semelhanças entre os fatores que influenciam o desempenho das aves, modificando o manejo aplicado na busca por melhores desempenhos zootécnicos (MARCATO, 2010).

Ao ajustar a curva de crescimento para as codornas japonesas, criadas sob diferentes cores de luz, foi possível observar diferenças ($p < 0,05$) na estabilização do peso à maturidade (Figura 1). As aves criadas sob as cores de luz branca (lâmpadas fluorescentes compacta e LED) e a verde (LED) obtiveram maior peso ao estabilizar o crescimento na maturidade, quando comparado as demais cores de luz utilizadas. Após a transferência das aves do galpão de crescimento para o galpão de produção, foi observado ganho de peso compensatório pelas aves criadas sob a luz branca (Fluorescente e LED), pois elas estavam mais leves ao fim do período de crescimento (Tabela 2).

Figura 1 - Curvas de crescimento ajustadas para o peso corporal de codornas japonesas criadas nas fases de cria e recria sob diferentes cores de luz, estimada pelo modelo duplo sigmoidal Logístico no período de 0 a 62 dias de idade.



Fonte: Do autor (2018).

O peso final observado na fase de recria é considerado um indicativo de sucesso na fase de postura para poedeiras. No entanto, o peso à maturidade é o mais indicado para obtenção da real qualidade das aves de reposição de plantéis, e esse só é alcançado no pico de postura quando a ave estabiliza o desenvolvimento corporal (KWAKKEL, 1999).

No presente trabalho foi possível observar que o peso final atingido na fase de recria (aos 35 dias de vida) não foi preciso quanto a melhor cor de luz aplicada às codornas em fase de crescimento para obtenção de bons lotes de reposição de planteis. Ao fim da fase de recria apenas as aves criadas sob a cor de luz branca (LED) estavam mais pesadas, indicando o bom porte corporal para o início a produção de ovos (Figura 1) e (Tabela 3).

As codornas criadas na luz branca (fluorescente e LED) e verde (LED) apresentaram ($p < 0,05$) maiores pesos à maturidade “Parâmetro a_2 ” = 191,9, 188,36 e 188,8 g, respectivamente (Tabelas 3 e 4). É possível observar a semelhança para o parâmetro “ b_2 ”, ponto de inflexão, idade na qual a ave atinge o máximo de seu crescimento e começa a desacelerar até estabilizar. Caron et al. (1990) salientaram, em seu estudo, que fêmeas mais pesadas são aquelas mais maduras sexualmente por possuírem aparelho reprodutivo mais pesado, podendo favorecer a indústria de ovos por produzirem ovos maiores.

Tabela 3 - Parâmetros estimados para o ajuste de modelo não lineares, duplo sigmoidal, conforme a cor de luz utilizada na fase de crescimento (um a 35 dias de idade) para codornas japonesas, quanto ao ganho de peso (g) ao longo do tempo.

	Modelo	Parâmetro			$R^2_{Aj.}$
		a_1	k_1	b_1	
Azul – LED	Logístico	132,3 B	0,1483	18,020	0,9984
Branca – Fluorescente	Logístico	131,8 B	0,1421	18,349	0,9983
Verde – LED	Logístico	130,0 B	0,1497	17,795	0,9978
Amarela – Incandescente	Logístico	132,3 B	0,1464	18,245	0,9983
Vermelha – LED	Logístico	129,8 B	0,1460	17,864	0,9981
Branca – LED	Logístico	140,8 A	0,1404	19,596	0,9978
	Modelo	Parâmetro			$R^2_{Aj.}$
		a_2^*	k_2	b_2	
Azul – LED	Logístico	179,2 B	0,3203	50,945	0,9984
Branca – Fluorescente	Logístico	194,4 A	0,1965	53,759	0,9983
Verde – LED	Logístico	188,8 A	0,2023	54,055	0,9978
Amarela – Incandescente	Logístico	175,6 B	0,3868	51,742	0,9983
Vermelha – LED	Logístico	176,5 B	0,2831	52,869	0,9981
Branca – LED	Logístico	188,4 A	0,3003	53,508	0,9978

*Parâmetro testado a ($p < 0,05$) pelo Teste de razão de verossimilhança (Tabela 4), “ a_1 ” = representa o peso máximo esperado para a primeira etapa de crescimento; “ a_2 ” é o valor final esperado para o peso; “ b_1 ” e “ b_2 ” = idade onde a ave atinge o máximo de seu crescimento e começa a desacelerar até estabilizar, nas respectivas etapas, “ k_1 ” e “ k_2 ” = taxa de crescimento para as respectivas etapas, R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado.

Tabela 4 - Teste de razão de verossimilhança, com aproximação de qui quadrado (χ^2), para comparar o parâmetro de estabilização do peso (a_2) do modelo logístico, em cada cor de luz, ajustados para a curva de crescimento de codornas japonesas.

Parâmetros	Comparações	χ^2_{Cal}	Graus de liberdade	p-valor
	k_{1j} versus k_1	2,069	5	0,8395
“a ₁ ”	a_{1j} versus a_1	11,103	5	0,0494
	a_{13}, a_{15} versus a_1	0,005	1	0,9419
	a_{13}, a_{15}, a_{12} versus a_1	0,1407	2	0,9321
	$a_{13}, a_{15}, a_{12}, a_{11}$ versus a_1	0,749	3	0,8616
	$a_{13}, a_{15}, a_{12}, a_{11}, a_{14}$ versus a_1	1,141	4	0,8877
		k_{2j} versus k_1	9,295	5
“a ₂ ”	a_{2j} versus a_2	25,716	5	<0,0001
	a_{24}, a_{25} versus a_2	0,073	1	0,7869
	a_{21}, a_{24}, a_{25} versus a_2	1,941	2	0,3790
	$a_{26}, a_{21}, a_{24}, a_{25}$ versus a_2	17,733	3	0,0005
	a_{26}, a_{23} versus a_2	0,003	1	0,9521
	a_{26}, a_{23}, a_{22} versus a_2	0,861	2	0,6501

Guncan, Cobanoglu e Genc (2012) estimaram para codornas japonesas através do modelo de Gompertz, o peso à maturidade plena de 186,9 g e o ponto de inflexão de 68,96 g, valores próximos aos obtidos no presente trabalho. A diferença entre os parâmetros encontrados pode ser explicada pela variabilidade genética das aves utilizadas nos diferentes trabalhos e pelo manejo ambiental aplicado às aves.

Ao ajustar a curva de crescimento para galinhas, Neme et al. (2006) observaram que o peso à maturidade “parâmetro a” estimado pela equação de Gompertz, aproxima-se ao peso preconizado nos manuais das linhagens de galinhas poedeiras. Entretanto, escassas informações são publicadas a respeito das linhagens comerciais de codornas japonesas, o que impossibilita maiores comparações entre os diferentes trabalhos.

Por meio da equação ajustada pelo modelo duplo Logístico foi possível observar o estresse causado às aves no momento da transferência do galpão de crescimento para o galpão de postura. Ao analisar a taxa de crescimento máxima, parâmetro “b₁”, para a primeira estabilização encontrada, observa-se que esta ocorreu por volta dos 17 dias de vida das aves com estabilização do peso aos 35 dias. Logo após a transferência de instalações, assim que as aves se aclimatizaram ao novo ambiente, foi possível observar o retorno ao crescimento, atingindo na segunda estabilização, a taxa de crescimento máximo, parâmetro “b₂”, em média aos 52 dias de vida.

Segundo Silva e Costa (2009), a taxa de crescimento máxima para codornas japonesas e europeias é atingida por volta dos 27 dias de idade. Du Preez e Sales (1997) determinaram a curva de crescimento para codornas europeias utilizando as equações de Gompertz, e concluíram que o rápido crescimento ocorreu até os 21 dias de idade. Essa diferença entre os trabalhos pode ser explicada pela variabilidade genética das aves utilizadas.

Foi observada interação significativa entre as fases de criação e as cores de luz para o peso relativo das vísceras (Tabela 5). Na fase de cria, o peso relativo do intestino foi maior para as aves criadas sob a luz vermelha (LED) quando comparado aos demais tratamentos. Também foi possível observar que quanto mais a ave cresce, a relação do peso do intestino com o peso corporal reduz ($P < 0,05$).

Esse maior peso relativo do intestino das aves criadas sob a cor de luz vermelha, pode ser justificado pelo fato das aves serem mais ativas, passando a se alimentar mais vezes como observado por Prayitno, Phillips e Stokes (1997). Segundo esses mesmos autores, a percepção dos comprimentos de onda longos pela glândula pineal é fundamental para o efeito sobre a atividade, o que pode melhorar de forma significativa o aproveitamento da ração fornecida às codornas por curto período de tempo. Já para as fases de recria e pré-postura, não foi observada nenhuma diferença ($p > 0,05$) quanto ao peso relativo do intestino para as aves submetidas a seis diferentes cores de luz aplicadas.

Tabela 5 - Peso relativo (%) do intestino (delgado e grosso) e da moela de codornas japonesas submetidas, nas fases de crescimento (um a 35 dias de idade), a diferentes comprimentos de onda (cores de luz) conforme período de avaliação.

	Peso relativo do intestino			Média
	Cria (14 dias)	Recria (35 dias)	Pré- postura (42 dias)	
Azul – LED	6,54 Ba	4,00 Ab	3,14 Ac	4,56
Branca – Fluorescente	6,58 Ba	3,75 Ab	3,08 Ac	4,47
Verde – LED	6,59 Ba	3,66 Ab	3,45 Ab	4,56
Amarela – Incandescente	6,62 Ba	3,79 Ab	3,34 Ab	4,58
Vermelha – LED	7,51 Aa	3,45 Ab	3,01 Ab	4,65
Branca – LED	6,05 Ba	3,80 Ab	3,56 Ab	4,47
Média	6,65	3,74	3,26	4,55
CV (%)				12,16

	Peso relativo da moela			Média
	Cria (14 dias)	Recria (35 dias)	Pré- postura (42 dias)	
Azul – LED	4,60 Ba	3,20 Ab	2,81 Ab	3,53
Branca – Fluorescente	4,08 Ca	3,15 Ab	2,58 Ac	3,27
Verde – LED	4,38 Ca	3,31 Ab	2,68 Ac	3,45
Amarela – Incandescente	4,69 Ba	3,29 Ab	2,74 Ab	3,57
Vermelha – LED	5,26 Aa	3,29 Ab	2,58 Ac	3,58
Branca – LED	4,61 Ba	3,27 Ab	2,77 Ac	3,55
Média	4,60	3,25	2,69	3,49
CV (%)				12,44

Médias seguidas por letras distintas, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, diferem pelo teste de *Scott-Knott* ($P < 0,05$); Probabilidades para o peso relativo do trato gastrointestinal: Tratamento: 0,881; Período: $< 0,001$; Trat.*Período: 0,006. Probabilidades para o peso relativo da moela: Tratamento: 0,193; Período: $< 0,001$; Trat.*Período: $< 0,001$; CV: Coeficiente de variação.

Assim como o intestino (delgado e grosso), pode ser observado ($p < 0,05$) maior peso relativo de moela das aves submetidas à luz vermelha na fase de cria. O desenvolvimento de todo o sistema digestório das aves se dá, principalmente nas primeiras semanas de vida (FLAUZINA, 2007). Esse fato é de grande importância, pois irá refletir na produtividade futura da poedeira. Portanto, a luz LED de cor vermelha é uma opção, durante a fase de cria, pois pode melhorar o desenvolvimento do sistema digestório de codornas japonesas.

Não houve interação significativa, nem diferença significativa para o peso relativo do fígado e do coração de codornas criadas, durante a fase de crescimento, sob diferentes cores de luz (Tabela 6). Houve efeito ($p < 0,05$) apenas para os períodos avaliados, nos quais o

fígado reduziu seu peso relativo à medida que a ave crescia. Já para o coração, o menor peso relativo foi registrado na fase de recria.

O fígado, a moela e o intestino desenvolvem-se rapidamente após a eclosão, demonstrando a importância desses órgãos para as aves neonatas. Esse rápido crescimento atinge o pico entre três e sete dias e declina em seguida (IJI et al., 2001), o que pôde ser observado durante o crescimento de codornas japonesas criadas sob diferentes cores de luz.

Tabela 6 - Peso relativo do fígado e do coração de codornas japonesas submetidas, nas fases de cria e recria (um a 35 dias de idade), a diferentes comprimentos de onda (cores de luz) conforme período de avaliação.

	Peso relativo do fígado (%)			Média
	Cria (14 dias)	Recria (35 dias)	Pré-postura (42 dias)	
Azul – LED	3,61	2,38	1,69	2,69
Branca – Fluorescente	3,66	2,07	1,87	2,56
Verde – LED	3,03	2,20	1,64	2,54
Amarela – Incandescente	3,57	2,06	1,95	2,52
Vermelha – LED	3,47	2,18	1,64	2,43
Branca – LED	3,75	2,29	2,02	2,38
Média	3,56 a	2,20 b	1,80 c	2,52
CV (%)				12,4

	Peso relativo do coração (%)			Média
	Cria (14 dias)	Recria (35 dias)	Pré-postura (42 dias)	
Azul – LED	1,15	0,97	0,93	1,02
Branca – Fluorescente	1,08	0,99	1,05	1,04
Verde – LED	1,12	0,94	1,12	1,06
Amarela – Incandescente	1,16	0,95	1,03	1,04
Vermelha – LED	1,09	1,00	1,09	1,06
Branca – LED	1,11	1,05	1,03	1,06
Média	1,12 a	0,98 c	1,04 b	1,04
CV (%)				12,77

Médias seguidas por letras distintas, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, diferem pelo teste de *Scott-Knott* ($P < 0,05$); Probabilidades para o peso relativo do fígado: Tratamento: 0,067; Período: $< 0,001$; Trat.*Período: 0,445. Probabilidades para o peso relativo do coração: Tratamento: 0,869; Período: $< 0,001$; Trat.*Período: 0,098; CV: Coeficiente de variação.

Ao avaliar o período de produção não houve interação significativa para massa de ovos acumulada no período de 21 dias, consumo de ração diário (CR) e conversão alimentar por massa de ovos (CA) (Tabela 7).

Tabela 7 - Consumo de ração, massa de ovos acumulada e conversão alimentar de codornas japonesas submetidas nas fases de cria e recria (um a 35 dias de idade) a diferentes comprimentos e onda (cores de luz), avaliadas durante três períodos de 21 dias na fase de produção.

	Consumo de ração (g/ave/dia)			Média
	1º período	2º período	3º período	
Azul – LED	24,10	25,18	25,85	25,05
Branca – Fluorescente	23,74	24,80	25,36	24,63
Verde – LED	24,22	24,83	25,93	24,99
Amarela – Incandescente	24,12	24,69	25,79	24,87
Vermelha – LED	23,65	24,55	25,33	24,51
Branca – LED	24,36	24,82	25,80	24,99
Média	24,03 c	24,81 b	25,68 a	24,84
CV (%)				6,38
	Massa de ovos acumulada (Kg)			Média
	1º período	2º período	3º período	
Azul – LED	1,98	1,99	2,10	2,02 B
Branca – Fluorescente	2,11	2,18	2,23	2,17 A
Verde – LED	1,99	2,06	2,13	2,06 B
Amarela – Incandescente	2,08	2,13	2,21	2,14 A
Vermelha – LED	2,03	2,08	2,12	2,07 B
Branca – LED	2,06	2,11	2,20	2,13 A
Média	2,04 c	2,09 b	2,16 a	2,10
CV (%)				8,12
	Conversão alimentar por massa de ovos			Média
	1º período	2º período	3º período	
Azul – LED	2,33	2,40	2,39	2,37
Branca – Fluorescente	2,31	2,30	2,33	2,31
Verde – LED	2,31	2,32	2,37	2,33
Amarela – Incandescente	2,36	2,32	2,34	2,34
Vermelha – LED	2,30	2,37	2,33	2,33
Branca – LED	2,34	2,32	2,33	2,32
Média	2,33	2,34	2,35	2,34
CV (%)				5,94

Médias seguidas por letras distintas, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, diferem pelo teste de *Scott-Knott* ($P < 0,05$); Probabilidades para o consumo de ração: Tratamento: 0,551; Período: $< 0,001$; Trat.*Período: 0,759. Probabilidades para a massa de ovos: Tratamento: 0,001; Período: $< 0,001$; Trat.*Período: 0,824. Probabilidades para a conversão alimentar: Tratamento: 0,503; Período: 0,176; Trat.*Período: 0,075; CV: Coeficiente de variação.

As diferentes cores de luz usadas apresentaram efeito residual ($p < 0,05$) sobre a massa de ovo acumulada. Além disso, observou-se diferença ($p < 0,01$) entre os períodos para as variáveis: massa de ovos acumulada e consumo de ração diário. Fato esse decorrente das aves estarem no início da postura, ou seja, em desenvolvimento corporal.

Para o CR e CA não foram observadas diferenças significativas para as aves submetidas, na fase de crescimento, as diferentes cores de luz. Os dados estão de acordo ao observado por Jácome et al. (2012), os quais registraram igualdade para o CR e CA de codornas submetidas na fase de produção sob diferentes cores de luz.

Ao avaliar a massa de ovos, foi observado que as codornas criadas sob as cores de luz branca (fluorescente compacta e LED) e amarela (incandescente) obtiveram maiores pesos de ovos quando comparadas às aves expostas as demais cores de luz usadas.

Estudos conduzidos por Gongruttananun (2011), Gongruttananun e Guntapa (2012) e Jácome et al. (2012) não verificaram efeito da cor de luz sobre o peso dos ovos, contrário ao observado para massa de ovos do presente estudo. Esse fato pode ser devido à resposta das aves à radiação visível, captada pela retina do olho. Durante o crescimento, o estímulo se procede de forma diferenciada quando comparado às aves estimuladas na fase de produção de ovos (LEWIS; MORRIS, 2000).

Assim sabe-se que a reprodução dessas aves está associada aos estímulos luminosos, dessa forma, as cores de luz podem ser utilizadas com o objetivo de regular o crescimento, obtendo codornas de reposição de plantéis mais pesadas, aumentando a massa de ovos, e, conseqüente aumento no rendimento para os produtores e indústria de ovos.

4 CONCLUSÃO

Cores de luz específicas, usadas nas fases de cria e recria, influenciam o crescimento corporal e o desempenho de codornas japonesas, sendo que a cor de luz branca, lâmpadas fluorescente e LED, mostrou-se mais eficiente em aumentar o peso corporal e como consequência a massa de ovos em substituição às tradicionais lâmpadas incandescentes.

REFERÊNCIAS

- BAXTER, M. N. et al. Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye. **Poultry Science**, College Station, v. 93, p. 1289–1297, 2014.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 26, p. 211-252, 1964.
- CARON, N. et al. Mass for 45 day body weight in japanese quail: selection response carcass composition, cooking properties, and sensory characteristics. **British Journal of Poultry Science**, Dubai, v. 69, n. 7, p. 1037-1045, 1990.
- DU PREEZ, J. J.; SALES, J. Growth rate of different sexes of the European quail (*Coturnix coturnix*). **British Journal of Poultry Science**, Dubai, v. 38, p. 314-315, 1997.
- FERNANDES, T. J. et al. Parameterization effects in nonlinear models to describe growth curves. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 37, n. 4, p. 397-402, 2015.
- FLAUZINA, L. P. **Desempenho produtivo e biometria de vísceras de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta**. 2007. 36 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, DF, 2007.
- GONGRUTTANANUN, N.; GUNTAPA, P. Effects of red light illumination on productivity, fertility, hatchability and energy efficiency of thai indigenous hens. **Kasetsart Journal**, Thailand, v. 46, p. 51–63, 2012.
- GONGRUTTANANUN, N. Influence of red light on reproductive performance, eggshell ultrastructure, and eye morphology in thai-native hens. **Poultry Science**, College Station, v. 90, n. 12, p. 2855–2863, 2011.
- GRIESES, D. O. et al. Study of growth and body composition of meat-type quails strain and laying. **Acta Tecnológica**, São Luis, v. 2, n. 10, p. 23-37, 2015.
- GURCAN, E. K. et al. Determination of body weight- age relationship by non-linear models in japanese quail. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Dubai, v. 11, p. 314-317, 2012.
- HAKAN, B.; ALI, A. Effects of light wavelength on broiler performance. **Hayvansal Üretim**, Bornova, v. 46, n. 6, p. 22–32, 2005.
- IJI, P. A. et al. Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet: intestinal weight and mucosal development. **British Journal of Poultry Science**, Dubai, v. 42, p. 505-513, 2001.
- JÁCOME, I. M. D. T. et al. Desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial.” **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 61, n. 235, p. 449–456, 2012.

KIM, M. J. et al. Growth performance and hematological traits of broiler chickens reared under assorted monochromatic light sources. **Poultry Science**, College Station, v. 92, p. 1461–1466, 2013.

KWAKKEL, R. P. **Rearing the layer pullet**: a multiphasic approach. Recent development in poultry nutrition. 2nd ed. Nottingham: Nottingham University, 1999. p. 227-249.

LEWIS, P. D.; MORRIS, T. R. Poultry and coloured light. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 56, n. 3, p. 189–207, 2000.

LOPES, I. R. V. et al. Efeito da densidade de alojamento e do nível de energia metabolizável da ração sobre o desempenho zootécnico e características dos ovos de codornas japonesas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 3, p. 369-375, 2006.

MARCATO, S. M. et al. Crescimento e deposição de nutrientes nos órgãos de frangos de corte de duas linhagens comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 5, p. 1082-1091, 2010.

MENDES, A. S. et al. Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. **The Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 22, p. 62–70, 2013.

MENDES, A. S. et al. Visão e iluminação na avicultura moderna. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 16, n. 1/4, p. 05-13, 2010.

NEME, R. et al. Curvas de crescimento e deposição dos componentes corporais de aves de postura de diferentes linhagens. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, p. 1091-1100, 2006.

NUNES, K. C. et al. LED como fonte de luz na avicultura de postura. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1765–1782, 2013.

OIDE, M. M. Ambiência e sistemas de climatização. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, 5., e CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, 4., 2013, Lavras. **Anais...** Lavras: Ufla, 2013. 1 CD-ROM.

OLANREWAJU, H. A. et al. A review of lighting programs for broiler production. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 5, n. 4, p. 301–308, 2006.

OLIVEIRA, B. L. Manejo racional e produtividade das codornas (*Coturnix coturnix* japônica). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Ufla, 2002. 1 CD-ROM.

PAIXÃO, S. J. et al. Desempenho produtivo de frangos de corte criados com dois tipos de lâmpadas. In: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UTFPR, 2011. p. 339.

PRAYITNO, D. S.; PHILLIPS, C. J. C.; STOKES, D. K. The effects of color and intensity of light on behavior and leg disorders in broiler chickens. **Poultry Science**, College Station, v. 76, n. 12, p. 1674–1681, 1997.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear em dados de experimento com delineamento em blocos casualizados. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 3, p. 315-320, 2010.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: terceira edição composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011. 252 p.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. **Tabela de exigência nutricional de codornas japonesas e europeias**. 2. ed. Jaboticabal: Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão, 2009. 107 p.

CAPÍTULO 3

ARTIGO 2 - CODORNAS JAPONESAS SUBMETIDAS A DIFERENTES CORES DE LUZ, NA FASE DE CRESCIMENTO, E SUA INFLUÊNCIA NO SISTEMA REPRODUTOR

Marcelo Espósito¹; Édison José Fassani¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras,
Campus Universitário, s/n, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000,
Lavras - MG, Brasil.

RESUMO

Objetivou-se avaliar o impacto da aplicação de diferentes cores de luz, durante a fase de crescimento, e seu efeito sob a maturidade sexual, no trato reprodutivo e na produção de ovos de codornas japonesas. Foram utilizadas 1554 codornas japonesas fêmeas de um dia de idade. Os tratamentos experimentais foram constituídos por cinco diferentes cores de luz, são elas: amarela (Incandescente), branca (Fluorescente e LED), azul, verde e vermelha (LED). Os mesmos tratamentos foram aplicados ao longo da fase de crescimento. Foram mensurados, semanalmente, o desempenho durante o período de um a 42 dias de vida das aves. Três eutanásias foram realizadas para quantificação do extrato etéreo, proteína bruta, matéria mineral, umidade e o peso relativo do estroma. A abertura do osso pélvico foi mensurada a cada dois dias a partir dos 28 dias de vida. A produção de ovos foi registrada diariamente. Ao quantificar o extrato etéreo na carcaça de codornas, observou-se interação ($p < 0,05$) apresentando a luz azul (LED) maior deposição desse nutriente. Para os demais nutrientes, proteína bruta, matéria mineral e água, foram observadas diferenças significativas apenas entre os períodos avaliados. O estroma apresentou diferenças, sendo a aves expostas à luz azul as que se mostraram mais precoces. Já para a abertura do osso pélvico, foi encontrada interação significativa, sinalizando a antecipação da maturidade sexual para as aves criadas sob a luz azul. Através da curva de postura, foi possível observar que codornas criadas sob a luz azul, iniciaram a postura antes das demais cores de luz. Conclui-se que comprimentos de onda específicos, usados na fase de crescimento, influenciam o sistema reprodutor de codorna japonesa, sendo o comprimento de onda azul o que se mostrou mais eficiente em adiantar a maturidade sexual das aves.

Palavras-Chave: Coturnicultura. LED (Diodo emissor de luz). Comprimento de onda. Maturidade sexual.

ABSTRACT

The objective in this study was to evaluate the effect of different colors of light during the growth phase and its effect on sexual maturity, reproductive tract and egg production in Japanese quail. A total of 1554 one-day-old female Japanese quail were used. The experimental treatments consisted of five different colors of light: yellow (Incandescent), white (Fluorescent and LED), blue, green and red (LED). They were applied throughout the growth phase. Performance was measured weekly during the period from one to 42 days of bird life. Three euthanasias were performed for quantification of ethereal extract, crude protein, mineral matter, moisture and the stroma relative weight. The opening of the pelvic bone was measured every two days from the 28 days of life. Egg production was recorded daily. When quantifying the ethereal extract in the quail carcass, interaction ($p < 0.05$) was observed, with the blue light (LED) showing a higher deposition of this nutrient. For the other nutrients, crude protein, mineral matter and water, significant differences were observed only between the evaluated periods. The stroma presented differences, being the birds exposed to the blue light ones that showed to be more precocious. Already for the opening of the pelvic bone, significant interaction was found, signaling the anticipation of sexual maturity for birds raised under blue light. Through the posture curve, it was possible to observe that quail raised under the blue light, they began the posture before the other colors of light. It is concluded that specific wavelengths used in the growth phase influence the Japanese quail reproductive system, with blue wavelengths being the most efficient in advancing the sexual maturity of birds.

Keywords: Coturniculture. LED (Light-Emitting Diode). Wavelength. Sexual maturity.

1 INTRODUÇÃO

As codornas japonesas são aves altamente produtivas e consideradas precoces, visto que a produção de ovos pode-se iniciar a partir dos 35 dias de idade. Para manter a alta produtividade, as aves requerem manejos específicos como o luminoso. Na fase de crescimento, o manejo luminoso tem o objetivo de permitir melhor adaptação, proporcionando ingestão de ração e água em quantidades satisfatórias, estimulando assim o crescimento (OLIVEIRA, 2002). Já na fase de produção de ovos, o manejo possui efeito decisivo sobre a maturidade sexual, produção, persistência e peso dos ovos (NUNES et al., 2013).

Logo, o uso do programa de luz permite a maximização da produção de ovos em qualquer época do ano, evitando-se problemas de baixa produção ocasionados pela variação natural do fotoperíodo (GARCIA; MOLINO, 2010). Nesse sentido, sabe-se que não só a duração, mas também a intensidade e os comprimentos de onda emitidos pelas lâmpadas possuem importante papel no crescimento e desenvolvimento reprodutivo das aves (MENDES et al., 2010, 2013). Os comprimentos de onda (cores de luz) são importantes componentes do programa de luz, pois podem estimular o desenvolvimento reprodutivo das codornas, desde as fases iniciais da vida (BAXTER et al., 2014; LEWIS; MORRIS, 2000).

Pesquisadores têm demonstrado a influência da cor de luz, como técnica de manejo, visando controlar o aparecimento da maturidade sexual em aves poedeiras, bem como o peso dos ovos (BOBADILLA et al., 2016; ER et al., 2007; GONGRUTTANANUN, 2011; HUBER-EICHER; SUTER; SPRING-STÄHLI, 2013). A cor da luz pode regular a síntese e a secreção de hormônios reprodutivos de formas distintas e, com isso, pode influenciar as características morfofisiológicas das aves, afetando toda sua fisiologia.

O efeito da iluminação sobre o sistema reprodutivo das aves tem sido bastante estudado nas últimas décadas (BOBADILLA et al., 2016; GONGRUTTANANUN, 2011; HUBER-EICHER; SUTER; SPRING-STÄHLI, 2013). Desde que a influência da luz na reprodução das aves foi descoberta, a primeira fonte de iluminação utilizada foi a lâmpada incandescente (BAXTER et al., 2014). Entretanto, nos últimos anos, diferentes tipos de iluminação têm surgido no mercado, podendo ser utilizados nos sistemas de produção avícola. As lâmpadas modernas como o Diodo Emissor de Luz (LED) são muito mais eficientes, fornecem melhor iluminação, além de serem classificadas como monocromáticas, emitindo apenas um espectro visível de cor da luz (OSRAM, 2015).

Como as características espectrais da luz utilizada podem impactar no desempenho reprodutivo, no crescimento e até mesmo na saúde das aves, é essencial testar e validar

completamente qualquer nova fonte de luz antes de ser recomendada para uso. Diante o exposto, objetivou-se avaliar o impacto da aplicação de diferentes cores de luz, durante as fases de cria e recria, e seu efeito sob a maturidade sexual, o trato reprodutivo e a produção de ovos de codornas japonesas.

2 MATERIAL E METODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras. Todos os procedimentos foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) descrito no protocolo de número 035/13.

Foram adquiridas 1554 codornas japonesas, fêmeas, com um dia de idade, oriundas de incubatório comercial. No momento da recepção, as aves foram pesadas e distribuídas de forma homogênea nas gaiolas experimentais, com o peso médio de $7,20\text{g} \pm 0,13$.

O experimento foi dividido em duas fases: crescimento (1 até 35 dias de idade das aves), e de produção de ovos (36 dias até 145 dias de idade das aves), sendo os tratamentos experimentais aplicados apenas na primeira fase. O experimento foi planejado com seis tratamentos, sendo conduzido em delineamento inteiramente casualizado com sete repetições.

Os tratamentos consistiram em diferentes tipos de lâmpadas, emitindo diferentes cores de luz [comprimentos de onda], são eles: Amarela [400–1100 nm] (lâmpada incandescente de 25W, mista), branca [380–770 nm] (lâmpada fluorescente compacta de 15W e LED - diodo emissor de luz, em forma de mangueira 4,4W, monocromática), azul [435-500 nm] (lâmpada LED, em forma de mangueira, 4,4W, monocromática), vermelha [630-700 nm] (LED, em forma de mangueira, 4,4W, monocromática) verde [500-565 nm] (lâmpada LED, em forma de mangueira, 4,4W, monocromática). Todas as lâmpadas LEDs eram Mangueira (LED Cazaa[®], China).

O galpão utilizado possui seis divisões, salas experimentais, construídas em alvenaria de maneira para impedir a passagem de luz. Cada divisão interna do galpão continha o conjunto de oito gaiolas para cria e recria de codornas, confeccionadas em arame galvanizado. As gaiolas possuíam as dimensões de (50 de largura x 70 de comprimento e 25,5 cm de altura), equipadas com comedouro tipo calha, dois bebedouros tipo “*nipple*” e bandeja de chapa galvanizada sob as gaiolas para o recolhimento das excretas. Em cada gaiola de cria e recria foram alojadas 37 codornas, conferindo a densidade de $94,6\text{ cm}^2/\text{ave}$, seguindo recomendação de Oliveira (2002).

Os ambientes experimentais foram equipados individualmente com *timer* para facilitar o controle do tempo de iluminação e com termo-higrômetros para o ajuste da temperatura exigida em cada momento da criação. De um a 14 dias de idade, fase de cria, as aves receberam 23 horas de iluminação contínua e a partir do 15º dia de idade, fase de recria, foram submetidas ao fotoperíodo de dez horas, fixando dessa forma o fotoperíodo ofertado às aves. Com auxílio do luxímetro digital, por meio do dimer, todas as parcelas experimentais foram ajustadas para a intensidade luminosa média de $15\text{ lux} \pm 1,3$.

A temperatura foi ajustada para 38 °C nos primeiros três dias e reduzida gradualmente 1°C a cada três dias até o 21º dia de idade das aves. Após essa idade as aves foram mantidas sob temperatura ambiente. Cada sala continha uma entrada de ar, que foi alimentada pelo sistema de aquecimento à lenha (Agrobona® AB 16-10), para garantir a uniformidade de aquecimento e a manutenção da temperatura requerida para as aves sem interferir na luminosidade do ambiente. Para a renovação do ar, no centro de cada sala, foi instalado um exaustor conectado ao cano de PVC em forma de “L” de modo a impedir a entrada de luz externa no galpão.

O sistema de obtenção e controle das variáveis climáticas, temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%), foram quantificadas através de *dataloggers* instalados em cada sala experimental, registrando as variáveis a cada minuto.

Aos 21 dias de vida das aves, foi realizada a debicagem convencional com o objetivo de controlar o desperdício de ração, o canibalismo e a bicagem de ovos na fase de produção.

Aos 35 dias de idade, as aves foram transferidas para o galpão de postura mantendo-se a identificação dos tratamentos para avaliação do efeito residual dos diferentes comprimentos de onda usados na fase de crescimento. No momento da transferência de instalações foram selecionadas 20 aves de cada unidade experimental, com o peso vivo próximo à média da parcela, sendo alojadas 10 aves por gaiola na fase de produção, conferindo a densidade de 121,6 cm²/ave, totalizando dessa forma 14 repetições por tratamento, distribuídas em blocos casualizados com parcelas subdivididas no tempo. Foram blocadas as laterais norte e sul do galpão, sendo cada altura de gaiola um bloco. Já para o tempo, foi utilizado o período entre uma análise e outra, sendo padronizado o intervalo de 21 dias cada.

O galpão de produção continha gaiolas de postura com dimensões de (32 x 38 x 16 cm), montadas em esquema de baterias com quatro andares, equipadas com comedouro tipo calha, bebedouro tipo “*nipple*” e bandeja de chapa galvanizada sob as gaiolas para o recolhimento das excretas.

No período de postura, as aves foram manejadas de forma homogênea a fim de verificar os efeitos dos tratamentos efetuados, sobre o desempenho das aves; sendo a ração e a água fornecidas à vontade. No galpão de postura, as codornas foram submetidas ao programa de luz diário de 17 horas. Para completar as horas de luz, o acréscimo às horas de luz natural foi feito usando lâmpada fluorescente compacta branca (potencia: 15W, Comprimento de onda: 380–770 nm).

As rações fornecidas às codornas durante todo o período experimental foram formuladas de acordo com a fase de criação, seguindo as recomendações nutricionais

propostas por Rostagno et al. (2011). Durante o período de crescimento os animais foram alimentados com a dieta contendo 2900 kcal/kg de energia metabolizável e 22% de proteína bruta, já durante o período de postura a dieta continha 2800 kcal/kg de energia metabolizável e 18,7% de proteína bruta.

Ao longo do período de cria e recria foram avaliados, semanalmente, os parâmetros de desempenho: ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. Foram realizadas eutanásias semanais para a realização das análises bromatológicas, sendo quantificada a porcentagem de proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e água nas carcaças, conforme descrito pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA), adaptados conforme Silva e Queiroz (2009).

Para a quantificação nutricional das carcaças, uma ave por parcela foi selecionada com base no peso médio das aves na unidade experimental, permitindo variação máxima de $\pm 5\%$. Após a seleção, estas foram identificadas, submetidas a jejum de duas horas e, posteriormente eutanasiadas pela técnica de deslocamento cervical e depenadas. Em seguida, as mesmas aves, sem penas, foram encaminhadas ao laboratório de bromatologia para quantificação dos nutrientes.

Foram realizadas duas eutanásias, aos 35 e 42 dias de idade, para quantificação do peso relativo do estroma. Para isso, foi selecionada uma ave por parcela experimental, com base no peso médio da parcela, permitindo variação máxima de $\pm 5\%$. Após seleção, estas foram identificadas, submetidas a jejum de duas horas e posteriormente foram abatidas pela técnica de deslocamento cervical. O estroma foi removido e pesado em balança de precisão de 0,01 g (Jewelry Scale[®], Model A301, China) para quantificação do peso relativo.

A abertura do osso pélvico foi realizada de dois em dois dias a partir do 28º dia de vida das aves. A mensuração foi realizada através de régua graduada, selecionando aleatoriamente duas aves por unidade experimental.

Para a descrição da curva de postura, foi mensurada diariamente a produção de ovos em cada unidade experimental, posteriormente ajustou-se o modelo Gompertz sugerido por Fernandes et al. (2015), aos dados de porcentagem de postura e idade, conforme a equação:

$$y_i = a \exp(-\exp(k(b - x_a))) + e_i$$

Em que: y_i representa as observações longitudinais da porcentagem de postura; x_i são as idades, em semanas, nas quais foram mensuradas a quantidade de ovos na parcela experimental; a é a porcentagem de postura máxima esperada; b representa as abcissas dos pontos de inflexão, sendo a semana em que o animal atinge a taxa máxima de produção e começa a desacelerar até estabilizar; k representa a taxa de aumento na produção de ovos, (quanto maior o valor de k mais precoce é o animal e menos tempo será gasto para que a codorna atinja seu valor máximo

a); e ε_i é o resíduo de ajuste do modelo, o qual pressupõe-se que seja independente e identicamente distribuído com a distribuição normal de modo que $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$.

Para as variáveis cujos modelos de regressão não linear foram ajustados, testou-se a igualdade do subconjunto de parâmetros de interesse zootécnico, por meio da metodologia apresentada por Regazzi e Silva (2010), a qual utiliza o teste da razão de verossimilhança com aproximação pela distribuição qui quadrado, considerando o nível de 5% de significância. As análises foram realizadas com o auxílio do *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2016).

Os resíduos dos modelos ajustados foram testados quanto à pressuposição de normalidade (teste Shapiro-Wilk), homocedasticidade (teste Breush-Pagan) e independência (teste Durbin-Watson). O modelo selecionado foi aquele que, além de atender a essas pressuposições, apresentou maior valor para o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{Aj}) e menor valor para o critério de informação de Akaike (AIC).

As variáveis medidas durante a fase de produção de ovos foram avaliadas pela análise de variância (ANOVA), e quando essas apresentaram diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, estas foram comparadas pelo teste *Scott-Knott*, considerando o nível de 5% de significância.

Para essas variáveis foram realizadas as análises de resíduos, sendo testadas hipóteses quanto à normalidade, homocedasticidade e independência dos erros e, quando as pressuposições não eram atendidas, utilizou-se a transformação de variáveis, sugeridas pela família de transformações Box-Cox, cujos detalhes podem ser encontrados em Box e Cox (1964).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fase de crescimento, foram observados os valores médios de 26,68 °C para temperatura do ar e 62,88 % de umidade relativa (UR) (Tabela 8). Já na fase de produção foram observados os valores médios de 26,22 °C de temperatura do ar e 48 % de umidade relativa. Na fase de produção, as aves, apesar de estarem alojadas em ambiente único, estavam expostas às condições climáticas do município de Lavras - MG, devido a isso, a amplitude térmica foi calculada para facilitar a descrição do clima como fator de interferência. A amplitude foi de 15,6 °C para temperatura e 56,45% para umidade relativa.

Tabela 8 - Média, máxima e mínima de temperatura (°C) e umidade relativa (%) quantificados nas salas experimentais para fase de crescimento e fase de produção.

	Fase de crescimento (1 a 35 dias)		Fase de produção	
	Temperatura	Umidade	Temperatura	Umidade
Média	26,68 ± 0,70*	62,88 ±4,90	26,22	48,01
Máxima	37,90 ± 1,11	85,30 ±6,47	31,35	76,90
Mínima	21,53 ± 0,82	41,60 ±4,27	15,75	20,45

*Desvio padrão da média calculado entre as salas experimentais.

Ao analisar o período de crescimento mais a fase de pré-postura de um a 42 dias de vida das codornas japonesas (Tabela 9), pode-se observar que as aves criadas sob a cor de luz azul (LED) e amarela (incandescente) apresentaram maior consumo de ração ($p < 0,05$), quando comparadas as demais cores de luz. Não houve diferença significativa para o ganho de peso das aves criadas sob os diferentes tratamentos. Já para a conversão alimentar, as aves criadas nas luzes branca (fluorescente) e verde (LED) obtiveram melhores resultados.

Os autores Hakan e Ali (2005) e Kim et al. (2013), observaram que as aves possuem preferência pelos comprimentos de onda azul e amarelo. Essas cores de luz proporcionam efeitos positivos sobre o consumo de ração, sendo possível observar esse mesmo comportamento para codornas na fase de crescimento.

Tabela 9 - Desempenho zootécnico, nas fases de crescimento e pré-postura, compreendidas no intervalo de um a 42 dias de vida, de codornas japonesas submetidas na fase de crescimento (um a 35 dias de idade) a diferentes comprimentos e onda (cores de luz).

	Crescimento e Pré-postura (um a 42 dias)		
	CR	GP	CA
Azul – LED	468,6 A	136,6	3,43 A
Branca – Fluorescente	433,9 B	136,9	3,31 B
Verde – LED	467,4 B	136,9	3,36 B
Amarela – Incandescente	468,6 A	137,7	3,46 A
Vermelha – LED	464,6 B	135,9	3,42 A
Branca – LED	461,8 B	135,6	3,40 A
CV (%)	2,05	1,78	2,02
Probabilidade	0,002	0,677	0,007

Médias da variável seguida de letras distintas, na coluna, diferem pelo teste *Scott-Knott* ($P < 0,05$), CR - Consumo de Ração acumulado (g), GP – Ganho de Peso (g), CA - Conversão Alimentar (g/g), CV – Coeficiente de variação.

Quanto ao ganho de peso na fase de crescimento, os resultados foram distintos aos encontrados por Cao et al. (2008), os quais observaram que frangos de corte criados sob lâmpadas LEDs verde e azul, apresentaram maior ganho de peso, apresentando as aves criadas sob as lâmpadas LED azul, o estímulo mais duradouro para o crescimento. Tal diferença pode ser justificada pela diferença nas espécies estudadas. Isso demonstra que a cor da luz aplicada aos frangos corte, estimula de forma e com intensidade diferenciada as codornas em fase de crescimento.

Quanto à conversão alimentar, Kim et al. (2013) observaram diferenças quando as aves foram criadas sob diferentes cores de luz, sendo as aves submetidas aos comprimentos de onda curtos, como azul e verde, apresentaram melhor conversão alimentar. No entanto, no presente trabalho, apenas as cores de luz verde (LED) e branca (fluorescente), foram eficientes em melhorar a conversão alimentar das codornas na fase de crescimento.

Ao quantificar a deposição de nutrientes nos tecidos corporais de codornas japonesas, criadas no período de crescimento de um a 35 dias de vida, sob diferentes cores de luz (Tabelas 10 e 11). Observou interação ($p < 0,05$) entre a idade analisada e a cor da luz utilizada para o teor de extrato etéreo na carcaça de codornas. Para os demais nutrientes (proteína bruta, matéria mineral e água) quantificados nas carcaças, foram observadas diferenças significativas apenas para os períodos avaliados.

Tabela 10 - Porcentagem de extrato etéreo e proteína bruta na carcaça de codornas japonesas submetidas, nas fases de cria e recria (um a 35 dias de idade), a diferentes comprimentos de onda (cores de luz) conforme período de avaliação.

	Extrato Etéreo (%)			Média
	Cria (14 dias)	Recria (35 dias)	Pré-postura (42 dias)	
Azul – LED	8,6 Aa	8,4 Aa	9,6 Aa	8,9
Branca – Fluorescente	8,7 Aa	7,7 Ab	7,3 Cb	7,9
Verde – LED	7,9 Ab	7,3 Ab	8,9 Aa	8,0
Amarela – Incandescente	8,4 Aa	7,6 Ab	7,0 Cc	7,7
Vermelha – LED	8,5 Aa	7,7 Ab	7,5 Cb	7,9
Branca – LED	8,2 Aa	7,7 Aa	8,2 Ba	8,0
Média	8,4	7,7	8,1	8,1
CV(%)				7,23
	Proteína Bruta (%)			Média
	Cria (14 dias)	Recria (35 dias)	Pré-postura (42 dias)	
Azul – LED	18,1	17,9	17,2	17,7
Branca – Fluorescente	16,3	17,7	17,4	17,1
Verde – LED	17,5	17,0	16,7	17,1
Amarela – Incandescente	16,4	17,6	16,2	16,7
Vermelha – LED	17,0	17,8	16,5	17,1
Branca – LED	16,5	17,7	17,2	17,1
Média	17,0 b	17,6 a	16,9 b	17,2
CV(%)				6,58

Médias seguidas por letras distintas, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, diferem pelo teste de *Scott-Knott* ($P < 0,05$); Probabilidades para o extrato etéreo: Tratamento: $< 0,001$; Período: $< 0,001$; Trat.*Período: $< 0,001$. Probabilidades para a proteína bruta: Tratamento: 0,461; Período: 0,040; Trat.*Período: 0,527, CV: Coeficiente de variação.

Tabela 11 - Porcentagem de matéria mineral e umidade na carcaça de codornas japonesas submetidas, nas fases de cria e recria (um a 35 dias de idade), a diferentes comprimentos de onda (cores de luz) conforme período de avaliação.

	Matéria Mineral (%)			Média
	Cria (14 dias)	Recria (35 dias)	Pré-postura (42 dias)	
Azul – LED	2,79	3,49	3,43	3,23
Branca – Fluorescente	2,89	3,49	3,38	3,25
Verde – LED	2,76	3,41	3,09	3,09
Amarela – Incandescente	2,98	3,72	3,61	3,44
Vermelha – LED	2,98	3,37	3,60	3,31
Branca – LED	2,94	3,51	3,69	3,38
Média	2,89 b	3,50 a	3,46 a	3,28
CV (%)				21,6

	Umidade (%)			Média
	Cria (14 dias)	Recria (35 dias)	Pré-postura (42 dias)	
Azul – LED	80,54	76,19	71,48	76,07
Branca – Fluorescente	80,98	76,93	71,90	76,60
Verde – LED	82,70	77,73	70,30	76,91
Amarela – Incandescente	80,65	76,13	71,41	76,06
Vermelha – LED	80,83	76,13	71,22	76,06
Branca – LED	80,70	77,78	69,54	76,01
Média	81,07 a	76,81 b	70,98 c	76,29
CV (%)				1,91

Médias seguidas por letras distintas, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, diferem pelo teste de *Scott-Knott* ($P < 0,05$); Probabilidades para a matéria mineral: Tratamento: 0,870; Período: $< 0,001$; Trat.*Período: 0,971. Probabilidades para a umidade: Tratamento: 0,559; Período: $< 0,001$; Trat.*Período: 0,388, CV: Coeficiente de variação.

Ao quantificar o extrato etéreo na carcaça de codornas em crescimento, criadas sob as diferentes cores de luz, foi possível observar diferença ($p < 0,05$) na fase de pré-postura (42 dias de vida), para as codornas criadas sob luz azul e verde, apresentando essas aves maior concentração desse nutriente na carcaça. Indicando o início da produção de ovos antecipada, pelas aves criadas nas cores de luz azul e verde.

Ao avaliar os períodos de cria, recria e pré-postura, foi possível observar diferenças ($p < 0,05$) para as aves criadas na luz branca (fluorescente), amarela (incandescente) e vermelha (LED), enquanto a ave crescia a porcentagem de gordura na carcaça reduzia. O contrário foi observado para as aves criadas sob a luz verde (LED). Já para as codornas manejadas sob as cores de luz azul e branca (LEDs), foi observada a estabilização na deposição de gordura nos diferentes períodos avaliados.

Du Preez e Sales (1997), ao utilizarem as equações de Gompertz, observaram mudanças na deposição dos nutrientes na carcaça durante o crescimento das aves. Aos 21 dias de idade das aves, houve redução no crescimento e na modificação na deposição de tecido corporal. A deposição de proteína e água na carcaça foi reduzida e enquanto a deposição de gordura foi aumentada à medida que as aves cresciam.

Esse fato é explicado pelo desenvolvimento de órgãos envolvidos com a reprodução, como o estroma e o fígado, que requererem maior quantidade de lipídios para a produção do ovo e hormônios reprodutivos. Foi possível observar essa relação para as aves criadas sob a luz azul e verde (LED), o que sugere maior desenvolvimento do sistema reprodutor para essas aves quando comparadas ao desempenho das aves nos demais tratamentos.

Silva et al. (2007) relataram que aves modificam a deposição de proteína à medida que crescem. A maior taxa de deposição de proteína ocorre na fase inicial do crescimento, até em média os 21 dias de vida, momento no qual as aves aumentam a retenção de proteína na carcaça. Após essa idade, a deposição de proteína passa a ser decrescente, ocorrendo maior deposição de gordura em função da alteração hormonal e do desenvolvimento do sistema reprodutivo.

Comportamento semelhante foi observado no presente estudo para codornas criadas sob diferentes cores de luz. Ao comparar a deposição do nutriente das fases de cria e recria, as aves ainda se encontravam em turnover proteico positivo. Logo após a fase de recria, fase de pré-postura, foi possível observar a redução na deposição de proteína na carcaça das aves. Sendo possível observar a estabilização da deposição proteica na carcaça.

Quanto à deposição de minerais na carcaça, foi observada redução à medida que as aves cresciam, estabilizando a porcentagem de deposição após a fase de recria. Já para a porcentagem de água na carcaça, ocorreu redução no decorrer das fases estudadas.

Cada categoria animal apresenta a deposição de nutrientes na carcaça de forma diferenciada, sendo que codornas japonesas, em fase de crescimento, podem modificar as taxas de deposição dos nutrientes e, conseqüentemente, a porcentagem de nutrientes na carcaça quando submetidas à diferentes condições de manejo. Sendo que o manejo luminoso, como as diferentes cores de luz aplicadas, pode modificar a deposição de gordura, o que ocorre devido aos estímulos reprodutivos proporcionados pelas diferentes cores de luz.

Vários pesquisadores (ALMEIDA et al., 2015; FURTADO et al., 2018; LEWIS; MORRIS, 2000; JÁCOME et al., 2012) relataram que as características de produção de ovos parecem ser minimamente afetadas pelos diferentes comprimento de onda. Almeida et al. (2015), ao trabalhar com o sistema de iluminação LED, na fase de produção de ovos de

codornas, concluíram que diferentes cores de luz não influenciam o desenvolvimento inicial do sistema reprodutivo, no entanto, os resultados encontrados na presente pesquisa, se opõem ao relatado na literatura até o momento.

O peso relativo do estroma e a abertura do osso pélvico são apresentados na Tabela 12. O estroma apresentou diferenças ($p < 0,05$) para os diferentes tratamentos, sendo a aves expostas à luz LED azul as que se mostraram mais avançadas quanto à idade ao início de postura.

Tabela 12 - Peso relativo do estroma e abertura do osso pélvico de codornas japonesas submetidas nas fases de cria e recria (um a 35 dias de idade), a diferentes comprimentos de onda (cores de luz) conforme período de avaliação.

	Peso relativo do estroma (%)		Média
	Recria (35 dias)	Pré-postura (42 dias)	
Azul – LED	0,044	0,720	0,382 A
Branca – Fluorescente	0,031	0,307	0,169 B
Verde – LED	0,043	0,119	0,119 B
Amarela – Incandescente	0,039	0,199	0,082 B
Vermelha – LED	0,029	0,113	0,081 B
Branca – LED	0,036	0,129	0,071 B
Média	0,037 b	0,264 a	0,151
CV (%)			22,57

	Abertura do osso pélvico (cm)		Média
	Recria (35 dias)	Pré-postura (42 dias)	
Azul – LED	1,79 Bb	2,10 Aa	1,94
Branca – Fluorescente	2,16 Aa	1,87 Ab	2,01
Verde – LED	1,99 Aa	1,87 Aa	1,93
Amarela – Incandescente	2,03 Aa	1,96 Aa	1,99
Vermelha – LED	1,76 Ba	1,69 Aa	1,72
Branca – LED	1,93 Aa	1,81 Aa	1,87
Média	1,94	1,88	1,91
CV (%)			13,34

Médias seguidas por letras distintas, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, diferem pelo teste de *Scott-Knott* ($P < 0,05$); Probabilidades para o peso relativo de estroma: Tratamento: 0,041; Período: $< 0,001$; Trat.*Período: 0,272. Probabilidades para a abertura do osso pélvico: Tratamento: 0,0557; Período: 0,296; Trat.*Período: 0,05; CV: Coeficiente de variação.

Já para a abertura do osso pélvico, método não invasivo de se avaliar a reprodução, foi encontrada interação significativa entre os diferentes períodos analisados e as diferentes cores de luz aplicadas. Foi possível observar que as aves expostas às cores de luz azul (LED) e vermelha (LED), na fase de recria, apresentaram a maturidade sexual tardia em relação as demais. Já na segunda análise, fase de pré-postura, as aves criadas sob luz azul se mostraram

mais prontas para a produção de ovos, aumentando significativamente a abertura do osso pélvico, sinalizando a antecipação da maturidade sexual.

Estudos têm demonstrado a influência da cor da luz, provenientes de lâmpadas do tipo LED, como técnica de manejo, visando controle do aparecimento da maturidade sexual em aves poedeiras (BOBADILLA et al., 2016; ER et al., 2007; GONGRUTTANANUN, 2011; HUBER-EICHER; SUTER; SPRING-STÄHLI, 2013). Nesses estudos foi observado que os diferentes comprimentos de onda podem regular a síntese e secreção dos hormônios e, com isso, influenciar as características morfofisiológicas das aves, influenciando também a produção, manutenção e qualidade dos ovos na fase de postura.

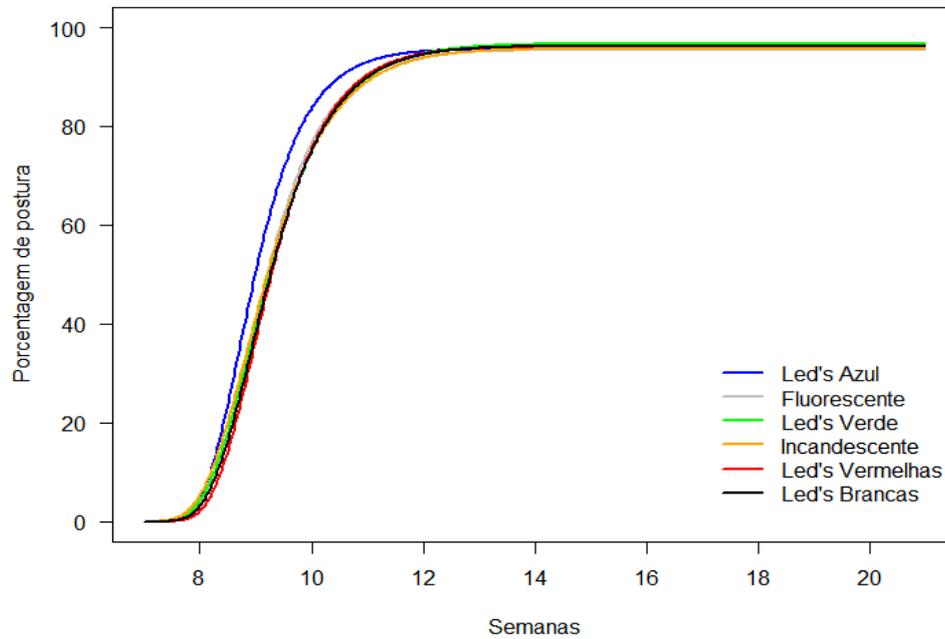
Os comprimentos de onda longos, como a cor de luz vermelha, parecem estimular a reprodução quando comparados aos comprimentos de onda azul e verde. Comprimento de onda longos incitam a produção de hormônios reprodutivos, como o hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), através de estímulos provocados diretamente no hipotálamo e na glândula pineal, influenciando assim o desenvolvimento dos órgãos sexuais e, conseqüentemente, a idade à maturidade sexual (BAXTER et al., 2014; GONGRUTTANANUN, 2011; HASSAN et al., 2013).

Já os comprimentos de onda curtos, estimulam a retina, promovendo a liberação de melatonina e, conseqüentemente, a síntese e liberação do hormônio inibidor de gonadotrofinas (GnIH). Portanto, nas aves, a reprodução parece ser regulada pelo balanço entre efeitos estimulatórios, proporcionados pelos comprimentos de onda longos e dos efeitos inibitórios, através do estímulo pelos comprimentos de onda curtos (BAXTER et al., 2014; SURBHI, 2014).

No entanto, esses efeitos em codornas japonesas ainda não estão completamente estabelecidos. No presente estudo, a cor de luz azul, aplicada durante a fase de crescimento, pareceu estimular o sistema reprodutivo, ao se observar maior peso do estroma e maior abertura de osso pélvico na fase de pré-postura de codornas japonesas criadas sob esta cor de lâmpada. Sendo assim, são necessários mais estudos para elucidar os efeitos dos diferentes comprimentos de onda sobre o desenvolvimento reprodutivo de codornas japonesas.

Ao ajustar a curva de postura (Figura 2), de codornas japonesas criadas sob diferentes cores de luz, observa-se diferenças ($p < 0,05$) no início da produção de ovos.

Figura 2 - Curva de postura ajustadas para codornas japonesas criadas nas fases de cria e recria sob diferentes cores de luz, estimadas pelos modelos de Gompertz de oito a 22 semanas de idade.



Fonte: Do autor (2018).

Por meio do modelo ajustado pela equação de Gompertz (Tabelas 13 e 14), foi possível observar a idade na qual a ave atingiu o máximo de produção de ovos e começou a desacelerar até estabilizar, parâmetro “*b*”, sendo as codornas criadas sob a luz LED azul as mais precoces. As codornas criadas sob essa cor de luz, apresentaram a estabilização na produção de ovos aos 81,65 dias de idade das aves, diferindo em média, cinco dias das aves criadas sob as demais cores de luz.

Tabela 13 - Parâmetros estimados para o ajuste de modelos não lineares, conforme a cor de luz utilizada na fase de crescimento (um a 35 dias de idade) para codornas japonesas, quanto à porcentagem de postura ao longo do tempo.

Tratamentos	Dia de estabilização [#]	Modelo	Parâmetro			R^2_{aj}
			a^*	k^*	b^*	
Azul – LED	81,65	Gompertz	95,70	1,56 a	8,71 b	0,997
Branca Fluorescente	85,99	Gompertz	95,48	1,35 b	8,89 a	0,997
Verde – LED	88,22	Gompertz	96,76	1,25 b	8,91 a	0,999
Amarela Incandescente	87,77	Gompertz	95,77	1,23 b	8,86 a	0,996
Vermelha – LED	86,24	Gompertz	96,18	1,37 b	8,97 a	0,999
Branca – LED	87,24	Gompertz	96,30	1,31 b	8,94 a	0,997

[#] Dia em que atingiu 99% da estabilização da porcentagem de postura, * Parâmetro testado a ($p < 0,05$) pelo Teste de razão de verossimilhança (Tabela 14), “ a ” = porcentagem de postura máximo esperado, “ b ” = idade em semanas onde a ave atinge o máximo de produção de ovos e começa a desacelerar até estabilizar, “ k ” = taxa de entrada em postura, R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado.

Tabela 14 - Teste de razão de verossimilhança, com aproximação de qui quadrado calculado (χ^2), para comparar os parâmetros dos modelos Gompertz, em cada cor de luz, ajustados para a porcentagem de postura de codornas japonesas.

Parâmetros	Modelos	χ^2_{Cal}	Graus de liberdade	p-valor
“a”	a_j, b_j, k_j versus a, b_j, k_j	4,666	5	0,4580
	a, b_j, k_j versus a, b, k_j	38,582	5	<0,0001
“b”	a, b_1, b, k_j versus a, b, k_j	30,630	1	<0,0001
	a, b_j, k_j versus a, b_1, b, k_j	7,952	4	0,0934
	a, b_j, k_j versus a, b_j, k	12,701	5	0,0263
“k”	a, b_j, k_1, k versus a, b_j, k	9,135	1	0,0025
	a, b_j, k_j versus a, b_j, k_1, k	3,566	4	0,4679

As codornas criadas sob a luz LED azul, iniciaram a produção de ovos antes das codornas submetidas as demais cores de luz ($P < 0,05$), comprovado pelo “Parâmetro k ” = 1,56. O parâmetro “ k ” representa a taxa de crescimento na porcentagem de postura, início a postura, quanto maior o valor de “ k ” mais precoce foi a ave e menos tempo foi necessário para que ela atingisse seu valor máximo “ a ” estimado para porcentagem de postura. Esse resultado comprova o maior desenvolvimento reprodutivo dessas aves em comparação àquelas criadas sob as demais cores de luz, uma vez que as aves atingiram a maturidade sexual mais cedo.

Em estudo realizado por Baxter et al. (2014), os autores relataram que não houve diferenças significativas entre as galinhas cegas e com visão, submetidas à luz vermelha, sobre a idade, a maturidade sexual e o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos. Devido a isso, pressupõe-se que a ausência da estimulação dos receptores retiniais apresenta pouca representatividade para o desempenho reprodutivo, quando a estimulação dos receptores extrarretiniais, como o hipotálamo, for fornecida de forma suficiente. Porém, para codornas em fase de crescimento, a cor de luz azul, comprimento de onda curto, parece estimular de forma diferenciada o sistema reprodutivo quando comparado aos frangos de corte.

Além da suspeita dos receptores retiniais não influenciarem a reprodução das aves, Mobarkey et al. (2010) observaram também que a fotoestimulação, na retina das aves, proporcionada pelos comprimentos de onda curtos, causam efeito inibidor sobre a função reprodutiva, enquanto a estimulação dos fotorreceptores extrarretiniais possui efeito ativador, aumentando a expressão do hormônio estimulador de gonadotrofina (GnRH).

É possível que a estimulação da retina, com luz verde e azul, promova a síntese de serotonina, a qual é posteriormente convertida em melatonina durante as fases de escuro, inibindo o eixo reprodutivo através do estímulo na produção do hormônio inibidor de gonadotrofina GnIH (SURBHI, 2014; TSUTSUI et al., 2010), sendo observado o contrário para codornas criadas durante o crescimento sob a cor de luz azul (LED), e posteriormente, na fase de produção, sob a luz branca da lâmpada fluorescente compacta.

Diferente do observado no presente estudo, Kim et al. (2013) observaram que frangos de corte criados sob luz azul atrasaram a idade para maturidade sexual, quando comparado àqueles criados sob luz vermelha e branca. A luz branca, por ter o espectro mais amplo do comprimento de onda, sendo 33% vermelha, também se mostra eficiente em estimular e manter de forma adequada a reprodução (BAXTER et al., 2014).

Assim, Baxter et al. (2014) e Kim et al. (2013) relataram os efeitos significativos para a luz branca em comparação à verde e à azul, quanto à idade da maturidade sexual, se assemelhando aos resultados proporcionadas pela luz vermelha. No entanto, em estudo realizado por Lewis, Caston e Leeson (2007), a luz branca (incandescente) se assemelhou à verde, não apresentando a capacidade de estimular sexualmente as aves.

Li et al. (2014), concluíram que galinhas criadas sob a cor vermelha (LED) em relação àquelas mantidas sob azul (LED), durante o pico de postura, aumentam a produção de ovos. Já Min et al. (2012), por sua vez, observaram que galinhas criadas sob LEDs vermelha e branca iniciaram a postura mais rapidamente que aquelas criadas sob LEDs azul e verde.

Ao contrastar os diversos trabalhos encontrados na literatura, com os resultados obtidos para codornas japonesas submetidas, na fase de crescimento, a diferentes cores de luz, pode-se demonstrar que os distintos comprimentos de onda longos e curtos, emitidos pelas lâmpadas incandescente, fluorescente compacta e LED (Diodo Emissor de Luz), fornecem estímulo luminoso diferenciado, sendo as aves criadas sobre a cor de luz azul, da lâmpada LED, as que alcançaram antecipadamente a maturidade sexual.

Vários estudos observaram que a luz, parte essencial do ambiente físico, é fator exógeno de grande importância que controla o processo reprodutivo nas aves (CAO et al., 2008; NUNES et al., 2013; SURBHI, 2014). O momento em que as aves são estimuladas, fase de crescimento ou de produção, faz toda diferença no resultado final, porém escassos trabalhos relatam o efeito da cor de luz proporcionado às codornas nas fases iniciais da vida.

Quando as codornas são estimuladas na fase de produção, a fotoestimulação provocada pelas diferentes cores de luz, a ave é quantificada de forma diferenciada, quando comparado às aves estimuladas na fase de crescimento. Diante o exposto, atenção especial deve ser dada ao usar diferentes comprimentos de ondas, cores de luz, nas fases de cria, recria e produção de ovos de codornas japonesas.

4 CONCLUSÃO

As diferentes cores de luz, utilizadas na fase de crescimento, estimulam o sistema reprodutor das codornas japonesas de forma distinta, sendo a cor de luz azul (LED), a que antecipou a maturidade sexual das aves.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. Z. et al. Effect of different LED light colors on development of the reproductive system of quail. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 14, n. 7, p. 383, 2015.
- BAXTER, M, N. et al. Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye. **Poultry Science**, College Station, v. 93, p. 1289–1297, 2014.
- BOBADILLA, M. F. et al. Effect of different light sources on reproductive anatomy and physiology of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 30, p. 1-7, 2016.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 26, p. 211-252, 1964.
- CAO, J. et al. Green and blue monochromatic lights promote growth and development of broilers via stimulating testosterone secretion and myofiber growth. **The Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 17, n. 2, p. 211–218, 2008.
- DU PREEZ, J. J.; SALES, J. Growth rate of different sexes of the European quail (*Coturnix coturnix*). **British Journal of Poultry Science**, Dubai, v. 38, p. 314-315, 1997.
- ER, D. et al. Effect of monochromatic light on the egg quality of laying hens. **The Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 16, n. 4, p. 605–612, 2007.
- FERNANDES, T. J. et al. Parameterization effects in nonlinear models to describe growth curves. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 37, n. 4, p. 397-402, 2015.
- FURTADO, D. A. et al. Produção e qualidade de ovos de codornas japonesas submetidas a ambientes com diferentes espectros de luz. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 38, n. 4, 2018.
- GARCIA, E. A.; MOLINO, A. B. Otimizando o desempenho na produção de ovos de codornas. In: CONGRESSO DE PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE OVOS., 8., 2010, São Pedro. **Anais ...** São Pedro: APA, 2010. p. 16-32.
- GONGRUTTANANUN, N. Influence of red light on reproductive performance, eggshell ultrastructure, and eye morphology in thai-native hens. **Poultry Science**, College Station, v. 90, n. 12, p. 2855–2863, 2011.
- HAKAN, B.; ALI, A. Effects of light wavelength on broiler performance. **Hayvansal Üretim**, Bornova, v. 46, n. 6, p. 22–32, 2005.
- HASSAN, M. D. et al. Effect of monochromatic and combined light colour on performance, blood parameters, ovarian morphology and reproductive hormones in laying hens. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 12, n. 3, p. 359–364, 2013.

HUBER-EICHER, B.; SUTER, A.; SPRING-STÄHLI, P. Effects of coloured light-emitting diode illumination on behaviour and performance of laying hens. **Poultry Science**, College Station, v. 92, p. 869–873, 2013.

JÁCOME, I. M. D. T. et al. desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 61, n. 235, p. 449–456, 2012.

KIM, M. J. et al. Growth performance and hematological traits of broiler chickens reared under assorted monochromatic light sources. **Poultry Science**, College Station, v. 92, p. 1461–1466, 2013.

LEWIS, P. D.; CASTON, L.; LEESON, S. Green light during rearing does not significantly affect the performance of egg-type pullets in the laying phase. **Poultry Science**, College Station, v. 86, p. 739–743, 2007.

LEWIS, P. D.; MORRIS, T. R. Poultry and coloured light. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 56, n. 3, p. 189–207, 2000.

LI, D. et al. The effect of monochromatic light-emitting diode light on reproductive traits of laying hens. **Journal of Applied and Poultry Research**, Athens, v. 23, p. 367–375, 2014.

MENDES A. S. et al. Visão e iluminação na avicultura moderna. **Revista Brasileira de Agrociência** Pelotas, v. 16, n. 1/4, p. 05-13, 2010.

MENDES, A. S. et al. Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. **The Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 22, p. 62–70, 2013.

MIN, J. K. et al. Effect of monochromatic light on sexual maturity , production performance and egg quality of laying hens. **Avian Biology Research**, Rushden, v. 5, n. 2, p. 69–74, 2012.

MOBARKEY, N. et al. The role of retinal and extra-retinal photostimulation in reproductive activity in broiler breeder hens. **Domestic Animal Endocrinology**, Stoneham, v. 38, n. 4, p. 235–243, 2010.

NUNES, K. C. et al. LED como fonte de luz na avicultura de postura. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1765–1782, 2013.

OLIVEIRA, B. L. Manejo racional e produtividade das codornas (*Coturnix coturnix* japônica). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Ufla, 2002. 1 CD-ROM.

OSRAM. Disponível em: <<http://www.osram.com.br>>. Acesso em: 05 ago. 2018.

PARVIN, R. et al. Light Emitting Diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for behaviour, physiology and welfare of poultry. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 70, n. 3, p. 543–556, 2014.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear em dados de experimento com delineamento em blocos casualizados. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 3, p. 315-320, 2010.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: terceira edição composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011. 252 p.

SILVA, J. H. V. et al. Exigências nutricionais de codornas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1., 2007, Lavras. **Anais...** Lavras: Ufla, 2007. p. 44-64.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. 235 p.

SURBHI, K. V. Avian photoreceptors and their role in the regulation of daily and seasonal physiology. **General and Comparative Endocrinology**, San Diego, v. 1, p. 13-22, 2014.

TSUTSUI, K. et al. Gonadotropin-Inhibitory Hormone (GnIH) and its control of central and peripheral reproductive function. **Frontiers in Neuroendocrinology**, New York, v. 31, n. 3, p. 284–295, 2010.

CAPÍTULO 4

ARTIGO 3 - CODORNAS JAPONESAS SUBMETIDAS A DIFERENTES CORES DE LUZ, NA FASE DE CRESCIMENTO, E SUA INFLUÊNCIA NO SISTEMA TERMORREGULADOR

Marcelo Espósito¹; Édison José Fassani¹; Paulo Borges Rodrigues¹; Jaqueline De Oliveira Castro².

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras,

²Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras,

Campus Universitário, s/n, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras - MG, Brasil.

RESUMO

Objetivou-se avaliar o impacto da aplicação de diferentes cores de luz, durante a fase de crescimento, sob a fisiologia de codornas japonesas, determinando as variações nas temperaturas da superfície corporal, da cabeça e retal. Foram utilizadas 1554 codornas japonesas fêmeas de um dia de idade. Os tratamentos experimentais foram constituídos por cinco diferentes cores de luz, são elas: amarela (Incandescente), branca (Fluorescente e LED), azul, verde e vermelha (LED). Os mesmos tratamentos foram aplicados ao longo da fase de crescimento (1 a 35 dias de idade). Foram mensurados, semanalmente, o peso de penas e aferidas as temperaturas retal, superficial da cabeça e do corporal. Ao analisar o período de crescimento e pré-postura (um a 45 dias de vida), observou-se que codornas criadas sob diferentes cores de luz, não diferiram quanto ao crescimento das penas. Ao ponderar a temperatura superficial corporal observou que as codornas criadas sob a cor de luz branca (LED) estabilizaram a temperatura superficial corporal mais baixa que as aves dos demais tratamentos ($P < 0,05$). As codornas criadas sob as cores de luz azul, vermelha e amarela estabilizaram ($p < 0,05$) a temperatura superficial corporal mais rapidamente que os demais tratamentos. A temperatura superficial da cabeça diferiu ($p < 0,05$) entre as cores de luz usadas na fase de crescimento. Já para a temperatura retal não houve diferenças entre os tratamentos. A partir do mapeamento termográfico, conclui-se que as diferentes cores de luz, utilizadas nas fases de cria e recria, estimulam as codornas de formas distintas. A homeostase térmica da codorna japonesa é influenciada conforme a cor de luz aplicada na fase de crescimento, alterando a estabilização da temperatura superficial corporal e da cabeça.

Palavras-Chave: Coturnicultura. LED (Diodo emissor de luz). Comprimento de onda. Temperatura de superficial. Termografia.

ABSTRACT

The objective in this study was to evaluate the impact of the different colors of light application during the breeding and rearing phases, under the Japanese quail physiology, determining the variations in body surface, head and rectal temperatures. A total of 1554 one-day-old female Japanese quail were used. The experimental treatments consisted of five different colors of light: yellow (Incandescent), white (Fluorescent and LED), blue, green and red (LED). They were applied throughout the growth phase (1 to 35 days of age). The weight of feathers was measured weekly and also the rectal, superficial head and body temperatures were measured. When analyzing the growth period and pre-laying (one to 45 days of life), it was observed that quail raised under different colors of light did not differ to growing feathers. When considering the body surface temperature, it was observed that the quail raised under the white light (LED) stabilized the body surface temperature lower than the birds of other treatments ($P < 0.05$). Quail raised under blue, red and yellow light stabilized ($p < 0.05$) the body surface temperature faster than the other treatments. The head surface temperature differed ($p < 0.05$) between the colors of light used in the growth phase. As for the rectal temperature, there were no differences between treatments. From the thermographic mapping, it can be concluded that the different wavelengths, used in the breeding and rearing phases, stimulate the quail in different ways. The thermal homeostasis of Japanese quail is influenced according to the color of light applied in the growth phase, altering the stabilization of body and head surface temperature.

Keywords: Coturniculture. LED (Light-Emitting Diode). Wavelength. Surface temperature. Thermography.

1 INTRODUÇÃO

A codorna por ser rústica, apresenta facilidade no manejo de criação, o que reduz a mão de obra, necessitando de pequeno espaço e pouco investimento para iniciar a implantação do sistema de produção (BERTECHINI, 2013). No entanto, o ambiente a que essas aves são submetidas é considerado o principal aspecto no sucesso ou fracasso de qualquer empreendimento avícola, principalmente nas fases iniciais da vida (MACARI, 2002). Dentre os fatores ambientais, as condições térmicas e a luminosidade são algumas variáveis que podem comprometer o bem-estar das aves e como consequência o desempenho produtivo.

A luz é o fator ambiental que controla várias funções fisiológicas essenciais nas aves. Além de estabelecer a ritmicidade alterando o crescimento e a reprodução das aves, a luz pode influenciar na regulação da temperatura corporal através de diversos processos metabólicos como a digestão e a absorção de nutrientes (Olanrewaju et al. 2006).

Atualmente, existem diferentes recomendações de aplicação do programa de luz nas granjas, podendo ser contínuo ou intermitente, ser trabalhado em luz constante, decrescente ou crescente, com diferentes intensidades e comprimentos de onda (cores de luz). Logo, a aplicação do programa de luz adequado para as aves deve ser estudada abordando os vários aspectos que podem influenciar a termorregulação das codornas, e como influenciam seu bem-estar.

Ademais, o surgimento e a utilização de novas tecnologias para a iluminação de galpões, como as lâmpadas monocromáticas, que emitem comprimentos de onda específicos e distintos, faz-se necessária a realização de novos estudos relacionados aos seus efeitos sobre a fisiologia das codornas japonesas e sua possível influência nos parâmetros de dissipação e conservação do calor corporal das aves, pois estes podem influenciar o desempenho zootécnico em ambas as fases: de crescimento e de produção de ovos (BAXTER et al., 2014; MENDES et al., 2013).

Codornas japonesas apresentam diferentes temperaturas superficiais conforme a região corporal observada. Segundo Souza et al. (2013), algumas regiões do corpo da codorna são consideradas importantes sítios de termólise, podendo variar conforme o ambiente onde as aves são expostas.

Dessa forma, a fim de compreender o problema citado e seus efeitos sobre a termorregulação das aves, objetivou-se avaliar o impacto da aplicação de diferentes cores de luz, durante as fases de cria e recria, sob a fisiologia de codornas japonesas, determinando as variações nas temperaturas de superfície corporal, da cabeça e retal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

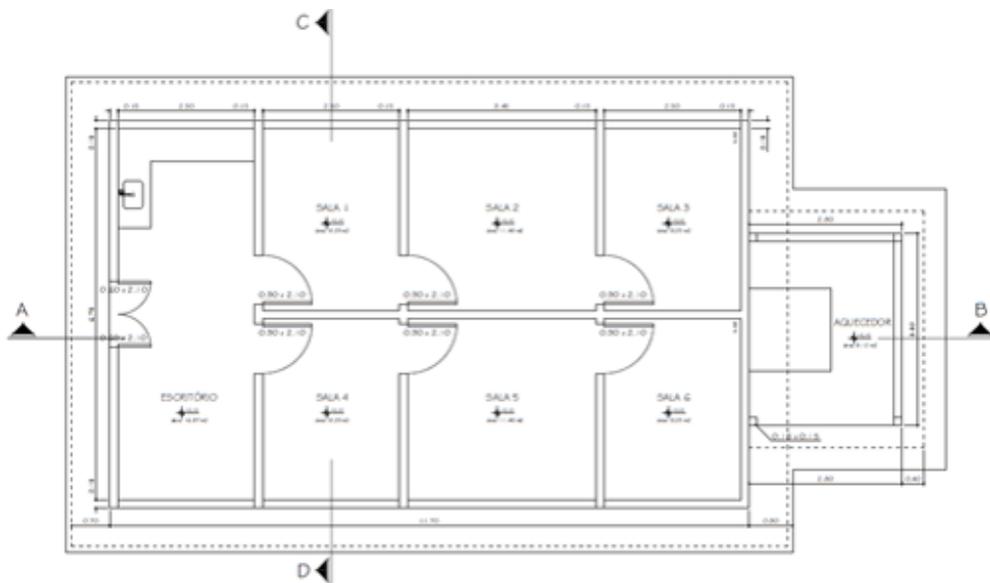
O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras – UFLA, entre os meses de julho a novembro de 2014. Todos os procedimentos foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFLA descrito no protocolo de número 035/13.

O município de Lavras está localizado na mesorregião do Campo das Vertentes no estado de Minas Gerais, com as coordenadas geográficas de latitude 21°14'43'' S, longitude 44°59'59'' W e altitude de 919m. O clima na região é classificado como subtropical úmido.

O experimento foi dividido em duas fases, são elas: crescimento (1 até 35 dias de idade das aves), e de produção de ovos (início da fase de postura 36 dias até 145 dias de idade das aves).

As aves foram alojadas na fase de crescimento em galpão de alvenaria, com seis salas experimentais, para permitir o isolamento luminoso entre as salas (Figura 3). Já na fase de produção as codornas foram alojadas em galpão sem divisões para permitir o manejo homogêneo.

Figura 3 - Planta baixa do galpão de alvenaria para cria e recria de codornas. Escala 1/50.



Fonte: Do autor (2018).

Foram adquiridas 1554 codornas japonesas fêmeas de um dia de idade com peso médio de $7,20 \text{ g} \pm 0,13$, oriundas de incubatório comercial. As aves foram alojadas em galpão de alvenaria composto por seis salas experimentais com isolamento luminoso e mantidas em gaiolas confeccionadas em arame galvanizado (50 cm de largura x 70 cm de profundidade x 25,5 cm de altura), equipadas com comedouro tipo calha, dois bebedouros tipo “nipple” e

bandeja de chapa galvanizada. Em cada gaiola foram alojadas 37 codornas, conferindo a densidade de 94,6 cm²/ave (OLIVEIRA, 2002).

O aquecimento das salas experimentais foi realizado por meio do aquecedor a lenha (Agrobona[®] AB 16-10), para que as temperaturas fossem mantidas dentro do intervalo de conforto para cada semana durante o período de crescimento. Para que não houvesse interferência da luminosidade externa, o galpão foi isolado com cortinas nas laterais. A renovação do ar foi feita por exaustor conectado a um cano de PVC em forma de “L”, o qual impedia a entrada de luz externa dentro da sala experimental.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e sete repetições. O período experimental, durante essa fase, foi de 35 dias. As aves receberam água e ração *ad libitum*, sendo as rações formuladas à base de milho e farelo de soja seguindo as recomendações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2011). Durante o período de crescimento as aves foram alimentadas com a dieta contendo 2900 kcal/kg de energia metabolizável e 22% de proteína bruta.

Aos 21 dias de vida das codornas, foi realizada a debicagem convencional, com o objetivo de controlar o desperdício de ração, o canibalismo e a bicagem de ovos na fase de produção.

Os seis grupos experimentais foram constituídos por diferentes tipos de lâmpadas emitindo diferentes cores de luz, instaladas em cada sala, são elas: amarela (lâmpada incandescente de 25W, mista, 400–1100 nm); branca (lâmpada fluorescente compacta de 15W e LED - diodo emissor de luz, em forma de mangueira 4,4W, monocromática, 380–770 nm); azul (lâmpada LED, em forma de mangueira, 4,4W, monocromática, 435-500 nm); vermelha (LED, em forma de mangueira, 4,4W, monocromática, 630-700 nm); e verde (lâmpada LED, em forma de mangueira, 4,4W, monocromática, 500-565 nm). Todas as lâmpadas LEDs eram Mangueira (LED Cazaa[®], China).

Os ambientes experimentais foram equipados com *timer* para facilitar o controle da iluminação e com termo-higrômetros para o ajuste da temperatura. No primeiro dia, a temperatura foi ajustada para 38 °C com redução de 1 °C a cada três dias até o 21º dia de vida, após essa idade as aves foram mantidas à temperatura ambiente. Além disso, *dataloggers* também foram instalados para o registro a cada minuto da temperatura do ar (°C), da umidade relativa do ar (%) e do ponto de orvalho (°C), os quais foram utilizados para posterior cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU) de cada sala experimental, conforme descrito por Thom (1958) e utilizada por órgãos oficiais em climatologia.

$$ITU = Tbs + 0,36 * Tpo + 41,5$$

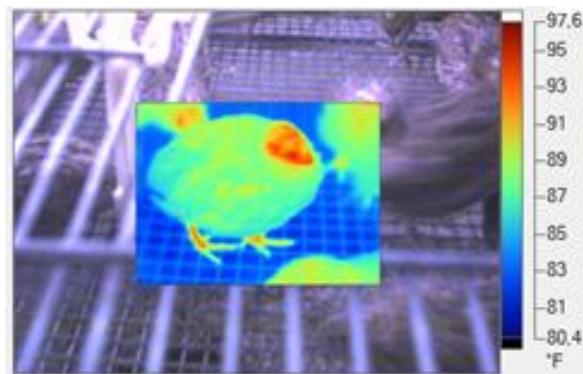
Onde: Tbs = Temperatura do bulso seco (°C), e Tpo = Temperatura do ponto de orvalho (°C).

O período luminoso até os 14 dias de idade foi de 23 horas de luz e uma de escuro e a partir do 15º dia de idade, as aves foram submetidas ao fotoperíodo de 10 horas de luz e 14 de escuro. A intensidade luminosa foi ajustada em todas as parcelas experimentais para 15 lux \pm 1,3 por meio do *dimer*, com auxílio de luxímetro digital.

Ao longo do período de cria e recria foram realizadas eutanásias semanalmente para a quantificação do empenamento das codornas, sendo selecionada uma ave por unidade experimental com base no peso médio da parcela, com variação de \pm 5 %, sendo então identificadas e submetidas a jejum de duas horas. Após o jejum, a eutanásia foi realizada por deslocamento cervical, para posterior remoção das penas, as quais foram quantificadas pela diferença do peso da ave antes e após a depenação. A pesagem foi realizada em balança de precisão de 0,01 g (JewelryScale®, Model A301, China).

A temperatura superficial corporal foi aferida às 9 horas da manhã, a cada cinco dias, desde os cinco dias de vida das aves. A temperatura foi aferida utilizando-se a câmera termográfica (FLUKE® TI 55FT), calibrada considerando a absorção do corpo cinzento ($\epsilon=0,98$; 180x180 pixels). As imagens termográficas foram analisadas, por meio do *software* SmartView (Figura 4). Uma ave em cada foto foi selecionada e circulada isolando a temperatura corporal superficial apenas do corpo da codorna.

Figura 4 - Imagem da Camera termográfica (FLUKE® TI 55FT), analisada no *software* SmartView, para quantificação da temperatura superficial corporal de codornas japonesas submetidas na fase de crescimento a diferentes cores de luz.



Fonte: Do autor (2018).

Aos 35 dias de idade as aves foram transferidas para o galpão de produção. As codornas foram alojadas em gaiolas de postura com dimensões de 32 cm de largura x 38 cm de profundidade x 16 cm de altura, montadas em esquema de baterias com quatro andares e equipadas com comedouro tipo calha, bebedouro tipo “*nipple*” e bandeja de chapa

galvanizada. Em cada gaiola foram alojadas 10 codornas, conferindo a densidade de 121,6 cm²/ave, atendendo às recomendações de Lopes et al. (2006)

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com 14 repetições, onde os blocos consistiram nas laterais norte e sul do galpão, sendo cada altura de gaiola um bloco. As aves receberam água e ração *ad libitum*, sendo as rações formuladas à base de milho e farelo de soja seguindo as recomendações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2011). Durante o período de postura a dieta continha 2800 kcal/kg de energia metabolizável e 18,7% de proteína bruta.

O programa de luz, na fase de postura, foi iniciado após as aves atingirem cinco por cento de postura. Após o início da postura, a duração do período luminoso foi ajustada até a estabilização em 17 horas de luz e 7 horas de escuro. A iluminação foi realizada para o meio da lâmpada fluorescente compacta branca (15W, 380–770 nm).

A partir dos 35 dias até os 45 dias de vida das aves, fase de pré-postura, a cada três dias, foram aferidas as temperaturas cloacal (retal) e superficial da cabeça das aves. A temperatura superficial da cabeça das codornas foi coletada em três pontos pelo termômetro sem contato (pirômetro). A temperatura cloacal (retal) foi aferida pelo sensor de temperatura (PT-100) inserido aproximadamente quatro centímetros na cloaca.

Para a descrição do crescimento das penas das codornas e a estabilização da temperatura superficial corporal, ajustou-se os modelos completos, Gompertz e exponencial (FERNANDES et al., 2015), aos dados de peso das penas e temperatura superficial corporal, respectivamente, e idade, conforme as equações:

$$\text{Modelo Gompertz: } y_i = a - \exp(-\exp(k(b - x_i))) + \varepsilon_i$$

Em que: y_i representa as observações longitudinais do peso das penas das aves; x_i são as idades em dias nas quais foram mensuradas o peso das penas; a representa o peso máximo esperado para a etapa de crescimento; b representa a abcissa do ponto de inflexão da respectiva etapa, nesse ponto o animal atinge o máximo de seu crescimento de penas e começa a desacelerar até estabilizar; k representam o índice de crescimento, quanto maior valor de k mais precoce é o animal e menos tempo é necessário para que ele atinja seu valor máximo a ; e ε_i é o resíduo de ajuste do modelo, o qual pressupõe-se que seja independente e identicamente distribuído com a distribuição normal de modo que $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$.

$$\text{Modelo exponencial: } y_i = a + b \exp(-k x_i) + \varepsilon_i$$

Em que: y_i representa as observações longitudinais da temperatura superficial corporal; x_i são as idades em dias, as quais foram mensuradas as temperaturas; a é o valor final de estabilização da temperatura; k representa a taxa de crescimento, ou seja, a velocidade com

que a temperatura reduz; b é o parâmetro sem interpretação biológica; ε_i é o resíduo de ajuste do modelo, o qual pressupõe-se que seja independente e identicamente distribuído com a distribuição normal de modo que $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$.

Para as variáveis cujos modelos de regressão não linear foram ajustados, testou-se a igualdade de qualquer subconjunto de parâmetros de interesse zootécnicos, por meio da metodologia apresentada por Regazzi e Silva (2010), a qual utiliza o teste da razão de verossimilhança com aproximação pela distribuição qui quadrado, considerando o nível de 5% de significância. As análises foram realizadas com o auxílio do *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2016).

Os resíduos dos modelos ajustados foram testados quanto à pressuposição de normalidade (teste Shapiro-Wilk), homocedasticidade (teste Breush-Pagan) e independência (teste Durbin-Watson). O modelo selecionado foi aquele que, além de atender a essas pressuposições, apresentou maior valor para o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{Aj}) e menor valor para o critério de informação de Akaike (AIC).

As variáveis temperatura superficial da cabeça e retal (cloacal) foram testadas pela análise de variância (ANOVA), e quando essas apresentaram diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, estas foram comparadas pelo teste *Scott-Knott*, considerando o nível de 5% de significância.

Para essas variáveis, foram realizadas as análises de resíduos, sendo testadas hipóteses quanto à normalidade, homocedasticidade e independência dos erros e, quando as pressuposições não eram atendidas, utilizou-se a transformação de variáveis, sugeridas pela família de transformações Box-Cox, cujos detalhes podem ser encontrados em Box e Cox (1964).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fase de crescimento, de um a 35 dias de vida das aves, foram observados os valores médios de 26,68 °C, 62,88 % e 74,96, para temperatura, umidade relativa (UR) e índice de temperatura e umidade ITU, respectivamente (Tabela 15). Já na fase de produção foram observados os valores médios de 26,22 °C, 48,01 % e 72,69 para temperatura, UR e ITU, respectivamente.

Tabela 15 - Médias, máxima e mínima de temperatura (°C), umidade relativa (%) e índice de temperatura e umidade (ITU) quantificados nas salas experimentais para as fases de crescimento e produção. E amplitude térmica registrada no galpão de produção de ovos.

	Fase de crescimento (1 a 35 dias)		
	Temperatura	Umidade	ITU
Média	26,68±0,70*	62,88±4,90	74,96±0,99
Máxima	37,90±1,11	85,30±6,47	87,86±1,57
Mínima	21,53±0,82	41,60±4,27	68,22±0,78
	Fase de produção (36 a 145 dias)		
	Temperatura	Umidade	ITU
Média	26,22	48,01	72,69
Máxima	31,35	76,90	78,73
Mínima	15,75	20,45	60,85
Amplitude	15,60	56,45	-

* Desvio padrão da média calculado entre as salas experimentais.

Como na produção de ovos, as aves estavam alojadas no mesmo ambiente, expostas às condições climáticas do município de Lavras - MG, assim a amplitude térmica foi calculada para facilitar a descrição do clima.

Segundo Ferreira (2016), a definição de conforto térmico é aquela em que a resposta animal ao ambiente é positiva e a demanda ambiental é conciliada com a produção basal de calor, acrescida da produção equivalente à atividade normal de manutenção do animal e do incremento calórico advinda da digestão dos nutrientes. O intervalo de temperatura da zona de conforto é variável de acordo com a fase de criação, o manejo e o ambiente. A zona de termoneutralidade está relacionada com o ambiente térmico ideal, no qual a amplitude é bem estreita. Nessa zona, o animal alcança seu potencial máximo e a temperatura corporal é mantida com mínima utilização de mecanismos termorreguladores (CASTRO, 2014; NASCIMENTO et al., 2009).

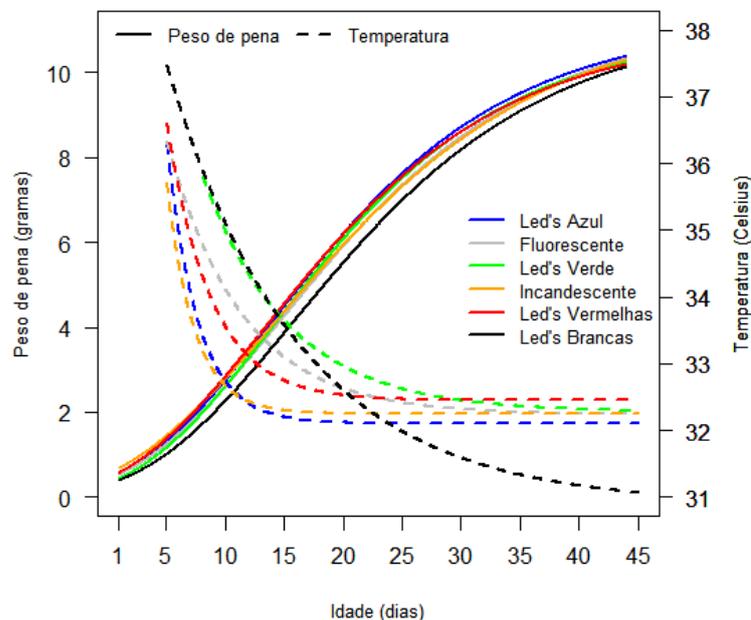
Na primeira semana de vida as codornas exigem temperaturas relativamente altas, variando de 35° a 40°C (MURAKAMI; ARIKI, 1998; OLIVEIRA, 2002). Essa condição ambiental foi atendida durante a fase de cria das codornas usadas neste experimento.

A temperatura ambiente em que as aves são submetidas nas fases iniciais devem ser controladas até o término da fase de cria. O ajuste da temperatura é reduzido com o passar do tempo. Na segunda semana é indicado variar a temperatura entre 32 e 35 °C, na terceira de 28 a 32 °C, sendo que a partir dos 22 dias de idade, as codornas já conseguem regular sua temperatura corporal, não sendo necessário mais o aquecimento do ambiente (MURAKAMI; ARIKI, 1998). Foi proporcionado às codornas, criadas durante a fase de crescimento, tal condição ambiental, assegurando o conforto térmico às aves na fase de crescimento.

Para a fase de produção, a zona de conforto térmico varia de 18 a 28 °C, segundo Oide (2013). Alguns autores afirmaram que a zona de termoneutralidade para as codornas, na fase de postura, situa-se entre 18 e 22 °C (MURAKAMI; ARIKI, 1998). Segundo os dados ambientais obtidos no galpão de produção contrastando com as recomendações para a fase, pôde-se observar que as aves na fase de produção, em determinados períodos passaram estresse por calor ou por frio.

O efeito das diferentes cores de luz aplicadas às codornas japonesas na fase de crescimento para o perfil térmico e o empenamento das aves estão apresentados na Figura 5.

Figura 5 - Temperatura superficial corporal (°C) versus empenamento (g) ajustadas para codornas japonesas, estimadas pelos modelos Exponencial e Gompertz, respectivamente, de um a 45 dias de idade das aves criadas na fase de crescimento (um a 35 dias) sob diferentes cores.



Fonte: Do autor (2018).

Ao analisar o período de crescimento e pré-postura (um a 45 dias de vida das aves) (Tabelas 16 e 17), pôde-se observar que codornas criadas sob diferentes cores de luz não diferiram quanto ao crescimento das penas.

O estímulo luminoso exerce papel importante sobre o crescimento das aves e tem sido comprovado que a cor da luz afeta o comportamento delas (JÁCOME et al., 2012; LEWIS; MORRIS, 2000). Assim, a cor da luz emitida pelas lâmpadas pode interferir na atividade das aves, podendo causar estresse, levando a comportamentos agressivos como o arranque de penas. No presente estudo, as diferentes cores de luz, usadas nas fases de cria e recria, não proporcionaram esse tipo de comportamento agnóstico ao ponto de comprometer o crescimento das penas.

Tabela 16 - Parâmetros estimados para o ajuste de modelos não lineares, conforme a cor de luz utilizada na fase de crescimento (1 a 35 dias de idade) para codornas japonesas, quanto ao peso das penas (g) ao longo do tempo.

Tratamentos	Modelo	Parâmetro			$R^2_{aj.}$
		a^*	k^*	b^*	
Azul – LED	Gompertz	11,17	0,086	13,89	0,993
Branca – Fluorescente	Gompertz	11,32	0,081	15,73	0,990
Verde – LED	Gompertz	10,98	0,089	14,10	0,992
Amarela – Incandescente	Gompertz	11,42	0,077	14,49	0,997
Vermelha – LED	Gompertz	10,95	0,086	13,49	0,993
Branca – LED	Gompertz	11,19	0,082	15,76	0,969

*Parâmetro testado a ($p < 0,05$) pelo teste de razão de verossimilhança (Tabela 17), “ a ” = peso assintótico ou peso de penas máximo esperado, “ b ” = valor sem interpretação biológica, “ k ” = taxa de crescimento das penas, $R^2_{aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado.

Tabela 17 - Teste de razão de verossimilhança, com aproximação de qui quadrado calculado (χ^2), para comparar os parâmetros dos modelos Gompertz, em cada cor de luz, ajustados para o peso das penas (g) de codornas japonesas em crescimento.

Parâmetros	Modelos	χ^2_{Cal}	Graus de liberdade	p-valor
“ a ”	a_j versus a	0,532	5	0,9909
“ k ”	k_j versus k	2,870	5	0,7200
“ b ”	b_j versus b	7,714	5	0,1727

Ao analisar a temperatura superficial corporal (TSC) (Tabelas 18 e 19), no período de crescimento e pré-postura (um a 45 dias de vida), pôde-se observar que as codornas criadas sob a cor de luz branca (LED) estabilizaram a TSC mais baixa que os demais tratamentos, “parâmetro a ” ($p < 0,05$), e levaram mais dias para obter a estabilização.

Tabela 18 - Parâmetros estimados para o ajuste dos modelos exponenciais, conforme a cor de luz utilizada na fase de crescimento (um a 35 dias de idade) para codornas japonesas, quanto para a temperatura superficial corporal (°C) ao longo do tempo.

Tratamentos	Dia de estabilização [#]	Parâmetro			R^2_{aj}
		a^*	k^*	b^*	
Azul – LED	11,6	32,10 a	0,392 a	29,895	0,951
Branca – Fluorescente	20,8	32,24 a	0,161 b	9,132	0,870
Verde – LED	24,9	32,28 a	0,141 b	10,894	0,729
Amarela – Incandescente	10,4	32,25 a	0,439 a	31,004	0,881
Vermelha – LED	14,3	32,45 a	0,273 a	16,297	0,962
Branca – LED	38,3	30,89 b	0,092 b	10,425	0,947

[#]Dia em que atingiu 99% da estabilização da temperatura corporal; *Parâmetro testado a ($p < 0,05$) pelo teste de razão de verossimilhança (Tabela 19), “ a ” = temperatura corporal máxima esperada, “ b ” = índice sem interpretação biológica, “ k ” = taxa ou velocidade em que a temperatura corporal reduz, R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado.

Tabela 19 - Teste de razão de verossimilhança, com aproximação de qui quadrado calculado (χ^2), para comparar os parâmetros dos modelos Exponenciais, em cada cor de luz, ajustados para a temperatura superficial corporal (°C) de codornas japonesas em crescimento.

Parâmetro	Modelos	χ^2_{cal}	Graus de liberdade	p-valor
“ b ”	b_j versus b	9,478	5	0,0914
	k_j versus k	24,098	5	0,0002
	k_1, k_4 versus k	0,093	1	0,7599
“ k ”	k_1, k_4, k_5 versus k	2,437	2	0,2956
	k_1, k_4, k_5, k_2 versus k	9,181	3	0,0270
	k_2, k_3 versus k	0,084	1	0,7726
	k_2, k_3, k_6 versus k	2,500	2	0,2866
“ a ”	a_j versus a	13,180	5	0,0217
	a_6, a_1 versus a	7,643	1	0,0005
	a_1, a_2 versus a	0,168	1	0,6819
	a_1, a_2, a_4 versus a	0,330	2	0,8480
	a_1, a_2, a_4, a_3 versus a	0,326	3	0,9551
	a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 versus a	1,209	1	0,8767

As fases de cria e recria são consideradas fases fotossensíveis para as codornas, a qual a iluminação exerce funções sobre o crescimento, o comportamento e o sistema reprodutivo das aves (BAXTER et al., 2014; LEWIS; MORRIS, 2000; MENDES et al., 2010). Através dos resultados obtidos, verificou-se que as diferentes cores de luz e lâmpadas, usadas na fase de crescimento, influenciaram a termorregulação de codornas japonesas.

Estudos conduzidos por Hakan e Ali (2005) e Olanrewaju et al. (2006) demonstraram que as aves possuem percepção de cores e respondem aos comprimentos de onda longos de forma distinta quando confrontado aos comprimentos de onda curtos. Esses mesmos autores observaram que os raios no final do espectro, como o laranja e o vermelho, comprimentos de onda longos, possuem poder de penetração transcraniana mil vezes maior que as cores do início do espectro, exercendo esses comprimentos de onda maior poder de excitação, estimulando as aves de forma diferenciada. Essa percepção diferenciada da cor da luz, estimula a produção e dissipação de calor, pelo sítio de termólise, como a cabeça, de forma distinta, confirmando a fotoestimulação de forma individualizada pelo comprimento de onda curto ou longo.

Yang et al. (2016) observaram que frangos de corte mantidos sob lâmpada LED verde apresentaram maior temperatura corporal do que aqueles mantidos em tratamento com a mistura de cores azul e verde (LED). Segundo os autores, a diferença na temperatura corporal sugere que a cor da luz pode alterar a fisiologia das aves de duas maneiras, são elas: ao liberar o hormônio da tireoide ou alterando o comportamento da ave, aumentando o nível de atividade motora. Essa conclusão reforça a afirmação feita por Modrey e Nichelmann (1992) de que a regulação da temperatura corporal em animais endotérmicos é realizada tanto por mecanismos autônomos quanto comportamentais e que ambos não deixam de estar relacionados.

Para as codornas criadas sob as cores de luz azul e verde, durante toda a fase de crescimento (um a 35 dias de vida), não apresentaram diferenças ($p > 0,05$) na temperatura superficial, podendo ser admitido que a percepção da luz, pelas diferentes espécies de aves, não ocorre de forma igual (Tabela 18).

Para codornas japonesas mantidas na fase de crescimento sob luz LED branca, foi possível observar estabilização da temperatura corporal mais baixa, sugerindo menor produção de calor para manutenção da homeostase térmica. Como os mecanismos de dissipação de calor estão ligados aos mecanismos autônomos e comportamentais, a hipótese possível de ser levantada a respeito da menor temperatura corporal apresentada por essas aves, é que ocorreu a junção dos dois mecanismos, autônomo e comportamental, devido ao fato de o empenamento ter sido igual para todos os tratamentos aplicados.

As aves criadas sob luz LED branca, possivelmente, ficaram mais tranquilas, com redução do comportamento agitado, além da possível redução da estimulação para a produção de hormônio tireoidiano, tendo como consequência a redução na produção de calor endógeno. Sendo necessário mais estudos para verificação de qual ou quais mecanismos foram ativados efetivamente.

Ao analisar o parâmetro k , taxa ou velocidade em que a temperatura corporal reduz até estabilizar (Tabela 18), no período de crescimento de um a 45 dias de vida, detectou-se diferença ($p < 0,05$) para as codornas criadas sob as cores de luz azul (LED), vermelha (LED) e amarela (incandescente), as quais estabilizaram a temperatura superficial corporal mais rapidamente que os demais tratamentos. Segundo o ajuste feito através da equação exponencial, no qual 99% da estabilização ocorreu com 11,6 dias de vida para codornas criadas sob a cor de luz azul (LED), com 10,4 dias para as aves criadas sob a cor de luz amarela (incandescente) e com 14,3 dias para as aves criadas sob a cor de luz vermelha (LED).

As codornas dispõem do centro termorregulador localizado no hipotálamo. Esse órgão é capaz de controlar a temperatura corporal através de mecanismos fisiológicos e respostas comportamentais, mediante a produção e liberação de calor, determinando assim, a manutenção da temperatura corporal (MACARI et al., 2002). O desenvolvimento dessa habilidade termorreguladora do hipotálamo nas aves, de acordo com os mesmos autores, estabiliza em sua plenitude entre o 10° ao 15° dia de vida das aves, o que está de acordo ao observado para as codornas criadas sob as luzes azul (LED), vermelha (LED) e amarela (incandescente).

Murakami e Ariki (1998), relataram ainda que a estabilização da atividade termorreguladora do hipotálamo ocorre até o 21° dia de vida na codorna, recomendando a retirada do sistema de aquecimento a partir do 22° dia de idade das aves, pois, nesta idade as codornas já conseguem regular sua temperatura corporal, não sendo necessário mais o aquecimento do ambiente. Para as codornas criadas sob as cores branca (fluorescente) e verde (LED), a recomendação se aplica, porém, para as codornas criadas sob a cor branca (LED), 99% da estabilização da temperatura corporal ocorreu no 38° dia de vida das aves, indicando alteração no sistema regulador hormonal ou comportamental para a homeostase da temperatura corporal.

Foi possível observar que as diferentes cores de luz e lâmpadas usadas nas fases de cria e recria, alteram a estabilização da temperatura superficial corporal de codornas japonesas. Dependendo do comprimento de onda usado, o estímulo para estabilização da habilidade termorreguladora do hipotálamo foi antecipado ou atrasado.

Houve efeito das cores de luz sobre a temperatura superficial da cabeça ($p < 0,05$) (Tabela 20) na fase de crescimento. Já para a temperatura retal não houve diferença significativa entre as diferentes cores de luz.

Tabela 20 – Temperaturas médias (°C) da cabeça e retal de codornas japonesas, com idade de 35 a 45 dias de vida, submetidas durante as fases de cria e recria (um a 35 dias de idade) a diferentes cores de luz.

	Pré-postura (35 a 45 dias de vida)	
	°C cabeça	°C retal
Azul – LED	32,8 C	41,7
Branca – Fluorescente	33,6 B	41,7
Verde – LED	33,1 C	41,4
Amarela – Incandescente	34,2 A	41,7
Vermelha – LED	34,1 A	41,6
Branca – LED	33,7 B	41,5
CV (%)	1,25	0,71
Probabilidade	<0,001	0,228

Médias da variável seguida de letras distintas, na coluna, diferem pelo teste *Scott-Knott* ($P < 0,05$), CV – Coeficiente de variação.

As vias de percepção da luz nas aves estão localizadas em três regiões: nos olhos (retina), na glândula pineal e no hipotálamo (BAXTER et al., 2014; MOBARKEY et al., 2010; SURBHI, 2014). Os mecanismos neuroendócrinos que controlam as funções fisiológicas, de crescimento, reprodutivas e comportamentais nas aves são os estímulos luminosos proporcionados aos receptores retiniais e extrarretiniais (BAXTER et al., 2014; MENDES et al., 2010; NUNES et al., 2013).

Diferentemente do que ocorre em mamíferos, nas aves, a luz consegue penetrar através do osso craniano estimulando diretamente os fotorreceptores extrarretiniais (OISHI; OHASHI, 1993). Essa diferença de percepção dos estímulos luminosos sensibiliza mais a ave, podendo modificar bruscamente algumas variáveis fisiológicas, como a temperatura superficial da cabeça.

Segundo Foster e Follett (1985), além dos olhos, os fotorreceptores extrarretiniais, localizados no hipotálamo e na glândula pituitária são altamente sensíveis aos diferentes comprimentos de onda e estão envolvidos na transdução da fotoestimulação em sinal biológico. Portanto, aves submetidas ao mesmo fotoperíodo com diferentes cores de luz podem apresentar respostas fisiológicas diferenciadas, o que vai de acordo ao observado na presente pesquisa.

As aves submetidas aos comprimentos de onda curtos, como o azul e o verde, dependem, principalmente, da fotoestimulação da retina através das células chamadas “Cones” (LEWIS; MORRIS, 2000). Essas cores de luz não são eficientes na fotoestimulação extrarretinal, sendo esse o motivo para a menor temperatura na cabeça das aves.

A cor de luz branca (fluorescente e LED), por ter o espectro mais amplo de luz, sendo constituída de 33% do comprimento de onda vermelha, consegue estimular e manter de forma adequada o hipotálamo e a glândula pituitária (BAXTER et al., 2014; BOBADILLA et al., 2016), o que foi observado pelo aumento da temperatura da cabeça das codornas criadas nessa cor de luz.

Já os comprimentos de onda longos, como a vermelha (LED) e o amarelo (incandescente), estimularam efetivamente os fotorreceptores extrarretinais presentes no hipotálamo e glândula pituitária, induzindo à expressão do hormônio estimulante da tireoide (THS), o que pode ter ativado o metabolismo produzindo mais calor. Esse fato justifica a maior temperatura superficial da cabeça de codornas, criadas durante a fase de crescimento, sob os comprimentos de ondas longos.

A cabeça da codorna, por apresentar regiões sem penas e possuir maior vascularização, apresenta maior potencial de dissipação de calor sensível, sendo considerada um sítio de termólise (NÃÃS et al., 2010). Assim, através da mensuração da temperatura da cabeça na fase de pré-postura (35 a 45 dias de vida), foi possível observar que os estímulos proporcionados pelos diferentes comprimentos de onda, aplicados na fase de crescimento, são duradouros, persistindo seus efeitos sobre a fisiologia da termorregulação em codornas japonesas, mesmos após a suspensão do estímulo luminoso.

A temperatura retal (cloacal) mensurada (Tabela 20) não apresentou diferença significativa entre as cores de luz usadas. As codornas são consideradas animais endotérmicos, e a temperatura do núcleo corporal de aves encontra-se em torno de 41,7 °C (ABREU; ABREU, 2011). Os dados encontrados na presente pesquisa estão de acordo com a literatura, com média de 41,6 °C.

Foi possível observar que embora o corpo dos animais homeotérmicos tente manter o estado de equilíbrio, a homeostase, em algumas situações não é mantida, obtendo respostas variadas aos estímulos ambientais proporcionados às aves na fase de crescimento, como no caso do estímulo luminoso que diferiu ($p < 0,05$) entre as diferentes cores de luz usadas.

4 CONCLUSÃO

Diferentes cores de luz, utilizadas nas fases de cria e recria, estimulam as aves de formas distintas. A homeostase térmica de codorna japonesa é influenciada conforme a cor de luz utilizada na fase de crescimento, alterando a estabilização da temperatura superficial corporal e da cabeça.

REFERÊNCIAS

- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 256, p. 1-14, 2011.
- BAXTER, M. N. et al. Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye. **Poultry Science**, College Station, v. 93, p. 1289–1297, 2014.
- BERTECHINI A. G. Situação atual e perspectivas da coturnicultura industrial. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, 5., e CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, 4., 2013, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2013. p. 15.
- BOBADILLA, M. F. et al. Effect of different light sources on reproductive anatomy and physiology of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 30, p. 1-7, 2016.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 26, p. 211-252, 1964.
- CASTRO, J. O. **Avaliação e modelagem no desempenho de codornas japonesas em postura submetidas a diferentes ambientes térmicos**. 2014. 71 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- FERNANDES, T. J. et al. Parameterization effects in nonlinear models to describe growth curves. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 37, n. 4, p. 397-402, 2015.
- FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. 3. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2016. 526 p.
- HAKAN, B.; ALI, A. Effects of light wavelength on broiler performance. **Hayvansal Üretim**, Bornova, v. 46, n. 6, p. 22–32, 2005.
- JÁCOME, I. M. D. T. et al. Desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 61, n. 235, p. 449–456, 2012.
- LEWIS, P. D.; MORRIS, T. R. Poultry and coloured light. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 56, n. 3, p. 189–207, 2000.
- LOPES, I. R. V. et al. Efeito da densidade de alojamento e do nível de energia metabolizável da ração sobre o desempenho zootécnico e características dos ovos de codornas japonesas. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 37, n. 3, p. 369-375, 2006.
- MACARI, M. et al. **Fisiologia aviária aplicadas a frangos de corte**. 2. ed. Campinas: FACTA, 2002. 375 p.
- MENDES, A. S. et al. Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. **The Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 22, p. 62–70, 2013.
- MENDES A. S. et al. Visão e iluminação na avicultura moderna. **Revista Brasileira de Agrobiologia**, Pelotas, v. 16, n. 1/4, p. 05-13, 2010.

- MOBARKEY, N. et al. The role of retinal and extra-retinal photostimulation in reproductive activity in broiler breeder hens. **Domestic Animal Endocrinology**, Stoneham, v. 38, n. 4, p. 235–243, 2010.
- MODREY, P.; NICHELMANN, M. Development of autonomic and behavioural thermoregulation in Turkeys (*Meleagris Gallopavo*). **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 17, n. 6, p. 287–292, 1992.
- MURAKAMI, A. E.; ARIKI, J. **Produção de codornas japonesas**. Jaboticabal: Funep, 1998. 79 p.
- NÄÄS, I. A. et al. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 5, p. 497-502, 2010.
- NASCIMENTO, S. T. et al. Estudos preliminares de tolerância ao estresse térmico de duas linhagens comerciais de frangos de corte na sexta semana de produção. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 28., e CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ZOOTECNIA, 2., 2009, **Anais...** Vila Real: UTAD, 2009. p. 474.
- NUNES, K. C. et al. LED como fonte de luz na avicultura de postura. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 9, n. 17, p. 1765–1782, 2013.
- OIDE, M. M. Ambiente e sistemas de climatização. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, 5., e CONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, 4., 2013, Lavras. **Anais...** Lavras: Ufla, 2013. 1 CD-ROM.
- OISHI, T.; KIYONO, O. Effects of wavelengths of light on the photoperiodic gonadal response of blinded-pinealectomized japanese quail. **Zoological Science**, Tokyo, v. 10, p. 757–762, 1993.
- OLANREWaju, H. A. et al. A review of lighting programs for broiler production. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 5, n. 4, p. 301–308, 2006.
- OLIVEIRA, B. L. Manejo racional e produtividade das codornas (*Coturnix coturnix* japônica). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 1., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Ufla, 2002. 1 CD-ROM.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016.
- REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear em dados de experimento com delineamento em blocos casualizados. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 3, p. 315-320, 2010.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 252 p.
- SOUZA JÚNIOR J. B. F. et al. Thermography evaluation of japanese quail (*Coturnix coturnix* japonica). **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, Mossoró, v. 1, p. 61-64, 2013.

SURBHI, K. V. Avian photoreceptors and their role in the regulation of daily and seasonal physiology. **General and Comparative Endocrinology**, San Diego, v. 1, p. 13-22, 2014.

THOM, E. C. Cooling degree: day air conditioning, heating and ventilating. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 55, n. 7, p. 65-72, 1958.

YANG, Y. et al. A new method to manipulate broiler chicken growth and metabolism: response to mixed LED light system. **Scientific Reports**, Tokyo, v. 6, p. 1–10, 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o surgimento e a utilização de novas tecnologias para a iluminação de galpões, e sabendo que as cores de luz, usadas nas fases de cria e recria, influenciam o crescimento, o sistema reprodutor e a termorregulação de codornas japonesas, tornam-se necessários estudos relacionados, as novas lâmpadas presentes no mercado, ao possível estresse causado e seus efeitos sobre os parâmetros de desempenho produtivos de codornas japonesas.

Recomenda-se a utilização da luz branca, com lâmpadas fluorescente compacta ou LED, em programa de luz contínuo para codornas japonesas em fase de crescimento, visando à maximização da produção na fase de postura.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, CAPES e UFLA, pelo apoio na realização e divulgação dos dados obtidos neste experimento e à empresa VICAMI Codornas, pela doação das aves.

ANEXO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

Cx.P.3037 - Lavras – MG – 37200-000 – (35) 3829-5182 cba@nintec.ufla.br

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo nº 035/13, relativo ao projeto intitulado Tipos de luz em programa de iluminação contínuo durante as fases de cria e recria sobre a produção e qualidade dos ovos em codornas japonesas., que tem como responsável Édison José Fassani está de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, adotados pela comissão de ética no uso de animais (comissões permanentes/prp-ufla), tendo sido aprovado na reunião de 25/07/2013.

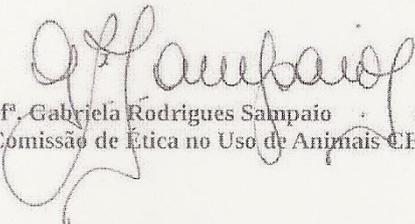
início do projeto:01/08/2013 - término do projeto:01/05/2015

CERTIFICATE

We hereby certify that the Protocol nº 035/13, related to the project entitled "Types of light in continuous lighting program during growing phases on production and egg quality in Japanese quail.", under the supervision of Édison José Fassani, is in agreement with the Ethics Principles in Animal Experimentation, adopted by the Institutional Animal Care and Use Committee (Standing Committees/PRP-UFLA), and was approved in July 25, 2013.

Project's beginning:01/08/2013 - Project's end:01/05/2015

Lavras, 25 de julho de 2013


Prof.ª Gabriela Rodrigues Sampaio
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais CEUA

Universidade Federal de Lavras
Pró-Reitoria de Pesquisa /Comissões Permanentes
Campus Universitário -
Caixa Postal 3037 / CEP 37200 000 – Lavras, MG - Brasil
Tel.: +55 (35) 3829 5182
cba@nintec.ufla.br - www.prp.ufla.br