



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**LED DE DIFERENTES CORES COMO ALTERNATIVA
SUSTENTÁVEL PARA ILUMINAÇÃO DE POEDEIRAS
COMERCIAIS**

RODRIGO BORILLE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de Concentração: Produção Animal

Dourados-MS

Fevereiro de 2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**LED DE DIFERENTES CORES COMO ALTERNATIVA
SUSTENTÁVEL PARA ILUMINAÇÃO DE POEDEIRAS
COMERCIAIS**

RODRIGO BORILLE

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia
Co Orientadoras: Prof^a. Dr^a. Ibiara Correia de Lima
Almeida Paz e
Prof^a. Dr^a. Fabiana Ribeiro Caldara

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de Concentração: Produção Animal

Dourados-MS

Fevereiro de 2013

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD

636.5
B734c

Borille, Rodrigo.

LED de diferentes cores como alternativa sustentável para a iluminação de poedeiras comerciais / Rodrigo Borille. – Dourados, MS : UFGD, 2013.

69p.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Aves. 2. Cores de luz. 3. Visão. 4. Qualidade de ovos. I. Título.

**LED DE DIFERENTES CORES COMO ALTERNATIVA
SUSTENTÁVEL PARA ILUMINAÇÃO DE POEDEIRAS
COMERCIAIS**

por

Rodrigo Borille

**Defesa apresentada como partes dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em
Zootecnia**

Aprovado: ____ de _____ de _____

**Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia
Orientador – UFGD/FCA**

**Prof. Dr. Ianglio Marcio Travassos Duarte Jácome
UFSM/CESNORS**

**Prof^a. Dr^a. Fabiana Ribeiro Caldara
UFGD/FCA**

“O encontro da preparação com a oportunidade gera o rebento que chamamos de sorte.”

(Anthony Robbins)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela vida, coragem de enfrentar as dificuldades e, oportunidade de alcançar minhas conquistas.

Ao meu orientador Dr. Rodrigo Garófallo Garcia pelos ensinamentos, exemplo de profissional e de vida, ajuda, paciência, amizade, confiança e credibilidade em mim depositada.

À Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados pela disponibilidade da estrutura necessária para execução do projeto.

A CAPES pela ajuda financeira aos meus estudos.

Aos (as) professores (as) Fabiana Ribeiro Caldara, Ibiara Correia de Lima Almeida Paz e Irenilza de Alencar Nääs, João Dimas Graciano, Leonardo Seno, e Ianglio Marcio T. D.

Jácome pelo excelente exemplo, amizade e ensino.

Aos meus colegas e amigos Ana Flávia Basso Royer, Mayara Rodrigues Santana, Sandro Colet, Bruna Barreto, Elder Soares Rosa, Vívian Castilho, Marta Moi, Marília Carvalho Figueiredo Alves, Keni Nubiato, Luiz Gustavo C. Alves e, Nayara Francisco pelo companheirismo, amizade e por me ajudarem nos momentos difíceis contribuindo para o cumprimento de mais esta etapa na minha vida.

Aos funcionários Guilherme, João (Joãozinho) e Ramon que trabalharam incansavelmente no setor de avicultura da UFGD durante a realização do experimento.

À minha namorada e companheira Cristina Campos e à minha família (Mãe, Pai, Maeli e Roger) pela compreensão, ajuda e apoio em mim depositado em todos os momentos.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| Resumo | 10 |
| Abstract..... | 11 |
| CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 12 |
| CAPÍTULO I: Revisão Bibliográfica | 14 |
| Revisão Bibliográfica | 15 |
| Formas de percepção da luz pelas aves e seus efeitos relacionados à produção | 14 |
| Cores de luz e seus efeitos na avicultura..... | 16 |
| Tipos de fontes de iluminação e seus efeitos na produção de ovos | 19 |
| Utilização de LED na iluminação artificial de aves..... | 21 |
| Referências Bibliográficas..... | 21 |
| CAPÍTULO II: Uso de diodos emissores de luz na produção de poedeiras comerciais.. | 29 |
| Resumo | 30 |
| Abstract..... | 30 |
| Introdução | 32 |
| Material e Métodos | 34 |
| Resultados e Discussão | 36 |
| Conclusão..... | 44 |
| Referências Bibliográficas | 63 |
| CAPÍTULO III: Diferentes cores de LED na produção de ovos de poedeiras comerciais em segundo ciclo..... | 48 |
| Resumo | 49 |
| Abstract | 50 |
| Introdução | 51 |
| Material e Métodos | 52 |
| Resultados e Discussão | 54 |
| Conclusão..... | 63 |
| Referências Bibliográficas | 63 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 68 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II: Uso de diodos emissores de luz na produção de poedeiras comerciais

- Tabela 1. Produção de ovos/dia (%) de poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LED na iluminação artificial em comparação a lâmpada incandescente36
- Tabela 2. Consumo de ração (g por ave por dia) de poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LED na iluminação artificial em comparação a lâmpada incandescente38
- Tabela 3. Peso médio dos ovos (g) de poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LED na iluminação artificial em comparação a lâmpada incandescente39
- Tabela 4. Altura de albúmen (mm) de ovos de poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LED na iluminação artificial em comparação a lâmpada incandescente.....41
- Tabela 5. Unidade Haugh de ovos de poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LED na iluminação artificial em comparação a lâmpada incandescente42
- Tabela 6. Gravidade específica (g/cm^3) de ovos de poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LED na iluminação artificial em comparação a lâmpada incandescente43

CAPÍTULO III: Diferentes cores de LED na produção de ovos de poedeiras comerciais em segundo ciclo

- Tabela 1. Produção de ovos/dia (% Prod), produção total acumulada no período de 14 dias (Prod Ac), peso médio do ovo (PO), consumo médio de ração por ave por dia (Cons/A/D) e massa de ovos (M Ovos) de galinhas poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LEDs na iluminação artificial.55
- Tabela 2. Unidade Haugh (H Haugh), gravidade específica ou peso específico (Gravi), espessura de casca (Esp Casc) e altura de albúmen (A Alb) de galinhas poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LEDs na iluminação artificial.59
- Tabela 3. Índices de porcentagem dos componentes dos ovos: porcentagem de albúmen (% Alb), peso de albúmen (P Alb), porcentagem de gema (% Gem), peso de gema (P Gem), porcentagem de casca (% Cas) e peso de casca (P Cas) de galinhas poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LEDs na iluminação artificial.....62

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Espectro de sensibilidade relativo das aves e humanos..... | 19 |
|--|----|

Borille, Rodrigo. LED DE DIFERENTES CORES COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA ILUMINAÇÃO DE POEDEIRAS COMERCIAIS. 2013 Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, 2013.

Resumo: O desempenho reprodutivo das galinhas poedeiras é altamente dependente do adequado controle da luz e os seus efeitos têm sido objeto de importantes estudos desenvolvidos sobre o desempenho reprodutivo. A pesquisa foi dividida em duas etapas (primeiro e segundo ciclo) com os objetivos: experimento 1 - avaliar os efeitos da substituição de lâmpadas incandescentes por LEDs de diferentes cores, na iluminação de poedeiras comerciais em primeiro ciclo de postura, sobre os índices produtivos e de qualidade dos ovos e; experimento 2 - avaliar a influência das diferentes cores de LEDs na iluminação de poedeiras comerciais em segundo ciclo de postura, sobre os índices produtivos e de qualidade dos ovos. Para o primeiro experimento foram utilizadas 360 poedeiras comerciais, com 56 semanas de idade, divididas em 24 tratamentos (LED azul, LED amarelo, LED verde, LED branco, LED vermelho e lâmpada incandescente e, 4 períodos), com 3 repetições de 20 aves, em um delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas. Os resultados obtidos demonstraram que houve maior produção de ovos/dia (%) ($p < 0.05$) quando as poedeiras foram submetidas a iluminação com LED vermelho, LED branco e lâmpada incandescente. Os demais índices avaliados não foram influenciados ($p > 0.05$) pelas cores ou tipo de luz. No segundo experimento, foram utilizadas 300 poedeiras comerciais com idade inicial de 91 semanas (segundo ciclo de postura). Foi adotado o delineamento em quadrado latino com 5 tratamentos: LED azul, amarelo, vermelho, branco e verde (em 5 períodos e, 5 boxes). Os índices produtivos e de qualidade dos ovos não sofreram quaisquer influências ($p > 0.05$) entre as cores avaliadas.

Palavras-chave: aves, cores de luz, visão, qualidade de ovos.

Borille, Rodrigo. LED OF DIFFERENT COLORS AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR COMMERCIAL LIGHTING OF LAYING HENS. 2013 Thesis (M. Sc.) - FCA, Universidade Federal da Grande Dorados, 2013.

Abstract: The reproductive performance of laying hens is highly dependent on adequate control of light and its effects have been the subject of important studies carried out on reproductive performance. The research was divided into two stages (first and second cycle) with the objectives: Experiment 1 - evaluate the effects of replacing incandescent light bulbs with LED of different colors, the lighting of laying hens in the first laying cycle on production indices and and quality of eggs; experiment 2 - to evaluate the influence of different colors of LED in lighting laying hens in the second laying cycle on production indices and egg quality. For the first experiment were used 360 laying hens with 56 weeks of age, divided into 24 treatments (blue LED, yellow LED, green LED, white LED, red LED and incandescent light bulb, and 4 periods), with 3 replicates of 20 birds in a completely randomized design with a split plot. The results showed that there was increased production of eggs/day (%) ($p < 0.05$) when hens were subjected to illumination with red LED, white LED and incandescent light bulb. The other indices evaluated were not affected ($p > 0.05$) by type or color of light. In the second experiment, we used 300 laying hens, aged 91 weeks (second laying cycle). We adopted the latin square design with 5 treatments: blue LED, yellow LED, red LED, white LED and green LED (5 periods and in, 5 boxes). The indexes of production and egg quality did not suffer any influences ($p > 0.05$) between the measured colors.

Key words: birds, colors of light, egg production, egg quality.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As exportações brasileiras de ovos somaram 16,6 mil toneladas em 2011, representando queda de 39% em relação a 2010, com conseqüente redução de 31% na receita cambial (Ubabef, 2012). Já, no mercado interno, o que se percebe é que o preço de comercialização dos ovos *in natura* torna-o cada vez mais inacessível aos consumidores. Tal situação, já se tornando corriqueira no Brasil, vem gerando algumas dificuldades aos produtores de ovos, estimulando-os a adotarem medidas que visam a contenção dos custos de produção como prioridade, em uma tentativa de reestabelecer a margem de lucro e tornar a sua produção mais viável e competitiva.

Dentre as várias alternativas cabíveis aos produtores de ovos, existe a opção de utilização de eventuais substitutos na formulação das rações, com preços reduzidos no mercado. No entanto, sabe-se também que os gastos com energia elétrica somam grande parte da fatia dos custos de produção de ovos.

Na avicultura de postura é bem estabelecida a função da luz artificial nos programas de iluminação, aumentando o fotoperíodo e estimulando a maior produção de ovos, considerando que as aves são responsivas à estimulação pela luz. Para se atingir o índice de iluminância necessária a esta estimulação fisiológica, empregam-se normalmente sistemas de iluminação artificiais compostos por um elevado número de lâmpadas de alta potência e baixa eficiência, causando um incremento substancial nos custos de produção.

Encontrando pela frente um mercado cada vez mais exigente e competitivo, atualmente inserido em uma consciência sustentável, justifica-se o emprego de tecnologias que inserem em seus produtos menor custo de produção.

Levando-se em consideração que os gastos e desperdícios totais de energia elétrica na produção de aves são exageradamente altos e que já estão disponíveis no mercado tecnologias que possuem boa eficiência energética, como é o caso dos LEDs que possuem uma eficácia estimada em 100 lm/W, sendo superior às lâmpadas incandescentes (15 lm/W) e fluorescentes (80 lm/W) (Osram, 2007 - Apud: Jácome, 2009), tornam-se necessários estudos que modifiquem e atualizem os setores avícolas, viabilizando a competitividade da produção.

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da substituição de lâmpadas incandescentes por LEDs de diferentes cores, na iluminação artificial de poedeiras comerciais em primeiro ciclo de postura e a influência de diferentes cores de LEDs na iluminação artificial de poedeiras comerciais no segundo ciclo de postura, sobre os índices produtivos e de qualidade dos ovos.

A dissertação encontra-se dividida em três capítulos. O Capítulo I apresenta uma breve revisão de literatura abordando aspectos relevantes sobre a utilização de iluminação artificial como ferramenta de manejo reprodutivo na avicultura e sobre os efeitos da utilização de luz de diferentes espectros visíveis (cores) na produção de ovos. O Capítulo II, intitulado "Uso de diodos emissores de luz (led) na produção de poedeiras comerciais" teve como objetivo avaliar os efeitos da substituição de lâmpadas incandescentes por LEDs de diferentes cores, na iluminação artificial de poedeiras comerciais em primeiro ciclo de postura, sobre os índices produtivos e de qualidade dos ovos. O Capítulo III, intitulado "Diferentes cores de LED na produção de ovos de poedeiras comerciais em segundo ciclo", teve como objetivo avaliar a influência das diferentes cores de LEDs na iluminação artificial de poedeiras comerciais em segundo ciclo de postura, sobre os índices produtivos e de qualidade dos ovos.

CAPÍTULO I

(Revisão de Literatura)

REVISÃO DE LITERATURA

Formas de percepção da luz pelas aves e seu efeitos relacionados à produção

A luz é uma modalidade da energia radiante que um observador pode verificar pela sensação visual de claridade determinada no estímulo da retina, sob a ação da radiação, no processo de percepção sensorial visual. Nas aves a luz é percebida graças a fotorreceptores que transformam a energia contida nos fótons em sinais biológicos. A energia dos fótons, no olho, é transformada pelos pigmentos fotossensíveis contidos nos cones e bastonetes e transmitida pelos neurônios até o cérebro, onde o sinal é integrado a uma imagem (Jácome, 2009).

Para finalidades de reprodução, entretanto, a percepção da luz não depende somente dos fotorreceptores do olho. A luz precisa atravessar os ossos do crânio para estimular os fotorreceptores específicos no hipotálamo (Rocha, 2008). A luz é percebida pelos fotorreceptores hipotalâmicos que convertem o sinal eletromagnético em uma mensagem hormonal através de seus efeitos nos neurônios hipotalâmicos que secretam o hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH). O GnRH atua na hipófise produzindo as gonadotrofinas: hormônio luteinizante (LH) e hormônio folículo estimulante (FSH). O LH e o FSH ligam-se aos seus receptores na teca e células granulosas do folículo ovariano, estimulando a produção de andrógenos e estrógenos pelos folículos pequenos e produção de progesterona pelos folículos pré-ovulatórios maiores. Dias curtos não estimulam a secreção adequada de gonadotrofinas porque não iluminam toda a fase fotossensível. Dias mais longos, entretanto, fazem a estimulação, e deste modo a produção de LH é iniciada. Este mecanismo neuro-hormonal controla as funções reprodutivas, comportamentais e as características sexuais secundárias das aves (Rocha, 2008).

Pesquisas têm demonstrado que os fotorreceptores localizados no hipotálamo são os transformadores biológicos que convertem a energia dos fótons em impulsos neurais. Estes por sua vez, são captados pelo sistema endócrino que controla a atividade ovariana nas fêmeas e, por consequência, as funções reprodutivas, comportamentais e características sexuais secundárias (Santos, 2010).

A fotoestimulação de fotorreceptores extra-retinais, que estão localizados em diversas partes do cérebro e são sensíveis à luz vermelha, estimulam a atividade reprodutiva dos galos (Foss *et al.*, 1972) e codornas (Oishi & Lauber, 1973). Segundo Mobarkey *et al.* (2010), nas aves os fotorreceptores estão localizados em três regiões principais: nos olhos (retina), na glândula pineal e nos tecidos cerebrais da parte posterior do hipotálamo. Contudo, a regulação sazonal quanto ao tempo dos ciclos de reprodução são detectados pelos fotorreceptores extra-retinais, pois, cobrindo-se a cabeça das aves com tinta preta (nanquim), de modo que a luz não penetre no crânio, eliminam-se as respostas fotoperiódicas. A resposta neuroendócrina à fotoestimulação é desencadeada pela liberação do hormônio GnRH-I seguido da liberação de gonadotrofinas hipofisárias, resultando no desenvolvimento gonadal (Mobarkey *et al.*, 2010).

Ainda, segundo Rocha (2008), ao contrário do que se observa em mamíferos, a percepção da informação luminosa nas aves é mais importante pela via “transcraniana” do que pela via ocular. Em um estudo, foi comprovado que o escurecimento do crânio de pardais (*Passer domesticus*) por tinta nanquim bloqueia a resposta sexual nos dias longos, enquanto que a privação do globo ocular não apresentou o mesmo efeito. É possível que os olhos não sejam indispensáveis ao estímulo luminoso e desempenhem um papel de sincronização nos ritmos circadianos – de dormir e acordar.

Coors de luz e seus efeitos na avicultura

É sabido que, o desempenho reprodutivo das aves domésticas é altamente dependente do adequado controle da luz, envolvendo tanto a quantidade (duração e intensidade), cor da luz (ou comprimento de onda) e a frequência espectral (Gongruttananun & Guntapa, 2012). No entanto, a literatura expõe várias definições quanto ao espectro luminoso mais indicado para a reprodução das aves e demais funções fisiológicas.

Conforme Prescott & Wattes (1999), a sensibilidade para comprimentos de onda difere entre as aves e os humanos, e as fontes de iluminação podem ser percebidas com cores diferentes pelos mesmos. A faixa de radiações das ondas eletromagnéticas detectadas pelo olho humano, segundo mencionado por Niskier & Macintyre (2000), se situa entre 380 e 780 nanômetros (nm), correspondendo o menor valor ao limite dos raios ultravioleta, e o maior, ao dos raios infravermelhos. Santos, (2010), afirma que as aves conseguem visualizar comprimentos de onda ultravioleta, ou seja, menos de 400 nm, mas acima de 320 nm.

A resposta das aves a radiação visível, captada pela retina do olho, possui um pico de sensibilidade relativo nas bandas verde-amarelo do espectro de luz (545-575 nm) (Mobarkey *et al.*, 2010) e segundo Lewis & Morris (2000), seriam responsáveis pelo crescimento e comportamento, não influenciando diretamente na produção de ovos.

Mendes *et al.* (2010), destacam que os picos de sensibilidade dos cones permitem aos humanos perceber as cores primárias, violeta/azul (450nm), verde (550nm) e vermelho (700nm). No entanto, quando recebe estímulos simultaneamente o cérebro registra a luz como branca. Para Govardovskii & Zueva (1977) e Hart *et al.* (1999), os olhos das aves têm um tipo adicional de cone na retina com um pico de sensibilidade por volta de 415nm e este cone, conforme citam Prescott & Wattes (1999), permite também a percepção de radiações abaixo de 400nm.

Segundo Rocha (2008) as aves têm recepção de cores e respondem fisiologicamente quando a luz é produzida por raios no final do espectro, como laranja e vermelho (que possuem um poder de penetração transcraniana 1000 vezes maior que as cores do início do espectro e exercem, portanto, nas condições usuais, um poder estimulante mais elevado), produzindo maior quantidade de hormônios reprodutivos. No entanto, Rozenboim *et al.* (1998), ressalta que a produção de ovos pode ser adversamente afetada pela exposição das galinhas poedeiras à luz com um comprimento de onda de 880 nm (infravermelho).

Outros estudos demonstram que as aves domésticas submetidas a um fotoperíodo estimulante também responderam aos comprimentos de onda mais longos do espectro. A sensibilidade da ave para radiação de ondas longas (630-780 nm), conforme citam alguns autores (Woodard *et al.*, 1969; Harrison *et al.*, 1970; Pryzak *et al.*, 1987; Mobarkey *et al.*, 2010), é resultado da penetração em tecidos mais profundos (fotorreceptores extra-retinais hipotalâmicos) para estimular o eixo reprodutivo.

As curvas da sensibilidade espectral das aves domésticas (Figura 1) foram traçadas por Prescott & Whates (1999), utilizando um teste comportamental e por Wortel *et al.* (1987), utilizando um teste eletrofisiológico, e a partir destes estudos foi possível observar que as curvas de sensibilidade espectral das aves diferem das humanas. Nas aves a resposta é relativamente mais ampla, e isto confere maior abrangência de percepção visual das cores por estes animais (Prescott & Watters, 2001). Já a visão humana ficaria restrita às cores comumente conhecidas do espectro visível. Autores como Santos (2010) e Rozenboim *et al.* (1998), lançam a hipótese de que as aves possuem a capacidade de visão para alguma radiação emitida fora do espectro visível, como o ultravioleta e o infravermelho por exemplo, e este fato pode ser observado na Figura 1, onde a curva de sensibilidade das aves sobrepõe-se à curva de sensibilidade humana e à curva de sensibilidade das aves, que foi anteriormente estudada por Wortel *et al.* (1987).

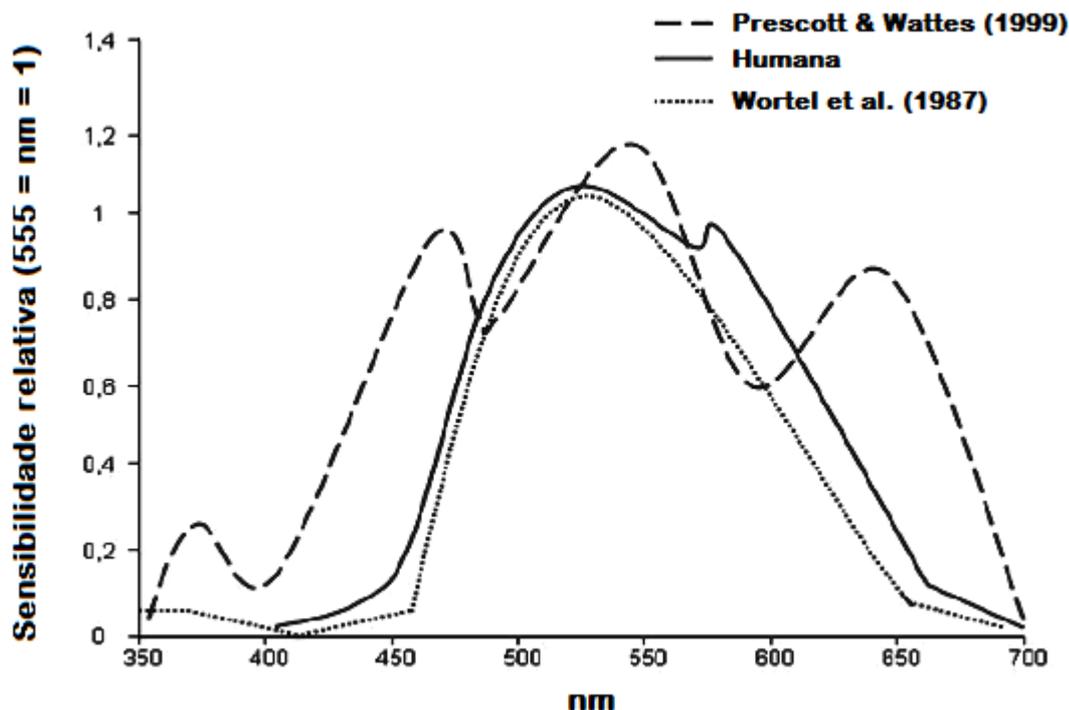


Figura 1. Espectro de sensibilidade relativo das aves e humanos. (Fonte: Prescott & Whates, 1999).

Tipos de fontes de iluminação e seus efeitos na produção de ovos

Atualmente é possível encontrar uma grande variedade de fontes de luz disponíveis no mercado, e várias delas já foram amplamente testadas nos galpões de produção de ovos. Segundo Etches (1996), não importa o tipo de lâmpada utilizada (fluorescente, incandescente, vapor de sódio, etc.), no entanto, sabe-se que cada lâmpada oferece um espectro luminoso diferente, e este fator pode causar influencia sobre a produção e a qualidade dos ovos.

Analisando diferentes sistemas de iluminação para aviários, onde foram montados os sistemas de iluminação com lâmpadas de vapor de sódio 70W, vapor mista 250W e fluorescente HO 110W, Jordan & Tavares (2005) observaram que o sistema com lâmpadas de vapor de sódio foi o mais econômico e durável.

Comumente utilizada nos sistemas de iluminação artificial dos galpões de postura, a lâmpada incandescente é uma das mais antigas fontes de luz e é a fonte de luz artificial mais difundida no mundo (Osram, 2007 - Apud: Jácome, 2009), no entanto, devido à existência de uma forte tendência mundial em buscar tecnologias que não agridam o meio ambiente e economizam os recursos naturais não renováveis, esta fonte de luz será rapidamente substituída por outras que forneçam tais benefícios.

Embora grupos de aves criados em ambientes com luz incandescente e natural tenham demonstrado uma preferência pelos ambientes equipados com luz incandescente, não foi possível determinar quais características das lâmpadas (intensidade, comprimento de onda ou oscilação) foram as mais importantes para a preferência das aves (Gunnarsson *et al.*, 2008). Já Prayitno *et al.* (1997) relataram que frangos demonstraram preferência imediata para a qualidade da iluminação (cor da luz).

Outros estudos constataram que poedeiras preferem ambientes iluminados com lâmpadas compactas fluorescentes em comparação às lâmpadas incandescentes (Widowski, 1992) e não mostraram preferência entre lâmpadas compactas fluorescentes com diferentes frequências (Widowski & Duncan, 1996) ou entre lâmpadas de vapor de sódio de alta intensidade em comparação com lâmpadas incandescentes de baixa intensidade (Vandenberg & Widowski, 2000).

A substituição de lâmpadas incandescentes por outras lâmpadas de alta eficiência como as fluorescentes compactas causaria economia de cerca de 70% de energia elétrica nos aviários. Outros procedimentos causariam redução ainda mais significativa (Cotta, 2002). Alguns destes procedimentos podem ser exemplificados como os tipos de programas de luz adotados para a produção de ovos, dentre eles os intermitentes, ou até mesmo o emprego de novas tecnologias de iluminação existentes na atualidade, como é o caso do LED (Diodo Emissor de Luz).

Utilização de LED na iluminação artificial de aves

O LED surgiu na década de 60 e, hoje é conhecido mundialmente pela sua alta eficiência luminosa e elevada vida útil. Esta eficácia luminosa atinge 100 lm/W, sendo superior às lâmpadas incandescentes (15 lm/W) e fluorescentes (80 lm/W) (Osram, 2007 - Apud: Jácome, 2009). Já a empresa Cree, fabricante de dispositivos semicondutores, divulgou eficácia luminosa de 131 lm/W em seu produto (Cree, 2006; LEDs Magazine, 2006). Outra fabricante de LEDs, a Nichia Corporation, afirma ter alcançado 138 lm/W de eficiência luminosa (Narukawa, 2006).

Outra característica também considerada importante não só para iluminação pública como para qualquer sistema de iluminação é o tempo de uso da lâmpada ou fonte luminosa. A vida útil de um LED pode atingir até 50.000 horas (Luxeon, 2008). Este valor é muito superior se comparado ao das lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas, que alcançam 1.000 horas e 8.000 horas de uso, respectivamente (Osram, 2007 - Apud: Jácome, 2009).

Em estudos desenvolvidos na China, Er *et al.* (2007) testaram três cores de LEDs em comparação ao sistema de iluminação artificial com lâmpadas incandescentes e observaram que o LED de cor verde apresentou melhora significativa na qualidade da casca de ovos de galinhas poedeiras comerciais da linhagem Hy Line Brown.

Avaliando os efeitos da luz monocromática (LEDs) nas cores vermelho, verde, azul e branco, sobre a resposta imune de frangos de corte, Xie *et al.* (2008), concluíram que houve aumento ($p < 0.05$) significativo 80,8% na proliferação de linfócitos T no sangue dos frangos que foram submetidos ao LED de cor verde quando comparados ao LED vermelho, e de 54,8% de aumento na proliferação quando comparado ao LED de cor azul. Em ambas as comparações a idade das aves foi de 21 dias.

Relacionando o desempenho produtivo e o desenvolvimento de fibras musculares com a estimulação e liberação da testosterona em 276 frangos de corte mantidos sob iluminação artificial a partir de LEDs nas cores: vermelho, verde, azul e branco, Chen *et al.* (2008) observaram que, na fase inicial, os frangos mantidos sob a luz monocromática verde apresentaram melhor desempenho. Já na fase seguinte, os frangos se desenvolveram melhor sob a luz monocromática azul. Estes autores comprovaram neste experimento, que as cores azul e verde promoveram um melhor crescimento de fibras musculares devido à estimulação mais eficaz da secreção de testosterona. De forma semelhante Rozenboim *et al.* (1999) observaram que frangos de corte criados a partir do primeiro dia sob luz monocromática verde e azul, apresentaram maior deposição muscular do que sob as luzes vermelha e branca

Testando o desempenho produtivo de frangos de corte submetidos a dois tipos de iluminação (lâmpada fluorescente compacta e LED branca), Paixão *et al.* (2011), observaram que a lâmpada de LED branca apresentou o mesmo efeito da lâmpada fluorescente no desempenho produtivo das aves (consumo de ração, peso vivo, conversão alimentar e mortalidade), concluindo que a substituição seria viável. Os mesmos autores, testando a preferência de frangos de corte entre os LEDs de cores branco e amarelo, observaram que, apesar de a distribuição das aves ser homogênea entre os dois ambientes, aos 21 dias de idade os frangos se alimentavam mais no ambiente iluminado por LED de cor branca.

Trabalhando com luz artificial para galinhas poedeiras, Gongruttananun (2011), utilizou luz natural, LED vermelho e lâmpada fluorescente complementada com LED vermelho, verificou que, as aves expostas à lâmpada fluorescente complementada com LED vermelho e o LED vermelho sozinho, iniciaram a postura significativamente ($p < 0.05$) mais cedo do que o tratamento com luz natural. No entanto, Gongruttananun & Guntapa (2012), citam que o LED de cor vermelha não influenciou ($p > 0.05$) o peso e a qualidade do ovo.

Em avaliação de diferentes cores de LEDs em comparação à lâmpada incandescente, Er *et al.* (2007), verificaram que a lâmpada incandescente apresenta resultados de peso do ovo superiores ($p < 0.05$) aos do LED de cor vermelha. Já Rozenboim *et al.* (1998) citam em seu estudo que o peso do ovo não é afetado pela cor de luz dos LEDs e pela intensidade, mas, sugerem mais estudos para melhores esclarecimentos.

Estudando os efeitos de diferentes cores de LED em comparação à lâmpada incandescente sobre o desempenho produtivo de codornas para postura Jácome *et al.* (2012), não observaram influências das cores sobre nenhum dos índices de produtividade e de qualidade dos ovos. Entretanto, observaram que a frequência de acessos das aves aos comedouros foi maior quando iluminadas com lâmpada incandescente e com LED de cor azul. No entanto, não encontraram diferenças ($p > 0.05$) no consumo de ração em gramas por ave por dia ao final do experimento. Gongruttananun & Guntapa (2012) verificaram melhora significativa na taxa de conversão alimentar das aves dos tratamentos equipados com LED vermelho e luz natural complementada com LED vermelho em relação ao tratamento controle que era iluminado apenas com luz natural.

Segundo Gongruttananun (2011) o sistema de iluminação artificial para galinhas poedeiras com diodos emissores de luz são benéficos para a economia de energia elétrica e a redução de custos de criação.

Referências Bibliográficas

- Chen Y, Cao J, Liu W, Wang Z, Xie D, Jia L. Green and blue monochromatic lights promote growth and development of broilers via stimulating testosterone secretion and myofiber growth. *Journal of Applied Poultry Research* 2008; 17 (2): 211-218.
- Cotta JTB. Galinha: produção de ovos 2002. Viçosa: Aprenda Fácil. 260p.
- Cree. Cree demonstrates 131 lumens per watt White LED. 21 jun. 2006. Disponível em: < http://www.cre.com/press/press_detail.asp?i=1150834953712 >. Acesso em: 21 maio 2012.
- Er D, Wang Z, Cao J, Chen Y. Effect of monochromatic light on the egg quality of laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research* Winter 2007; 16 (4): 605-612.
- Etches RJ. Reproducción aviar 1996, Zaragoza: Acribia, p.339.
- Freitas HJ, Cotta JTB, Oliveira AIG, Gewher CE. Avaliação de programas de iluminação sobre o desempenho zootécnico de poedeiras leves. *Ciência e Agrotecnologia* 2005; 29 (2): 424-428.
- Foss DC, Carew Jr LB, and Arnold EL. Physiological development of cockerels as influence by selected wavelengths of environmental light. *Poultry Science* 1972; 51: 1922–1927.
- Gewehr CE & Freitas HJ. Iluminação intermitente para poedeiras criadas em galpões abertos. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 2007; 6 (1): 54-62.
- Gewehr CE, Cotta JTB, Oliveira AI, Freitas HJ. Efeitos de Programas de Iluminação na Produção de Ovos de Codornas (*Coturnix coturnix*). *Revista Ciência e Agrotecnologia* 2005; 29 (4): 857-865.
- Gongruttananun N & Guntapa P. Effects of Red Light Illumination on Productivity, Fertility, Hatchability and Energy Efficiency of Thai Indigenous Hens. *Kasetsart Journal: Natural Science* 2012; 46: 51 - 63.

- Gongruttananun N. Influence of red light on reproductive performance, eggshell ultrastructure, and eye morphology in Thai-native hens. *Poultry Science* 2011; 90 (12): 2855-2863.
- Govardovskii VI & Zueva LV. Visual pigments of chicken and pigeon. *Vision Research* 1977; 17: 537-543.
- Gunnarsson S, Heikkilä M, Hultgren J, Valros A. A note on light preference in layer pullets reared in incandescent or natural light. *Applied Animal Behaviour Science* 2008; 112: 395–399.
- Harrison PC, Latshaw JD, Casay JM, and McGinnis J. Influence of decreased length of different spectral photoperiods on testis development of domestic fowl. *Journal of Reproduction & Fertility* 1970; 22: 269–275.
- Hart NS, Partridge JC, Cuthill IC. Visual pigments, cone oil droplets, ocular media and predicted spectral sensitivity in the domestic turkey (*Meleagris gallopavo*). *Vision Research* 1999; 39 (20): 321-3328.
- Jácome IMDT, Borille R, Rossi LA, Rizzotto DW, Becker JA, e Sampaio CFR. Desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial. *Archivos de Zootecnia* 2012; 61 (235): 449-456.
- Jácome IMTD. Diferentes sistemas de iluminação artificial usados no alojamento de poedeiras leves [Tese de Doutorado] Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas. SP: [s.n], 2009.
- Jordan RA & Tavares MHF. Análise de diferentes sistemas de iluminação para aviários de produção de ovos férteis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2005; 9 (3): 420-423.

Leds Magazine. Cree reports 232 lm/W from prototype White LED at 20 mA. 21 jun. 2006.

Disponível em: < <http://www.ledsmagazine.com/news/3/6/19> >. Acesso em: 21 maio 2012.

Lewis PD & Morris TR. Poultry and coloured light. *World's Poultry Science Journal* 2000; 56: 189-207.

Luxeon. Power light source Luxeon K2, Datasheet DS51 (6/08). Disponível em: Disponível em: < <http://www.lumileds.com/pdfs/DS51.pdf> >. Visualizado em: 21/05/2012. Folha de Especificação Técnica, 2008.

Mendes AS, Reffati R, Restelatto R, Paixão SJ. Visão e iluminação na avicultura moderna. *Revista Brasileira Agrociência* 2010; 16 (1-4): 05-13.

Mobarkey N, Avital N, Heiblum R, Rozenboim I. The role of retinal and extra-retinal photostimulation in reproductive activity in broiler breeder hens. *Domestic Animal Endocrinology* 2010; 38: 235–243.

Narukawa Y, Narita J, Sakamoto T, Deguchi K, Yamada T, and Mukai T. Ultra-high efficiency white light emitting diodes. *Japanese Journal of Applied Physics* 2006; 45 (41): 1084-1086.

Niskier J, Macintyre AJ. *Instalações Elétricas*. 4ª ed., Rio de Janeiro: LTD, 2000; 241-306.

Oishi T, and Lauber JR. Photoreception in the photosexual response of quail and Effects of intensity and wavelength. *American Journal of Physiology* 1973; 225: 880–886.

Osram. Osram do Brasil, Website. Disponível em: <<http://www.osram.com.br>> Acesso em: 30 set. 2007. Apud: Jácome IMTD. Diferentes sistemas de iluminação artificial usados no alojamento de poedeiras leves [Tese de Doutorado] Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas. SP: [s.n], 2009.

Ostrander CE, Turner CN. Effect of various intensities of light on egg production of single comb white leghorn pullets. *Poultry Science* 1962; 40: 1440.

- Paixão SJ, Mendes AS, Restelatto R, Marostega J, Souza C, Possenti JC. Desempenho produtivo de frangos de corte criados com dois tipos de lâmpadas. In: I Simpósio de ciências florestais e biológicas, V Seminário: Sistemas de produção agropecuária, I Congresso de ciência e tecnologia da UTFPR – Câmpus Dois Vizinhos, 17 e 18 de Outubro de 2011, p. 339.
- Prayitno DS, Phillips CJC, Omed H. The effects of color of lighting on the behaviour and production of meat chickens. *Poultry Science* 1997; 76: 452–457.
- Prescott NB, Wathes CM. LIGHT, POULTRY AND VISION. In: 6th International Symposium in Livestock Environment, 2001, Louisville, Proceedings... ASAE. Publication Number: 701, p.0201.
- Prescott NB, Wathes CM. Spectral sensitivity of the domestic fowl. *British Poultry Science* 1999; 40: 332-339.
- Pryzak R, Snapir N, Goodman G, and Perek M. The effect of light wavelength on the production and quality of eggs of the domestic hen. *Theriogenology* 1987; 28: 947–960.
- Rocha DCC. Características comportamentais de emas em cativeiro submetidas a diferentes fotoperíodos e diferentes relações macho:fêmea, [Tese de Doutorado] Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Viçosa MG. 2008.
- Rowland KW. Intermitent lighting for laying fowls: a review. *World's Poultry Science Journal* 1987; 41 (1): 5-20, 1987.
- Rozenboim I, Zilberman E, and Gvarzyahu G. New monochromatic light source for laying hens. *Poultry Science* 1998; 77: 1695–1698.
- Rozenboim I, Biran I, Uni Z, Robinzon B, and Halevy O. The effect of monochromatic light on broiler growth and development. *Poultry Science* 1999; 78:135–138.
- Santos, B. M. Desenvolvimento do aparelho reprodutor e a relação com a maturidade sexual de aves de postura In: Seminário apresentado junto à disciplina de Seminários Aplicados

- Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal 2010. Acesso em: 19/05/2012, disponível em: <http://extras.ufg.br/uploads/67/original_BRUNO_Moreira_Santos_1c.PDF>.
- Ubabef. União Brasileira de Avicultura, Relatório Anual Ubabef 2012. Disponível em: <http://www.abef.com.br/ubabef/publicacoes_relatoriosanuais.php>. Visualizado em: 10/12/2012.
- Vandenberg C, & Widowski TM. Hen's preferences for high-intensity high-pressure sodium or low-intensity incandescent lighting. *Journal of Applied Poultry Research* 2000; 9: 172–178.
- Xie DZ, Wang X, Dong YL, Cao J, Wang JF, Chen JL, Chen YX. Effects of monochromatic light on immune response of broilers. *Poultry Science* 2008; 87 (8): 1535-1539.
- Widowski TM, & Duncan IJH. Laying hens do not have a preference for high-frequency versus low-frequency compact fluorescent light sources. *Journal of Animal Science* 1996; 76: 177–181.
- Widowski, T. M. The preferences of hens for compact fluorescent over incandescent lighting. *Journal of Animal Science* 1992; 72: 203–211.
- Woodard AE, Moore JA, and Wilson WO. Effect of wavelength of light on growth and reproduction in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Poultry Science* 1969; 48: 118–123.
- Wortel JF, Rugenbrink H, Nuboer JFW. The photopic spectral sensitivity of the dorsal and ventral retinae of the chicken. *Journal of Comparative Physiology* 1987; 160: 151-154.

CAPÍTULO II

USO DE DIODOS EMISSORES DE LUZ (LED) NA PRODUÇÃO DE POEDEIRAS COMERCIAIS

(Artigo submetido à Brazilian Journal of Poultry Science, ISSN 1516-635X).

Projeto integralmente aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA/UFGD

Número de protocolo: 008/2012.

USO DE DIODOS EMISSORES DE LUZ (LED) NA PRODUÇÃO DE POEDEIRAS COMERCIAIS

Resumo: O uso de iluminação artificial para poedeiras comerciais é uma das ferramentas de gestão mais poderosas disponíveis para o produtor. Com a luz artificial é possível adiantar o início da postura, melhorar a taxa de postura e ainda otimizar a eficiência alimentar. O objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos da substituição de lâmpadas incandescentes por LEDs, na iluminação artificial de poedeiras comerciais em primeiro ciclo de postura, sobre os índices produtivos e de qualidade dos ovos. O estudo foi realizado em um aviário de postura, dividido em ambientes diferentes, de forma que a cor de cada tratamento não influenciasse os demais. Foram utilizadas 360 poedeiras comerciais da linhagem Isa Brown®, com idade inicial de 56 semanas. As fontes de luz utilizadas foram: LED Azul, LED Amarelo, LED Verde, LED Vermelho, LED Branco e Lâmpada Incandescente 40W. As aves receberam programa de iluminação contínua de 17 horas por dia e ração à base de milho e farelo de soja. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas totalizando 24 tratamentos (6 fontes de luz e 4 períodos) e 3 repetições. A produção de ovos (%) apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e os melhores resultados foram observados nas fontes de luz de LED vermelho, LED branco e lâmpada incandescente. O peso do ovo, o consumo de ração e a qualidade interna dos ovos (altura de albúmen, gravidade específica, e unidade Haugh) não foram influenciados ($p > 0,05$) pelas cores de luz. Conclui-se que os LEDs de cores branco e vermelho podem substituir as lâmpadas incandescentes sem influenciar negativamente a produção de ovos (%) de poedeiras comerciais.

Palavras-chave: iluminação artificial, galinhas poedeiras, peso do ovo, unidade Haugh.

THE USE OF LIGHT-EMITTING DIODES (LED) IN COMMERCIAL LAYER

Abstract: Artificial lighting is one of the most powerful management tools available to commercial layer producers. Artificial light allows anticipating or delaying the beginning of lay, improving egg production, and optimizing feed efficiency. This study aimed at comparing the performance of commercial layers submitted to lighting using different LED colors or conventional incandescent lamps. The study was carried out in a layer house divided in isolated environments in order to prevent any influenced from the neighboring treatments. In total, 360 Isa Brown layers, with an initial age of 56 weeks, were used. The following light sources were used: blue LED, yellow LED, green LED, red LED, white LED, and 40W incandescent light. Birds in all treatment were submitted to a 17 h continuous lighting program, and were fed a corn and soybean meal-based diet. A completely randomized experimental design with subplots was applied, with 24 treatments (six light sources and four periods) of three replicates. Egg production (%) was significantly different ($P < 0.05$) among treatments, with the best results obtained with red LED, white LED, and incandescent light sources. Egg weight, feed intake, and internal egg quality (albumen height, specific gravity, and Haugh units) were not influenced ($P > 0.05$) by light source. It was concluded that the replacement of incandescent light bulbs by white and red LED does not cause any negative effect on the egg production of commercial layers.

Key words: Artificial lighting, commercial layers, egg weight, Haugh units.

Introdução

O manejo de luz é uma técnica muito útil na avicultura de postura e os princípios que envolvem a importância da iluminação são: fonte de luz e comprimento de onda, intensidade de luz, duração e distribuição do fotoperíodo (Mendes *et al.*, 2010).

As aves apresentam processos fisiológicos que induzem à fotossensibilidade. Ao que tudo indica, esta interferência na produção e na qualidade dos ovos pode ser proveniente do tipo de espectro visível emitido pelo tipo de fonte luminosa, em que algumas cores seriam mais estimulantes que outras (Nicholls *et al.*, 1988). Sabe-se que cada tipo de lâmpada, que é utilizada para a iluminação artificial das aves, oferece um espectro luminoso diferente e, que os limites do olho das aves possibilitam a visão em cores, no entanto, Etches (1996) afirma que não importa o tipo de lâmpada utilizada (fluorescente, incandescente, vapor de sódio), pois as aves respondem a maioria destes espectros fornecidos.

As curvas da sensibilidade espectral das aves domésticas foram traçadas por Prescott & Whates (1999), utilizando um teste comportamental e por Wortel *et al.* (1987), utilizando um teste eletrofisiológico. Os pesquisadores relataram que estas curvas das aves diferem das humanas: nas aves a resposta é relativamente mais ampla e os raios ultravioleta A (UVA 320 <8 <400nm) podem ser percebidos. Segundo Boni & Paes (1999), as aves apresentam maiores respostas ao estímulo luminoso quando a iluminação é produzida por raios do final do espectro, como o roxo e alaranjado, produzindo mais hormônios reprodutivos.

Comumente utilizada nos sistemas de iluminação artificial, a lâmpada incandescente é uma das mais antigas fontes de luz e é a fonte de luz artificial mais difundida no mundo. Mas necessita ser substituída por uma tecnologia que não desperdice tanta energia na produção de calor.

A substituição de lâmpadas incandescentes por outras de vapor de sódio traria uma economia de cerca de 70% de energia elétrica. Outros procedimentos causariam redução ainda mais significativa (Cotta, 2002), como é o caso de alguns programas de luz adotados para a produção de ovos, dentre eles os intermitentes, ou o emprego de novas fontes de iluminação existentes atualmente no mercado, como é o caso do LED (Diodo Emissor de Luz), por exemplo, sendo uma tecnologia de emissão de luz fria, amplamente conhecida no mundo por possuir alta eficiência luminosa e elevada vida útil (Cervi, 2005). O LED é um dispositivo semicondutor que emite luz espacialmente incoerente e de espectro de frequências relativamente estreito, gerado por um efeito de eletroluminescência. A cor da luz depende da composição e da condição do material semicondutor usado, podendo variar do ultravioleta ao infravermelho (Carvalho, 2007).

Outra característica também considerada importante para qualquer sistema de iluminação é o tempo de uso da lâmpada ou fonte luminosa. A vida útil de um LED pode atingir até 50.000 horas, valor muito superior se comparado ao das lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas, que alcançam em média 1.000 horas e 8.000 horas de uso, respectivamente (Osram, 2007 - Apud: Jácome, 2009).

Alguns estudos, utilizando LEDs na produção de aves, têm demonstrado que as diferentes cores da iluminação podem influenciar em alguns fatores produtivos, como por exemplo: melhora na qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais utilizando LED verde (ER *et al.*, 2007) e melhor desempenho final de frangos de corte utilizando LED azul (CHEN *et al.*, 2007). Todas estas características positivas na utilização dos LEDs podem vir a contribuir para a redução do custo de manutenção do sistema de iluminação artificial dos galpões de postura mantendo os atuais índices zootécnicos.

Considerando que as diferentes cores podem influenciar a produção e a qualidade dos ovos, o objetivo deste experimento foi avaliar a influência de diferentes cores de LEDs na

iluminação artificial de poedeiras comerciais em comparação às lâmpadas incandescentes convencionais.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida no Setor Experimental de Avicultura de Postura da Faculdade de Ciências Agrárias na Universidade Federal da Grande Dourados (FCA/UFGD) e teve duração de 112 dias, divididos em 4 períodos de 28 dias. Antes do início do experimento as aves passaram por um período de adaptação de 28 dias. O experimento foi conduzido em galpão aberto, utilizando 36 gaiolas convencionais para postura (arame liso), possuindo comedouros do tipo calha e bebedouros do tipo *nipple*. Foram formados ambientes divididos com placas de madeira compensada, a fim de impedir que a iluminação artificial de cada fonte de luz não interferisse nas demais. Cada ambiente foi composto por seis gaiolas com lotação de 10 aves cada, totalizando 360 poedeiras comerciais da linhagem Isa Brown® com idade inicial de 56 semanas e final de 72 semanas.

As fontes de luz testadas foram: LED Azul, LED Amarelo, LED Verde, LED Vermelho, LED Branco, (sendo que cada gaiola recebeu uma lâmpada de LED de potência 1W) e um ambiente (controle) com lâmpada incandescente 40W. O sistema de iluminação foi conectado a um timer a fim de se fornecer um programa de luz contínuo de 17 horas por dia (natural + artificial) e a intensidade luminosa foi padronizada em 40 lux para todos os tratamentos.

As aves foram alimentadas com ração à base de milho e farelo de soja, formulada segundo as recomendações nutricionais para poedeiras comerciais semipesadas de Rostagno (2005).

Os ovos foram coletados uma vez ao dia e a produção de ovos por dia foi estimada em percentual (%). A média de consumo de ração foi aferida (disponibilizando uma quantidade conhecida de ração para as aves e 24 horas após pesando-se as sobras do cocho) registrada em uma planilha adapta e expressa em gramas por ave por dia. No último dia de cada período, foram coletados aleatoriamente dez ovos íntegros de cada repetição (amostra de 50% dos ovos produzidos naquele dia), identificados e pesados (utilizando-se uma balança digital com precisão de 0,01g), sendo registrados em uma planilha, e em seguida procedeu-se as análises de qualidade dos ovos, sendo elas: gravidade específica (As soluções foram formadas em recipientes de plástico com água e sal, e a densidade das soluções foi estabelecida entre 1060 a 1100 gramas de sal por cm³ de água, utilizando-se um densímetro de petróleo), altura do albúmen (foi aferida utilizando-se um paquímetro digital, medindo-se a altura do albúmen em relação a uma superfície de vidro nivelada sobre a mesa). A unidade Haugh foi calculada por meio da equação descrita por Haugh (1937):

$$UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7 PO^{0,37})$$

Sendo:

UH: unidade Haugh

H: altura do albúmen (mm)

PO: peso do ovo.

Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, totalizando 24 tratamentos (6 fontes de luz artificial e 4 períodos) e 3 repetições de 20 aves para cada fonte de luz. Os dados foram submetidos a ANOVA utilizando-se o programa computacional Assistat (2011), e para a comparação entre as médias utilizou-se o teste de Tukey a 5%.

Resultados e Discussões

As médias de produção de ovos (%) apresentaram-se superiores para as fontes de luz com LED vermelho, LED branco e lâmpada incandescente em relação às demais, sendo 4,83%, 5,55% e 5,17%, respectivamente, maiores do que o resultado da fonte de luz composta por LED verde que apresentou o pior resultado (Tabela 1). Já as fontes de luz com LED azul e amarelo apresentaram médias semelhantes ($p>0.05$) entre si, porém inferiores ($p<0.05$) aos LEDs vermelho e branco e lâmpada incandescente.

Tabela 1. Produção de ovos/dia (%) de poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LED na iluminação artificial em comparação à lâmpada incandescente

| Fontes de Luz | Períodos | | | | Médias |
|---------------|----------|---------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1-Azl | 91.66 | 88.02 | 90.62 | 86.25 | 89.14b |
| 2-Amr | 89.16 | 88.75 | 89.58 | 89.37 | 89.21b |
| 3-Vrd | 86.97 | 86.87 | 88.33 | 85.20 | 86.84c |
| 4-Vrm | 92.18 | 91.56 | 91.25 | 90.00 | 91.25a |
| 5-Brc | 92.50 | 91.77 | 92.29 | 91.25 | 91.95a |
| 6-Lin | 90.72 | 92.18 | 91.45 | 91.97 | 91.58a |
| Médias | 90.53a | 89.86ab | 90.59a | 89.01b | |

ANOVA. Coeficiente de Variação (%) para Períodos = 4,11 e para Fontes de Luz = 4,24. Fontes de luz: 1-Azl = LED de cor azul; 2-Amr = LED de cor amarela; 3-Vrd = LED de cor verde; 4-Vrm = LED de cor vermelha; 5-Brc = LED de cor branca; e 6-Lin = lâmpada incandescente.

Para Lewis & Mori (2000) a penetração da radiação do comprimento de onda da cor vermelha, no hipotálamo, é mais estimuladora sexualmente do que o azul ou verde. Este fato

poderia justificar o melhor desempenho das fontes LED vermelho, LED branco e lâmpada incandescente, uma vez que estas possuem dentro de seu espectro visível a cor vermelha.

Segundo Mendes *et al.* (2010) as luzes incandescentes apresentam um aspecto de luz vermelha, enquanto as fluorescentes brancas apresentam um aspecto azulado. Isto acontece porque as luzes incandescentes produzem comprimentos de onda mais longos (próximos ao vermelho) enquanto que luzes fluorescentes, mais curtos (próximos ao verde e azul). Sabe-se, entretanto, que a cor branca é uma mistura homogênea de todas as cores, incluindo a cor vermelha, e este fato explica o bom resultado no percentual de produção de ovos observado no LED branco por ser semelhante à lâmpada incandescente e ao LED vermelho.

As curvas da sensibilidade espectral das aves domésticas foram traçadas por Prescott & Whates (1999), utilizando um teste comportamental e por Wortel *et al.* (1987) utilizando um teste eletrofisiológico. Os pesquisadores relataram que as curvas das aves diferem das humanas, visto que nas aves a resposta é relativamente mais ampla e os raios ultravioleta "A" (UVA $320 < \lambda < 400\text{nm}$) também podem ser percebidos. No entanto, Boni & Paes (1999) descreveram que as aves apresentam maiores respostas ao estímulo luminoso quando a iluminação é produzida por raios do final do espectro, como o roxo e alaranjado, produzindo mais hormônios reprodutivos.

A produção (%) de ovos por dia foi significativamente maior nos três primeiros períodos (1, 2 e 3) em relação ao último (4). Estes dados estão ligeiramente superiores aos dados indicados pelo manual da linhagem (Isa Hendrix Genetics Company, 2011/12) para as respectivas idades nos períodos avaliados, sendo que o manual da linhagem sugere valores entre 88 e 81 % de postura nas idades entre 56 a 72 semanas.

O consumo de ração (Tabela 2) não foi influenciado estatisticamente pelas fontes de luz e períodos avaliados. Isto indica que as aves obtiveram a mesma sensibilidade visual em todas as fontes de luz testadas, não alterando o seu comportamento alimentar em função das

diferentes fontes. Conforme explica Etches (1996), o efeito da iluminação sobre o consumo de alimento está associado à atividade locomotora da ave, que fica reduzida ao mínimo, nos períodos escuros. Com a diminuição dos movimentos, o gasto de energia é também reduzido fazendo com que melhore a eficiência alimentar e diminua o consumo de ração. No que se refere à iluminação para aves, alguns autores (Rowland, 1987; Midgley *et al.*, 1988) observam influencia no consumo de ração apenas sobre os diferentes tipos de programas de iluminação artificial, que não é o caso deste estudo.

Tabela 2. Consumo de ração (g por ave por dia) de poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LED na iluminação artificial em comparação à lâmpada incandescente

| Fontes de Luz | Períodos | | | | Médias |
|---------------|----------|-------|-------|-------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1-Azl | 0.113 | 0.114 | 0.117 | 0.112 | 0.114 |
| 2-Amr | 0.112 | 0.118 | 0.115 | 0.122 | 0.117 |
| 3-Vrd | 0.114 | 0.109 | 0.117 | 0.114 | 0.113 |
| 4-Vrm | 0.114 | 0.113 | 0.116 | 0.117 | 0.115 |
| 5-Brc | 0.117 | 0.112 | 0.116 | 0.117 | 0.116 |
| 6-Lin | 0.113 | 0.113 | 0.117 | 0.116 | 0.115 |
| Média | 0.114 | 0.113 | 0.116 | 0.116 | |

ANOVA. Coeficiente de Variação (%) para Períodos = 5,70 e para Fontes de Luz = 4,24. Fontes de luz: 1-Azl = LED de cor azul; 2-Amr = LED de cor amarela; 3-Vrd = LED de cor verde; 4-Vrm = LED de cor vermelha; 5-Brc = LED de cor branca; e 6-Lin = lâmpada incandescente.

O peso dos ovos não foi influenciada ($p>0.05$) pelas fontes de luz, entretanto, houve efeito significativo dos períodos avaliados, sendo que o primeiro período apresentou o pior resultado (Tabela 3). Sabe-se que, com o passar da idade da ave, é natural que o peso do ovo

aumento. Esse resultado foi comprovado neste estudo, pois as médias de peso dos ovos dos períodos 2, 3 e 4 apresentaram resultados semelhantes entre si, e foram em média 23,50 % superiores em relação ao período 1.

Tabela 3. Peso médio dos ovos (g) de poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LED na iluminação artificial em comparação à lâmpada incandescente

| Fontes de Luz | Períodos | | | | Médias |
|---------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1-Azl | 49.68 | 66.57 | 66.70 | 65.95 | 62.23 |
| 2-Amr | 51.63 | 64.04 | 61.58 | 68.97 | 61.55 |
| 3-Vrd | 49.41 | 66.93 | 66.88 | 66.38 | 62.40 |
| 4-Vrm | 53.25 | 66.81 | 68.87 | 67.30 | 63.07 |
| 5-Brc | 53.25 | 66.51 | 67.65 | 67.16 | 63.64 |
| 6-Lin | 52.87 | 64.71 | 70.50 | 67.13 | 63.80 |
| Médias | 51.02b | 65.93a | 67.03a | 67.15a | |

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferenças, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Coeficiente de Variação (%) para Períodos = 7,59 e para Fontes de Luz = 7,21. Fontes de luz: 1-Azl = LED de cor azul; 2-Amr = LED de cor amarela; 3-Vrd = LED de cor verde; 4-Vrm = LED de cor vermelha; 5-Brc = LED de cor branca; e 6-Lin = lâmpada incandescente.

Assim como os diferentes programas de iluminação artificial não afetam o peso do ovo (Sauveur & Mongin, 1983; Morris *et al.*, 1988; Lewis *et al.*, 1992; Freitas *et al.*, 2010), os dados da atual pesquisa demonstraram efeito semelhante, o que acaba discordando do experimento realizado na China por Er *et al.* (2007), o qual, avaliaram diferentes cores de LEDs em comparação a lâmpada incandescente, e verificaram que a lâmpada incandescente apresentou resultados de peso do ovo superiores ($p < 0.05$) aos do LED de cor vermelha. Já

Rozenboim *et al.* (1998), citam em seu estudo que o peso do ovo não foi afetado pela cor de luz e pela intensidade, mas, sugerem mais estudos para melhores esclarecimentos.

Geralmente esta variável está condicionada à idade da ave e também a fatores nutricionais, como é lembrado por Eisen *et al.* (1962).

Não foram observadas diferenças ($p>0.05$) entre as fontes de luzes testadas (Tabelas 4, 5 e 6) para as avaliações de qualidade do ovo (altura de albúmen, gravidade específica e unidade Haugh). Contudo, foram encontradas diferenças ($p<0.05$) entre os períodos avaliados.

Segundo Pascoal *et al.* (2008) a qualidade do ovo é avaliada para que possam ser descritas diferenças na produção de ovos frescos, devido à características genéticas, dietas e aos fatores ambientais, aos quais as poedeiras são submetidas. Silversides *et al.* (1993) sugeriram que a medida da altura do albúmen é suficiente para avaliar a qualidade interna de ovos frescos, à exceção daqueles de poedeiras em diferentes idades, para as quais não deve ser usada.

Os períodos influenciaram significativamente a altura do albúmen (Tabela 4), no entanto, as fontes de luzes não influenciaram tal variável.

As médias dos períodos 1 (8,39 mm) e 2 (7,81 mm) foram superiores as médias do período 3 (7,03 mm) que apresentou o pior resultado. Observa-se, entretanto, que os períodos 2 e 4 apresentaram-se semelhantes ($p>0.05$) entre si. A altura do albúmen é uma medida comumente utilizada na avaliação da qualidade interna dos ovos e, segundo dados de Silversides & Budgell (2004) tende a diminuir com o aumento da idade da galinha e com o tempo de armazenamento.

Tabela 4. Altura de albúmen (mm) de ovos de poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LED na iluminação artificial em comparação à lâmpada incandescente

| Fontes de Luz | Períodos | | | | Médias |
|---------------|----------|--------|-------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1-Azl | 8.25 | 7.44 | 7.69 | 7.30 | 7.67 |
| 2-Amr | 8.13 | 7.70 | 6.88 | 7.28 | 7.50 |
| 3-Vrd | 8.27 | 8.13 | 6.63 | 8.18 | 7.80 |
| 4-Vrm | 8.73 | 8.34 | 7.17 | 7.75 | 7.99 |
| 5-Brc | 8.52 | 7.09 | 6.68 | 8.34 | 7.66 |
| 6-Lin | 8.46 | 8.14 | 7.11 | 6.82 | 7.63 |
| Médias | 8.39a | 7.81ab | 7.03c | 7.61bc | |

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferenças estatísticas, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Coeficiente de Variação (%) para Períodos = 18,81 e para Fontes de Luz = 19,86. Fontes de luz: 1-Azl = LED de cor azul; 2-Amr = LED de cor amarela; 3-Vrd = LED de cor verde; 4-Vrm = LED de cor vermelha; 5-Brc = LED de cor branca; e 6-Lin = lâmpada incandescente.

Segundo Alleoni & Antunes (2001), existem cinco métodos para estimar a qualidade de ovos abertos, com bases quantitativas, relacionadas ao albúmen, no entanto o parâmetro mais usado para expressar a qualidade do albumen é a unidade Haugh.

As fontes de luz e os períodos não influenciaram estatisticamente os dados da unidade Haugh (Tabela 5).

Os resultados verificados nas análises de unidade Haugh discordam do que foi descrito anteriormente por Silversides & Budgell (2004). A altura do albúmen teria tendência a diminuir com o aumento da idade da ave, e estes resultados teriam influencia direta sobre a unidade Haugh, pois, em seu calculo, leva-se em consideração a altura do albúmen. No entanto, a unidade Haugh não apresentou variação entre os períodos avaliados.

Uma hipótese provável seria o aumento do tamanho do ovo, provocado pelo aumento da idade da ave, que aumentaria conseqüentemente o valor estimado da unidade Haugh, já que para a altura do albúmen são observadas diferenças entre os períodos.

Tabela 5. Unidade Haugh de ovos de poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LED na iluminação artificial em comparação à lâmpada incandescente

| Fontes de Luz | Períodos | | | | Médias |
|---------------|----------|-------|-------|-------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1-Azl | 88.49 | 84.53 | 80.39 | 84.81 | 84.55 |
| 2-Amr | 89.41 | 87.37 | 85.33 | 81.07 | 85.80 |
| 3-Vrd | 88.99 | 84.28 | 88.26 | 84.69 | 86.55 |
| 4-Vrm | 89.85 | 89.42 | 89.13 | 81.00 | 87.35 |
| 5-Brc | 88.50 | 84.14 | 81.13 | 84,04 | 84.45 |
| 6-Lin | 88.17 | 83.75 | 88.11 | 82.09 | 85.53 |
| Médias | 88.90 | 85.58 | 85.39 | 82.95 | |

ANOVA. Coeficiente de Variação (%) para Períodos = 10,42 e para Fontes de Luz = 11,08. Fontes de luz: 1-Azl = LED de cor azul; 2-Amr = LED de cor amarela; 3-Vrd = LED de cor verde; 4-Vrm = LED de cor vermelha; 5-Brc = LED de cor branca; e 6-Lin = lâmpada incandescente.

A gravidade específica (Tabela 6) também não apresentou diferenças significativas ($p < 0.05$) entre os tratamentos testados, sendo observadas diferenças apenas entre os períodos do experimento. Os períodos 1 e 2 apresentaram resultados superiores ($p < 0.05$) para a gravidade específica quando comparados aos demais. Esta variável tem sido utilizada como prática rotineira em granjas para verificar a qualidade da casca de ovos. Este procedimento é assegurado porque a densidade da casca de ovos é duas vezes maior que a densidade da gema e do albúmen (Gewehr *et al.*, 2012).

Tabela 6. Gravidade específica (g por cm³) de ovos de poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LED na iluminação artificial em comparação à lâmpada incandescente

| Fontes de Luz | Períodos | | | | Médias |
|---------------|----------|----------|----------|----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1-Azl | 1099.44 | 1093.33 | 1088.88 | 1090.00 | 1092.91 |
| 2-Amr | 1096.11 | 1094.44 | 1091.11 | 1090.00 | 1092.91 |
| 3-Vrd | 1095.55 | 1095.55 | 1090.00 | 1090.00 | 1092.77 |
| 4-Vrm | 1093.33 | 1094.44 | 1090.00 | 1090.00 | 1091.94 |
| 5-Brc | 1095.55 | 1095.55 | 1091.11 | 1090.00 | 1093.05 |
| 6-Lin | 1093.33 | 1098.88 | 1095.55 | 1088.88 | 1094.16 |
| Médias | 1095.55a | 1095.37a | 1091.11b | 1089.81b | |

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferenças estatísticas, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Coeficiente de Variação (%) para Períodos = 0,45 e para Fontes de Luz = 0,45. Fontes de luz: 1-Azl = LED de cor azul; 2-Amr = LED de cor amarela; 3-Vrd = LED de cor verde; 4-Vrm = LED de cor vermelha; 5-Brc = LED de cor branca; e 6-Lin = lâmpada incandescente.

Em avaliações da qualidade da casca de ovos de poedeiras comerciais submetidas à luz de LED nas cores vermelho, verde e azul em comparação às lâmpadas incandescentes, Er et al. (2007) observaram diferenças estatísticas. Estes autores citam que o índice de casca e a espessura de casca apresentaram-se significativamente maiores para a luz verde quando relacionados aos demais tratamentos. Já a resistência da casca foi altamente superior ($p < 0.01$), para esta mesma cor quando comparados entre os demais tratamentos. Estes dados discordam dos resultados encontrados na atual pesquisa e, também, dos dados encontrados por Freitas *et al.* (2010), sugerindo assim mais estudos voltados à qualidade dos ovos em relação as cores de LEDs.

Conclusão

Conclui-se que os LEDs de cores branco e vermelho podem substituir as lâmpadas incandescentes sem influenciar negativamente a produção de ovos (%) de poedeiras comerciais. O peso, assim como os índices da qualidade interna dos ovos não foram influenciados pela substituição da lâmpada incandescente pelos LEDs independente de sua cor.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ e Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo suporte dado a esta pesquisa.

Referências Bibliográficas

- Alleoni ACC, Antunes AJ. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. *Scientia Agricola* 2001; 58 (4): 681-685.
- Assistat. Software. Versão 7.6 Beta. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indexp.html>>. Visualizado em 02/01/2012; 2012.
- Belyavin CG. Egg quality as influenced by production systems. *World's Poultry Science Journal* 1988; 44: 65-67.
- Boni IJ, and Paes AOS. Programa de luz para matrizes: machos e fêmeas. In: 2º Simpósio Técnico sobre Matrizes de Frangos de Corte; 13 a 15 de outubro de 1999; Chapecó-SC.
- Carvalho HMB. Diodos Emissores de Luz de Alto Brilho e Alta Potência. *Directlight* 2007; Artigo DL-05.
- Cotta JTB. Galinha: produção de ovos. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002; 260p.

- Cervi M. Semiconductor Lighting System Controlled Through a Lin Network to Automotive Application. Industry Applications Conference IAS 2005.
- Chen Y, Cao J, Liu W, Wang Z, Xie D, Jia L. Green and blue monochromatic lights promote growth and development of broilers via stimulating testosterone secretion and myofiber growth. *Journal of Applied Poultry Research* 2007; 17 (2): 211-218.
- Eisen EJ, Bohre BB, Mckean HE. The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. *Poultry Science* 1962; 41: 1461-1468.
- Er D, Wang Z, Cao J, Chen Y. Effect of monochromatic light on the egg quality of laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research* 2007; 16 (4): 605-612.
- Etches RJ. Reproducción aviar. Zaragoza: Acribia 1996; p.339.
- Fletcher DL, Britton WM, Pesti GM, Rahn AP. The relationship of layer flock age and egg weight on egg component yields and solids content. *Poultry Science* 1983; 62: 1800-1805.
- Freitas HJ, Cotta JTB, Oliveira AI, Murgas LDS, Gewehr CE. Efeito de diferentes programas de iluminação para poedeiras semi-pesadas criadas em galpões abertos. *Revista Biotemas* 2010; 23 (2): 157-162.
- Fry JL, Moore JS, O'steen AW. Strain difference and initial quality relationships to rate of interior egg quality decline. *Poultry Science* 1981; 60: 649-652.
- Gewehr CE, Oliveira V, Rosniecek M, Follmann DD, Cezaro AM. Programas de iluminação para poedeiras semi-pesadas. *Revista Biotemas* 2012; 25 (1): 151-157.
- Haugh RR. The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg Poultry Magazine* 1937; 43: 552-555.
- Isa Hendrix Genetics Company. General Management Guide 2011/12. Disponível em: <<http://www.isapoultry.com/en/Products/ISA/ISA%20Brown.aspx>>. Visualizado em: 15/05/2012. 2011/12.

- Lewis PD, Perry GC, Morris TR, Midgley MM. Intermittent lighting regimes and mortality rates in laying hens. *World's Poultry Science Journal* 1992; 48: 113-120.
- Lewis PD, Morris TR. Poultry and coloured light. *World's Poultry Science Journal* 2000; 56: 189-207.
- Mendes AS, Reffati R, Restelatto R, Paixão SJ. Visão e iluminação na avicultura moderna. *Revista Brasileira Agrociência* 2010; 16 (1-4): 05-13.
- Midgley M, Morris TR, Butler EA. Experiment with the biomittent light system for laying hens. *British Poultry Science* 1988; 29 (2): 333-342.
- Morris TR. Use of intermitent light to save feed and to improve egg shell quality in laying flocks. *World's Poultry Congress 17, Nagoya. Proceedings... Nagoya: Japan. Poultry Association* 1988; p.161-164.
- Nicholls TJ, Goldsmith AR, Dawson A. Photofactoriness in birds and comparison with mammals. *Physiological Reviews* 1988; 68 (1): 133-176.
- Ostrander CE, Turner CN. Effect of various intensities of light on egg production of single comb white leghorn pullets. *Poultry Science* 1962; 40: 1440.
- Osram. Osram do Brasil, Website. Disponível em: <<http://www.osram.com.br>> Acesso em: 30 set. 2007. Apud: Jácome IMTD. Diferentes sistemas de iluminação artificial usados no alojamento de poedeiras leves [Tese de Doutorado] Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas. SP: [s.n], 2009.
- Pascoal LAF, Bento Junior FA, Santos WS, Silva RS, Dourado LRB, Bezerra APA. Qualidade de ovos comercializados em diferentes estabelecimentos na cidade de Imperatriz – MA. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 2008; 9 (1): 150-157.
- Prescott NB, Wathes CM. Spectral sensitivity of the domestic fowl. *British Poultry Science* 1999; 40: 332-339.

- Rocha DCC. Características comportamentais de emas em cativeiro submetidas a diferentes fotoperíodos e diferentes relações macho:fêmea. In: BONI IJ, PAES AOS. Programas de luz para matrizes: machos e fêmeas. [Tese de Doutorado] Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Viçosa, MG; 2008.
- Rostagno HS. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa. MG: Editora UFV, 2005; p.141.
- Rozenboim I, Zilberman E, and Gvarzyahu G. New monochromatic light source for laying hens. *Poultry Science* 1998; 77: 1695–1698.
- Rowland KW. Intermitent lighting for laying fowls: a review. *World's Poultry Science Journal* 1987; 41 (1): 5-20.
- Sauveur B, Mongin P. Performance of layers reared and/or kept under different 6-hour light-dark cycles. *British Poultry Science Journal* 1983; 24: 405-416.
- Silversides FG, and Budgell K. Education and Production: The Relationships Among Measures of Egg Albumen Height, pH, and Whipping Volume. *Poultry Science* 2004; 83 (10): 1619–1623.
- Silversides FG, Twizeyimana F, Villeneuve P. Research note: a study relating to the validity of the Haugh unit correction for egg weight in fresh eggs. *Poultry Science* 1993; 72 (4): 760-764.
- Wortel JF, Rugenbrink H, Nuboer JFW. The photopic spectral sensitivity of the dorsal and ventral retinae of the chicken. *Journal of Comparative Physiology* 1987; 160: 151-154.

CAPÍTULO III

DIFERENTES CORES DE LED NA PRODUÇÃO DE OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS EM SEGUNDO CICLO

(Este artigo está redigido de acordo com as normas da Brazilian Journal of Poultry Science,
ISSN 1516-635X)

Projeto de pesquisa integralmente aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais -
CEUA/UFGD Número de protocolo: 008/2012.

DIFERENTES CORES DE LED NA PRODUÇÃO DE OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS EM SEGUNDO CICLO

Resumo: A luz é um fator ambiental importante para as aves, não só permitindo a visão, mas também influenciando nas respostas fisiológicas, como atividade reprodutiva e comportamental. O desempenho reprodutivo das aves domésticas é altamente dependente da adequada manipulação da luz, envolvendo tanto a quantidade (duração e intensidade), cor da luz (ou comprimento de onda) e a frequência espectral. O objetivo deste experimento foi avaliar a influência de diferentes cores de LEDs na iluminação artificial de poedeiras comerciais em segundo ciclo de postura. O estudo foi realizado em um galpão de postura, dividido em ambientes diferentes, de forma que as cores de cada tratamento não influenciassem os demais. Foram utilizadas 300 poedeiras comerciais de linhagem Isa Brown, com idade inicial de 95 semanas, no segundo ciclo de postura. As fontes de luz utilizadas foram: LED Azul, LED Amarelo, LED Verde, LED Vermelho e LED Branco. Todos os tratamentos receberam programa de iluminação contínua de 17 horas por dia e ração a base de milho e farelo de soja. Adotou-se um delineamento em quadrado latino com 5 tratamentos (5 cores de LED) distribuídos em 5 períodos e 5 boxes, sendo 6 repetições de 10 aves em cada box. Tanto os índices produtivos quanto os índices de qualidade dos ovos não foram influenciados significativamente ($p > 0.05$) pelas cores avaliadas. Com os resultados obtidos nesta pesquisa conclui-se que os LEDs, nas cinco cores testadas podem ser utilizados para avicultura de postura.

Palavras chaves: avicultura, espectro visível, qualidade de ovos, e produção de ovos.

DIFFERENT COLORS LED IN THE PRODUCTION OF COMMERCIAL LAYING EGGS IN SECOND CYCLE

Abstract: Light is an important environmental factor for birds, allowing not only the vision, but also in influencing physiological responses, such as behavioral and reproductive activity. The reproductive performance of poultry is highly dependent on proper handling of light, involving the amount (duration and intensity), light color (or wavelength) and frequency spectrum. The objective of this experiment was to evaluate the influence of different colors of LED in artificial lighting laying hens in the second laying cycle. The study was conducted in a laying house, divided into different environments, so that the colors of each treatment not prejudice the other. A total of 300 laying hens lineage Isa Brown, aged 95 weeks, in the second laying cycle. The light sources used were Blue LED, LED Yellow LED Green LED Red and White LED. All treatments received continuous lighting program of 17 hours per day and a diet based on corn and soybean meal. We adopted a latin square design with 5 treatments (5 LED colors) divided into 5 periods and 5 boxes, 6 replicates of 10 birds in each box. Both as indexes of productive egg quality were not affected ($p > 0.05$) assessed by color. With the results obtained in this study it is concluded that the LED tested in five colors can be used for laying poultry.

Keywords: aviculture, egg production, egg quality, and visible spectrum.

Introdução

A luz é um fator ambiental importante para as aves, não só permitindo a visão, mas também influenciando nas respostas fisiológicas, como atividade reprodutiva e comportamental. O desempenho reprodutivo das aves domésticas é altamente dependente da adequada manipulação da luz, envolvendo tanto a quantidade (duração e intensidade), cor (ou comprimento de onda) e a frequência espectral (Gongruttananun & Guntapa, 2012).

Estudos demonstram que as aves domésticas submetidas a fotoperíodo estimulante responderam aos comprimentos de onda mais longos do espectro. A sensibilidade da ave para radiação de ondas longas (630-780 nm) é um resultado da penetração em tecidos mais profundos (fotorreceptores extra-retinais hipotalâmicos) para estimular o eixo reprodutivo (Woodard *et al.*, 1969; Harrison *et al.*, 1970; Pryzak *et al.*, 1987; Mobarkey *et al.*, 2010). Já a resposta das aves a radiação visível, captada pela retina do olho, possui um pico de sensibilidade relativo nas bandas verde-amarelo do espectro de luz (545-575 nm) (Mobarkey *et al.*, 2010) e são responsáveis pelo crescimento e comportamento (Lewis & Morris, 2000).

Gongruttananun (2011) verificou que o espectro de luz vermelha acelera o desenvolvimento sexual, não afetando os demais índices produtivos e de qualidade dos ovos, concluindo assim que os sistema de iluminação artificial para galinhas poedeiras com diodos emissores de luz são benéficos para a economia de energia e a redução de custos de criação.

Com a realização deste trabalho, objetivou-se, avaliar a influência de diferentes cores de LEDs na iluminação artificial de poedeiras comerciais em segundo ciclo de postura, sobre os índices produtivos e de qualidade dos ovos.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no setor de avicultura de postura experimental da Faculdade de Ciências Agrárias na Universidade Federal da Grande Dourados (FCA/UFGD) e teve duração de 70 dias divididos em cinco períodos de 14 dias. O experimento foi conduzido em galpão aberto, utilizando 30 gaiolas convencionais para postura (arame liso), possuindo comedouros do tipo calha e bebedouros do tipo *nipple*. Foram formados ambientes divididos com placas de madeira compensada, a fim de impedir que a iluminação artificial de cada fonte de luz não interferisse nas demais. Cada ambiente foi composto por seis gaiolas (6 repetições por ambiente) com lotação de 10 aves cada, totalizando 300 poedeiras comerciais da linhagem Isa Brown.

Anteriormente ao início deste experimento, especificamente às 91 semanas de idade, as aves utilizadas foram submetidas a um método de muda de penas induzida, seguindo metodologia indicada por Biggs *et al.* (2003), a qual, sugere o fornecimento de 95% de farelo de trigo durante o período de muda e, sendo assim, oferece menor situação de estresse as aves durante a realização deste processo. As fontes de luz testadas foram: LED Azul, LED Amarelo, LED Verde, LED Vermelho, LED Branco, (sendo que cada gaiola recebeu uma lâmpada de LED de potência 1W).

O sistema de iluminação foi conectado a um timer a fim de se fornecer um programa de luz contínuo de 17 horas/dia (natural + artificial) e a intensidade luminosa foi padronizada com 40 lux por box. As aves foram alimentadas com ração a base de milho e farelo de soja, formulada segundo as recomendações nutricionais para poedeiras comerciais semipesadas de Rostagno (2005).

Os ovos foram coletados uma vez ao dia e a produção de ovos por dia foi registrada, estes dados foram utilizados para a obtenção dos índices de produção acumulada no período

de 14 dias e estimativa em porcentual (%) de produção de ovos/dia, além de pesados para posteriormente realizar a avaliação da massa de ovos. A média de consumo de ração foi aferida, registrada e expressa em gramas por ave por dia.

No último dia de cada período, foram coletados cinco ovos íntegros de cada repetição (amostragem de 50 %), identificados e pesados (utilizando-se uma balança digital com precisão de 0,01g para obtenção do peso médio do ovo), sendo os valores registrados em uma planilha, e em seguida procedeu-se as análises de qualidade dos ovos, sendo elas: gravidade específica (As soluções foram formadas em recipientes de plástico com água e sal, e a densidade das soluções foi estabelecida entre 1060 a 1100 gramas de sal por cm³ de água, utilizando-se um densímetro de petróleo), altura do albúmen (foi aferida utilizando-se um paquímetro digital, medindo-se a altura do albúmen em relação a uma superfície de vidro nivelada sobre a mesa) e peso de gema e peso de casca (os dois últimos foram utilizados no cálculo da estimativa da média de porcentual dos componentes do ovo) e espessura de casca (utilizando um paquímetro digital, onde foi preconizada a medida da espessura da casca na região central do ovo). A unidade Haugh foi calculada por meio da fórmula descrita por Haugh (1937) a seguir:

$$UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7 PO^{0,37})$$

Sendo:

UH: Unidade Haugh

H: altura do albúmen (mm)

PO: peso do ovo

Adotou-se um delineamento em quadrado latino, totalizando 5 tratamentos (5 fontes de luz artificial de LED), em cinco períodos e cinco boxes, com 6 repetições de 10 aves para

cada box. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e a ANOVA utilizando-se o programa computacional R Core Team (2012), e para a comparação entre as médias utilizou-se o teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e Discussões

De acordo com a análise de variância, foi possível observar que os resultados obtidos, tanto produtivos como de qualidade dos ovos da presente pesquisa, não apresentaram diferenças significativas ($p > 0.05$) entre os tratamentos (Tabela 1).

Não foram observadas diferenças ($p > 0.05$) na produção de ovos (%) entre as cores de LED avaliadas (Tabela 1). Na literatura parece estar bem clara a hipótese de que as cores mais próximas ao vermelho são mais estimulantes ao desencadeamento de estímulos fisiológicos reprodutivos, o que resultaria em maior produção de ovos. Os autores Boni & Paes (1999) relatam que as aves respondem mais ao estímulo luminoso quando a iluminação é produzida por raios do final do espectro, como o roxo e alaranjado, produzindo mais hormônios reprodutivos.

A fotoestimulação de fotorreceptores extra-retinais, que estão localizados em diversas partes do cérebro e são sensíveis à luz vermelha, estimulam a atividade reprodutiva dos galos (Foss *et al.*, 1972) e codornas (Oishi & Lauber, 1973). Rozenboim *et al.* (1998), ressaltam que a produção de ovos pode ser adversamente afetada pela exposição de galinhas poedeiras, a luz com um comprimento de onda de 880 nm (infravermelho). Já Mobarkey *et al.* (2010) e Lewis & Morris (2000) destacam que o pico de sensibilidade relativo nas bandas verde-amarelo do espectro de luz (545-575 nm) é responsável pelo crescimento e comportamento das aves, não influenciando diretamente na produção de ovos.

Tabela 1. Produção de ovos por dia, produção por ave alojada no período de 14 dias, peso médio do ovo, consumo médio de ração por ave por dia e massa de ovos de galinhas poedeiras comerciais submetidas a diferentes cores de LEDs na iluminação artificial.

| | % Prod | Prod/AA | PO | Cons/A/D | M Ovos |
|----------|--------|---------|-------|----------|--------|
| Vermelho | 73.04 | 10.22 | 66.46 | 0.112 | 48.80 |
| Branco | 73.07 | 10.23 | 66.90 | 0.112 | 48.81 |
| Azul | 72.16 | 10.10 | 66.57 | 0.111 | 47.94 |
| Amarelo | 72.66 | 10.17 | 66.62 | 0.112 | 48.43 |
| Verde | 74.69 | 10.44 | 67.46 | 0.114 | 49.80 |
| p. valor | 0.53 | 0.56 | 0.73 | 0.35 | 0.42 |

ANOVA ($p > 0.05$). Produção de ovos por dia: % Prod; produção por ave alojada no período de 14 dias: Prod/AA; peso médio do ovo: PO; consumo médio de ração por ave por dia: Cons/A/D e; massa de ovos (M Ovos).

Trabalhando com luz artificial para galinhas poedeiras, Gongruttananun (2011), utilizou luz natural, LED vermelho, e lâmpada fluorescente complementada com LED vermelho para avaliar os efeitos destes sobre os parâmetros produtivos de galinhas poedeiras, e verificou que, as aves expostas à lâmpada fluorescente complementada com LED vermelho e o LED vermelho sozinho, iniciaram a postura significativamente ($p < 0.05$) mais cedo do que o tratamento com luz natural.

Conforme Gongruttananun (2011), no início da postura a cor da luz pode influenciar a atividade reprodutiva das poedeiras, no entanto, nos resultados observados na atual pesquisa não é possível observar este efeito. Em se tratando de aves em segundo ciclo de produção, onde a ave retorna a atividade reprodutiva após passar por um período de recesso, não foram observadas influências de nenhuma das cores avaliadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Jones *et al.* (1982) que não encontraram quaisquer efeitos benéficos da luz vermelha para produção de ovos em galinhas poedeiras. De mesma forma, Jácome *et al.*

(2012) observaram que as cores de LED não afetaram os índices produtivos de codornas de postura.

Apesar de contrariar boa parte da literatura, pelo fato de serem testadas 5 fontes de luz monocromáticas com comprimentos de onda variando entre 455 a 780 nm, ou seja, abrangendo grande parte do espectro visível, os atuais resultados acabam refletindo as hipóteses de que o período de 14 dias poderia não ser suficiente para modificar a fisiologia reprodutiva das aves em segundo ciclo de postura, ou ainda, que aves em segundo ciclo de postura possuem maior sensibilidade à intensidade da luz, sendo estimuladas de mesma maneira independente das cores quando a intensidade luminosa for suficiente para tal ação.

A produção de ovos por ave alojada no período apresentou-se semelhante ($p>0,05$) entre todos os tratamentos avaliados (Tabela 1). É importante ressaltar que estes resultados poderiam indicar possíveis influências das cores de luz sobre a produção de ovos, pois a produção por ave alojada possibilita uma visão mais aguçada sobre os dados produtivos, sendo possível até verificar qual foi o período entre cada ovulação.

Os resultados de peso médio dos ovos (PO) foram semelhantes entre si ($p>0,05$), não apresentando diferenças ($p>0,05$) em função das diferentes cores de LEDs avaliadas (Tabela 1). Os dados demonstram que as diferentes frequências espectrais das cores avaliadas não influenciaram na deposição dos componentes dos ovos por parte do aparelho reprodutivo. Esta variável geralmente é influenciada por: nutrição, dependendo da ingestão diária de proteína (Pinto, 1998), genética, variáveis ambientais, como a temperatura e, idade pois, com o envelhecimento da galinha ocorre aumento no tamanho dos ovos (Eisen *et al.*, 1962).

Os dados de peso dos ovos são muito requisitados nas avaliações de diferentes programas de luz e diferentes tipos de lâmpadas para a iluminação artificial dos sistemas avícolas de postura, porém, a literatura existente até o momento, vem demonstrando que esta variável geralmente não é influenciada pela quantidade ou qualidade da luz fornecida.

Em pesquisa realizada por Gongruttananun & Guntapa (2012) o LED de cor vermelha não influenciou ($p>0.05$) o peso e a qualidade do ovo. Rozenboim *et al.* (1998), citam em seu estudo que o peso do ovo não é afetado pela cor de luz e pela intensidade, mas, sugerem mais estudos para melhores esclarecimentos.

Avaliando diferentes cores de LED na comparação com a lâmpada incandescente sobre o desempenho produtivo de codornas para postura, Jácome *et al.* (2012), também não observaram influências das cores sobre o peso dos ovos, corroborando com os resultados observados neste estudo. No entanto, Er *et al.* (2007) avaliando diferentes cores de LED em comparação a lâmpada incandescente verificaram que a lâmpada incandescente apresenta resultados de peso do ovo superiores ($p<0.05$) aos do LED de cor vermelha.

Para o consumo médio de ração não foram observadas diferenças significativas ($p>0.05$) entre os tratamentos avaliados (Tabela 1), sendo estes resultados decisivos na afirmação de que as aves em segundo ciclo de postura não são influenciadas pelas diferentes frequências espectrais. As variáveis ambientais exercem bastante influencias sobre o metabolismo animal com conseqüente inferência no consumo de ração. De acordo com Etches (1996) o efeito da iluminação sobre o consumo de alimento está associado a atividade locomotora da ave, que fica reduzida ao mínimo, nos períodos escuros. Com a diminuição dos movimentos, o gasto de energia é também reduzido fazendo com que melhore a eficiência alimentar e diminua o consumo de ração.

Resultados semelhantes foram encontrados por Jácome *et al.* (2012), que, além de avaliarem o consumo de ração de codornas de postura, investigaram também a frequência de acessos aos comedouros quando submetidas à iluminação artificial com LED de diferentes cores e lâmpadas incandescentes. Os resultados de frequência de acessos aos comedouros demonstraram que as aves acessam mais os comedouros quando iluminadas com lâmpada

incandescente e com LED de cor azul, no entanto, não encontraram diferenças ($p>0.05$) no consumo de ração em gramas por ave por dia ao final do experimento.

Em experimento realizado por Gongruttananun (2011), não foram observadas influências ($p>0.05$) dos tipos de luz (LED de cor vermelha, luz natural e combinação de lâmpada fluorescente com LED vermelho) sobre o consumo alimentar. Já, em outro estudo Gongruttananun & Guntapa (2012) verificaram melhora significativa na taxa de conversão alimentar das aves alojadas nos tratamentos que foram equipados com LED vermelho e luz natural complementada com LED vermelho, em relação ao tratamento controle que possuía somente iluminação natural.

O fato de ingerir quantidade maior ou menor de alimento é considerado um sinal importante na produção de animais em fase reprodutiva, pois para manutenção das atividades fisiológicas, o animal aumentará substancialmente a ingestão de alimentos a fim de suprir a maior exigência energética e proteica desta condição fisiológica diferenciada em que se encontra.

Um exemplo que pode ser usado para explicar esta hipótese é o estudo de Gongruttananun (2011) onde o autor verificou que houve o desenvolvimento progressivo dos folículos ovarianos em galinhas iluminadas com LED de cor vermelha, sendo confirmado também aumento da concentração de estradiol no sangue das aves do mesmo tratamento. Isto evidencia que, a mudança fisiológica que causou aumento da secreção deste hormônio, proporcionou um incremento na necessidade nutricional destes animais. Neste caso, os animais apresentavam exigências nutricionais diferenciadas dos demais animais que faziam parte do experimento, com o intuito de manter a atividade reprodutiva em funcionamento durante o período de estímulo pela luz vermelha.

Não foram observadas diferenças ($p>0.05$) na massa de ovos de poedeiras criadas sob diferentes cores de LED (Tabela 1). É natural que as galinhas em segundo ciclo de postura

apresentem ovos de tamanho aumentado e um percentual de produção de ovos reduzido, no entanto, não foram observados efeitos das diferentes cores de luz sobre tal variável.

Ao comparar a massa de ovos entre os tratamentos, é justo ressaltar que o maior tempo de exposição das aves ao fator indutivo à produção de ovos, ou seja, a luz causará maior estimulação a secreção dos componentes dos ovos, e sendo assim, se a cor da luz não é estimulante, à secreção dos componentes dos ovos poderá ser diminuída gradativamente.

A altura de albúmen não diferiu ($p>0.05$) entre as cores de luz estudadas (Tabela 2). A altura do albúmen geralmente é influenciada pela idade das aves, pelo tempo de estocagem ou até mesmo por algumas variáveis ambientais, tendendo a diminuir com o aumento da idade da galinha e com o tempo de armazenamento.

Tabela 2. Altura de albúmen, unidade Haugh, gravidade específica ou peso específico, espessura de casca de galinhas poedeiras comerciais submetidas à diferentes cores de LEDs na iluminação artificial.

| | AA | UH | GE | EC |
|----------|------|-------|--------|-------|
| Vermelho | 7.40 | 82.67 | 1081.4 | 0.251 |
| Branco | 7.37 | 82.53 | 1081.6 | 0.248 |
| Azul | 7.34 | 82.27 | 1082.1 | 0.250 |
| Amarelo | 7.52 | 83.75 | 1080.5 | 0.233 |
| Verde | 7.63 | 84.10 | 1081.3 | 0.249 |
| p. valor | 0.72 | 0.68 | 0.40 | 0.39 |

ANOVA ($p>0.05$). Altura de albúmen (AA); unidade Haugh (HH); gravidade específica ou peso específico (GE); e espessura de casca (EC).

Entretanto, este fato pode ser explicado pela influência de fatores ambientais, como por exemplo, a elevação da temperatura ambiente (Silversides & Budgell, 2004). Ainda,

segundo Rozenboim *et al.* (2007), galinhas poedeiras comerciais que são expostas a altas temperaturas ambientais manifestam falhas na atividade reprodutiva com consequente perda na qualidade interna do ovo.

A altura do albúmen é uma medida comumente utilizada na verificação da qualidade interna dos ovos, podendo também, ser utilizada na composição de cálculos matemáticos que expressam com maior clareza as medidas de qualidade interna, como é o caso da unidade Haugh.

As médias do índice de unidade Haugh, que levam em consideração o peso do ovo e a altura do albúmen (Tabela 2) para expressar a qualidade interna dos ovos, não diferiram entre os tratamentos avaliados. Estes dados corroboram com o estudo realizado por Gongruttananun & Guntapa (2012), no qual não foram observadas diferenças na qualidade dos ovos de poedeiras submetidas à tratamentos com luz de LED de cor vermelha e luz natural.

A composição da ração e a linhagem da galinha podem afetar a unidade Haugh. Outros fatores, como estação do ano (Cunningham *et al.*, 1960) e método de criação (Proudfoot, 1962) não parecem afetar a unidade Haugh. Por outro lado, alguns autores afirmaram que a unidade Haugh diminui com o aumento da idade (Fry *et al.*, 1981; Fletcher *et al.*, 1983; e Belyavin, 1988). Tal fato não foi constatado pelas avaliações realizadas neste experimento, pois os valores mantiveram-se constantes entre os períodos do estudo.

De acordo com Oliveira (1992) ovos com 72 unidades Haugh são considerados de excelente qualidade, no padrão americano de classificação de ovos. Os resultados da unidade Haugh na atual pesquisa encontram-se entre 82,27 e 84,10, sendo estes valores bastante superiores aos citados por Oliveira (1992). Porém, sabe-se que o peso do ovo aumenta com a idade da ave e esta é causa deste acréscimo na variável em questão, pois com ovos mais

pesados, conseqüentemente haverá maior deposição de albúmen acarretando aumento proporcional no valor da unidade Haugh.

A qualidade da casca avaliada por meio da gravidade específica dos ovos se manteve semelhante ($p>0.05$) entre as diferentes cores de LED (Tabela 2). Sendo a ave dependente da vitamina D, que é fornecida através da dieta ou produzida na pele por irradiação do 7-desidrocolesterol por ação da luz, para a realização do processo de absorção do cálcio fornecido na dieta até a sua deposição na casca do ovo, entende-se que o fator luz poderia apresentar alguma influencia direta sobre a qualidade da casca. Contudo, em experimento realizado por Gongruttananun (2011) a estrutura da casca do ovo não foi afetada pela cor de luz de LED vermelha.

Por outro lado, Roberts (2004) descarta esta hipótese, citando que os fatores que afetam a qualidade da casca são: raça ou linhagem da ave, idade da ave, muda natural ou muda forçada, nutrição, estresse por alta densidade de alojamento, estresse por calor, doenças, sistema de produção e falta de minerais na ração.

Não foram observadas maiores efeitos ($p>0.05$) das cores de LED nas demais avaliações de espessura de casca (Tabela 2). No entanto, estes resultados discordam do estudo elaborado por Er *et al.* (2007) que encontraram diferenças estatísticas nas avaliações de qualidade da casca de ovos de poedeiras comerciais submetidas a luz monocromática nas cores vermelho, verde e azul em comparação às lâmpadas incandescentes. Estes autores citam que o índice de casca, a espessura de casca e a resistência da casca apresentaram-se significativamente maiores para a luz verde quando relacionados aos demais tratamentos.

Alguns fatores exemplificados por Brooks (1971) estão associados à produção de ovos de casca fina e dentre eles cita a idade das aves, a temperatura e umidade dentro das instalações. Dentre os fatores ambientais que levam à produção de ovos com casca fina, à temperatura ambiente é sem dúvida, o mais importante.

A composição (%) de cada componente dos ovos avaliados (porcentagem de albúmen, porcentagem de gema e porcentagem de casca), não diferiu ($p>0.05$) entre as cores de LED avaliadas (Tabela 3).

A composição geral dos ovos grandes foi descrita por Stadelman & Cotterill (1977) demonstrando os seguintes valores: 58% de albúmen, 31% de gema, e 11% casca. Já Stadelman *et al.* (1995) citaram que o albúmen compreende 60%, a gema cerca de 30 a 33%, e a casca cerca de 9 a 12% na composição do peso total do ovo.

Tabela 3. Índices de porcentagem dos componentes dos ovos: porcentagem de albúmen, porcentagem de gema e, porcentagem de casca de ovos de galinhas poedeiras submetidas a diferentes cores de LEDs na iluminação artificial.

| | % Alb | % Gem | % Cas |
|----------|-------|-------|-------|
| Vermelho | 64.30 | 25.36 | 10.32 |
| Branco | 65.44 | 25.07 | 9.48 |
| Azul | 65.09 | 25.41 | 9.49 |
| Amarelo | 64.98 | 25.68 | 9.32 |
| Verde | 65.18 | 25.55 | 9.25 |
| p. valor | 0.80 | 0.68 | 0.58 |

ANOVA ($p>0.05$). Peso de albúmen: P Alb; porcentagem de albúmen: % Alb; porcentagem de gema: % Gem; peso de gema: P Gem; porcentagem de casca: % Cas; e peso de casca: P Cas.

Contudo, Stadelman & Cotterill (1977) salientam ainda que para aves com idade acima de 97 semanas, como é o caso em estudo, os valores (%) situam-se muito próximos aos descritos anteriormente (58% de albúmen, 31% de gema, e 11% casca). Os valores dos componentes dos ovos (%), na atual pesquisa, situaram-se muito próximos a estes

mencionados pela literatura, no entanto, observa-se que somente o índice de gema encontra-se inferior à literatura citada.

A idade elevada das aves no experimento seria uma das hipóteses levantadas na tentativa de compreender tal efeito, pois torna o tamanho do ovo maior (consequência da elevada deposição de albúmen). No entanto, Rossi & Pompei (1995), citam ainda que o tipo de criação e a estação do ano podem afetar a composição e a estrutura dos ovos de galinha, além de, serem bastante conhecidos os efeitos do processo de muda forçada sobre a fisiologia da ave e conseqüentemente nos resultados obtidos.

Conforme mencionado por Gongruttananun (2011), a estimulação e liberação de alguns hormônios reprodutivos, como por exemplo, o estradiol que é um hormônio ovariano, pode desencadear uma ampla variedade de funções reprodutoras em galinhas poedeiras, incluindo a regulação do metabolismo do cálcio para a formação da casca do ovo (Etches, 1987), crescimento do oviduto e indução da secreção de albumina (Palmiter, 1972), e estimulação da síntese de precursor de gema (Deely *et al.*, 1975). Gongruttananun (2011) observou ainda que houve aumento significativo do estradiol nas concentrações sanguíneas das aves que obtiveram desenvolvimento mais progressivo dos folículos ovarianos devido a estimulação no tratamento com luz de LED vermelha.

Conclusão

Concluiu-se que as diferentes cores de LEDs avaliadas não afetam os índices produtivos e de qualidade dos ovos de poedeiras comerciais semi pesadas em segundo ciclo de postura. Os resultados indicam ainda a hipótese de que as aves em segundo ciclo de postura podem ser fotoestimuladas somente pela intensidade luminosa.

Referências Bibliográficas

- Belyavin CG. Egg quality as influenced by production systems. *World's Poultry Science Journal* 1988; 44: 65-67.
- Biggs PE, Douglas MW, Koelkebeck KW, Parsons CM. Evaluation of nonfeed removal methods for molting programs. *Poultry Science* 2003; 82:749–753
- Boni IJ, Paes AOS. Programas de luz para matrizes: machos e Fêmeas. In: 2º Simpósio Técnico sobre Matrizes de Frangos de Corte 13 a 15 de outubro de 1999 - Chapecó, SC, Brasil.
- Brooks RC. Egg breakage is costing you Money. *Poultry Tribune* 1971; 3: 22-36.
- Cunningham FE, Cotteril OJ, Funk EM. The effect of season and age of bird. I. On egg size, quality and yield. *Poultry Science* 1960; 39: 289-299.
- Deely RG, Mullinix K.P, Wetekam W, Kronenberg HM, Meyers M, Eldridge JD, and Goldberger RF. Vitellogenin synthesis in the avian liver. Vitellogenin is the precursor of the egg yolk phosphoproteins. *The Journal of Biological Chemistry* 1975; 250: 9060–9066.
- Eisen EJ, Bohre BB, Mckean HE. The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. *Poultry Science* 1962; 4: 1461-1468.
- Er D, Wang Z, Cao J, Chen Y. Effect of monochromatic light on the egg quality of laying hens. 2007 Poultry Science Association, Inc. *The Journal of Applied Poultry Research* 2007; 16 (4): 605-612.
- Etches RJ. Reproducción aviar. Zaragoza: Acribia 1996, p.339.
- Etches RJ. Calcium logistics in the laying hen. *Journal of Nutrition* 1987; 117: 619–628.
- Fletcher DL, Britton WM, Pesti GM, Rahn AP. The relationship of layer flock age and egg weight on egg component yields and solids content. *Poultry Science* 1983; 62: 1800-1805.

- Foss DC, Carew Jr LB, and Arnold EL. Physiological development of cockerels as influence by selected wavelengths of environmental light. *Poultry Science* 1972; 51: 1922–1927.
- Fry JL, Moore JS, O'steen AW. Strain difference and initial quality relationships to rate of interior egg quality decline. *Poultry Science* 1981; 60: 649-652.
- Gongruttananun N, & Guntapa P. Effects of Red Light Illumination on Productivity, Fertility, Hatchability and Energy Efficiency of Thai Indigenous Hens. *Kasetsart Journal: Natural Science* 2012; 46: 51 – 63.
- Gongruttananun, N. Influence of red light on reproductive performance, eggshell ultrastructure, and eye morphology in Thai-native hens. *Poultry Science* 2011; 90 (12): 2855-2863.
- Harrison PC, Latshaw JD, Casay JM, and McGinnis J. Influence of decreased length of different spectral photoperiods on testis development of domestic fowl. *Journal of Reproduction & Fertility* 1970; 22: 269–275.
- Haugh RR. The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg Poultry Magazine* 1937; 43: 552-555.
- Jácome IMDT, Borille R, Rossi LA, Rizzotto DW, Becker JA, e Sampaio CFR. Desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial. *Archivos de Zootecnia* 2012; 61 (235): 449-456.
- Jones JE, Hughes BL, Thurston RJ, Hess RA, and Froman DP. The effects of red and white light during the prebreeder and breeder periods on egg production and feed consumption in large white turkeys. *Poultry Science* 1982; 61: 1930–1932.
- Lewis PD, & Morris TR. Poultry and coloured light - Reviews. *World's Poultry Science Journal* 2000; 56: 189–207.

- Mobarkey N, Avital N, Heiblum R, Rozenboim I. The role of retinal and extra-retinal photostimulation in reproductive activity in broiler breeder hens. *Domestic Animal Endocrinology* 2010; 38: 235–243.
- Oliveira BL. Pontos críticos no manejo de poedeiras. In: Conferência Apinco 1992 de Ciência e Tecnologia Avícola, São Paulo, 1992. Anais. Santos: Facta 1992, p.137-144.
- Oishi T, and Lauber JR. Photoreception in the photosexual response of quail. II. Effects of intensity and wavelength. *American Journal Physiology* 1973; 225: 880–886.
- Palmiter RD. Regulation of protein synthesis in chick oviduct. I. Independent regulation of ovalbumin, conalbumin, ovomucoid and lysozyme induction. *The Journal of Biological Chemistry* 1972; 247: 6450–6461.
- Pinto R. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 1998: 64f.
- Proudfoot FG. The decline of internal egg quality during storage at 30°F and 70°F among six strains of Leghorns reared in confinement and on range. *Poultry Science* 1962; 41: 98-103.
- Pryzak R, Snapir N, Goodman G, and Perek M. The effect of light wavelength on the production and quality of eggs of the domestic hen. *Theriogenology* 1987; 28: 947–960.
- R Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Roberts JR. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *Journal of Poultry Science* 2004; 41: 161-177.
- Rossi M, & Pompei C. Changes in some egg components and analytical values due to hen age. *Poultry Science* 1995; 74: 152-160.

- Rostagno HS. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa. MG: Editora UFV 2005; 141p.
- Rozenboim I, Tako E., Gal-Garber O, Proudman JA, and Uni Z. The Effect of heat stress on ovarian function of laying hens, *Poultry Science* 2007; 86 (8): 1760-1765.
- Rozenboim I, Zilberman E, and Gvarzyahu G. New monochromatic light source for laying hens. *Poultry Science* 1998; 77: 1695–1698.
- Silversides FG, and Budgell. The relationships among measures of egg albumen height, pH, and whipping volume. *Poultry Science* 2004; 83 (10): 1619-1623.
- Stadelman WJ, Cotterill, OJ. *Egg Science and Technology*, 4th ed. The Haworth Press, Inc. Nova York, 1995; p39-53.
- Stadelman, W. J., and O. J. Cotterill. *Egg Science and Technology*. AVI, Westport 1977, CT.
- Woodard AE, Moore JA, and Wilson WO. Effect of wavelength of light on growth and reproduction in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Poultry Science* 1969; 48: 118–123.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo indicaram que os produtores de ovos podem substituir as lâmpadas convencionais de seus galpões de postura por LEDs, sem que os índices produtivos e de qualidade dos ovos sejam afetados, no entanto, para aves em primeiro ciclo de postura, é mais indicada a utilização dos LEDs nas cores branca e ou vermelha.

A instalação de LEDs de cores verde, azul e amarela nos aviários de postura não seria indicada, pois, de acordo com a atual pesquisa, os resultados de produção de ovos apresentaram-se em média 3,47 % inferiores aos da lâmpada incandescente que foi utilizada como controle.

Já para as aves em segundo ciclo de postura, a cor dos LEDs não afeta os índices produtivos e de qualidade dos ovos, sendo indicada qualquer cor de LED.

A instalação de LEDs no sistema de iluminação artificial de galinhas poedeiras causará uma redução, que gira em torno de 60 a 70 % no consumo de energia elétrica dos aviários, além disso, considerando-se que esta tecnologia possui uma maior vida útil (aproximadamente 50.000 horas) se comparadas a outras fontes de iluminação comumente utilizadas (aproximadamente 8.000), os resultados financeiros na produção de ovos serão substancialmente melhorados. Quando empregada esta tecnologia de iluminação, a cadeia avícola de postura estará dando um passo a frente na busca de uma das atuais demandas da sociedade: a sustentabilidade. Pois o LED é um produto totalmente reciclável, durável, e possui baixo consumo de energia elétrica.