

SISTEMA DE ILUMINAÇÃO COM LED PARA APLICAÇÃO EM GAIOLAS DE POEDEIRAS

JULIANA DE S. G. BARROS¹, LUIZ A. ROSSI², KARINA SARTOR³

¹ Engenheira Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola na Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI, Universidade de Campinas – UNICAMP, Fone: 19 98283-0554, july.granja@hotmail.com

² Engenheiro Elétricista, Prof. Doutor Adjunto, Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) – Unicamp, Campinas-SP.

³ Zootecnista, Doutoranda em Engenharia Agrícola na Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI, Universidade de Campinas – UNICAMP, Campinas-SP.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: A iluminação nos galpões de poedeiras é feita com a utilização de lâmpadas. Por serem uma fonte de iluminação puntiforme, possuem gradiente decrescente de iluminamento, fornecendo baixa uniformidade da iluminação nos pisos das gaiolas. O uso de sistemas lineares de iluminação com LEDs melhoram a distribuição de luz. Entretanto, os sistemas comercializados atualmente são projetados para atender as exigências de iluminamento residencial e comercial tornando-os menos eficientes quando aplicados na avicultura. Desta forma, o objetivo deste artigo foi projetar um sistema de iluminação em fita de circuito impresso (FCI) com LED para aplicação em gaiolas, que atenda às necessidades das aves, uniformize a distribuição da intensidade luminosa e possibilite economia de energia elétrica. Assim, o dimensionamento do sistema de iluminação e simulações do fluxo luminoso foram realizados por meio do software Dialux. O protótipo do sistema foi montado em laboratório e testes quanto ao consumo de energia elétrica foram efetuados. A distribuição da intensidade luminosa foi avaliada em dois pontos de instalação do sistema na gaiola. A análise foi realizada por meio de geoestatística. O sistema de iluminação em FCI com 4 LEDs, instalado no interior da gaiola, proporcionou melhor distribuição da iluminação na altura da cabeça das aves.

PALAVRAS-CHAVE: ave de postura, diodo emissor de luz, tecnologia para o meio rural.

LED ILLUMINATION SYSTEM FOR APPLICATION IN LAYING CAGE

ABSTRACT: Lighting in laying huts is done using lamps. Because they are a point source of illumination, they have a gradient decreasing of illumination, providing low illumination uniformity in the floors of the cages. The use of linear lighting systems with LEDs improves light distribution. However, today's commercialized systems are designed to meet residential and commercial lighting requirements making them less efficient when applied to poultry farming. In this way, the objective of this article was to design a printed circuit board (FCI) illumination system with LED for cage application, that meets the needs of birds, unifies the distribution of light intensity and allows saving of electricity. Thus, the design of the lighting system and simulations of the luminous flux were carried out using Dialux software. The prototype of the system was assembled in the laboratory and tests on the electric energy consumption were made. The light intensity distribution was evaluated at two points of installation of the system in the cage. The analysis was performed using geostatistics. The FCI lighting system with 4 LEDs, installed inside the cage, provided a better distribution of illumination at the head of birds.

KEYWORDS: laying hens, light emitting diode, technology for the rural environment.

INTRODUÇÃO

O uso adequado do manejo de luz na criação de aves é de extrema importância dentro da cadeia avícola, pois o mesmo está diretamente associado ao desenvolvimento reprodutivo das aves e, conseqüentemente, a produção de ovos de qualidade (JORDAN e TAVARES, 2005; NUNES et al., 2013). A influência da iluminação na produção e reprodução das aves pode ocorrer tanto por fotoperíodo quanto pela intensidade da luz e seus efeitos são bastante evidentes (GEWERHR e FREITAS, 2007). De acordo com o Manual da Genética Hy-Line W-36, as aves necessitam de intensidade luminosa entre 10 e 30 lux e fotoperíodo de 16 horas por dia, considerando iluminação natural e artificial, para expressarem seu potencial produtivo. Desta forma, a utilização de iluminação artificial na avicultura de postura é essencial para atingir o índice de iluminância e o fotoperíodo adequados à estimulação fisiológica das aves para obter a máxima produtividade. No entanto, os sistemas de iluminação ainda apresentam a desvantagem de utilizarem lâmpadas de alta potência e de baixa eficiência. Além disso, por serem sistemas puntiformes de distribuição de luz, fornecem baixa uniformidade da iluminação nos pisos das gaiolas. Assim, o uso de sistemas lineares de iluminação com tecnologia LED possibilita melhor distribuição da luz nos diferentes pisos. A vantagem da utilização de LED em sistemas de iluminação é devido à alta eficácia luminosa e longa vida útil, além de possibilitar a concentração da luz na faixa do espectro visível das aves. Atualmente, esta eficácia alcança 100 lm/W e vida útil de 60.000 horas, sendo superior às lâmpadas incandescentes (15 lm/W, 1.000 horas) e fluorescentes (80 lm/W, 6.000 horas) (OSRAM, 2014). No entanto, os sistemas de iluminação linear com LEDs comercializados atualmente são projetados para atender as exigências de iluminação residencial e comercial tornando-os menos eficientes quando aplicados na avicultura. Neste sentido, é necessário o desenvolvimento de sistema de iluminação específico para atender as necessidades das aves poedeiras utilizando tecnologias mais eficientes de iluminação. O objetivo deste artigo foi projetar um sistema de iluminação em fita de circuito impresso (FCI) com LED para aplicação em gaiolas, que atenda às necessidades das aves, uniformize a distribuição da intensidade luminosa e possibilite economia de energia elétrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Laboratório de Instalações Elétricas da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Gaiolas de poedeiras com 0,80 x 0,70 x 0,55 m (comprimento x largura x altura) foram utilizadas nos testes. O sistema de iluminação foi projetado de modo a apresentar valores reduzidos de potência elétrica, menor quantidade de LEDs por comprimento de gaiola e menor fluxo luminoso que atenda às necessidades das poedeiras (iluminação entre 10 e 30 lux). Assim, o dimensionamento do sistema de iluminação em FCI com Leds foi realizado adotando-se três etapas: seleção do led, dimensionamento da fita pelo método do iluminamento e dimensionamento da fita por meio do software Dialux da Philips.

Seleção do LED

O Led utilizado foi o SMD (Surface Mounted Diode), com temperatura de cor branco quente (3000 K) e ângulo de abertura de fachada de iluminação de 120°. A seleção do LED foi realizada em função do comprimento de onda emitido. O led com temperatura de cor branco quente apresenta maior intensidade no comprimento de onda de 640 nm, que é o espectro que possui maior capacidade de estimulação nas aves poedeiras através da via transcraniana (COTTA, 2002). O mesmo apresenta fluxo luminoso entre 6 e 7 lúmens.

Método do Iluminamento

O método do iluminamento foi utilizado para o dimensionamento preliminar do sistema de iluminação. Com este método foi possível calcular uma estimativa do número de Leds necessário para a fita fornecer iluminamento entre 10 e 30 lux em cada gaiola (Guia da Linhagem Hy-Line W-36). Para tanto, a equação 1 foi utilizada.

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (1)$$

em que,

Φ - fluxo luminoso, lúmens;

E – iluminamento, lux;

A – área, m².

No cálculo, considerou-se a área da gaiola mais a área do comedouro, que corresponde ao valor total de 0,624 m². A soma das duas áreas foi utilizada no dimensionamento para que a fita mantenha o iluminamento em ambas as áreas entre 10 e 30 lux. Desta forma, o sistema de iluminação proposto poderá atender as exigências de iluminamento dentro da gaiola, na altura da cabeça das aves, e também no comedouro, promovendo estimulação transcraniana das aves (luz dirigida para a parte de trás da cabeça das aves) enquanto as mesmas se alimentam. Conforme a equação 1, o fluxo luminoso necessário em cada gaiola seria de 6,24 a 19 lúmens. Como o led que será utilizado no sistema de iluminação possui entre 6 e 7 lúmens, a fita deverá apresentar entre 2 e 4 leds, aproximadamente.

Dialux

Simulações foram efetuadas no software Dialux utilizando 3 e 4 leds na fita. As simulações foram realizadas com a fita de led localizada na parte da frente da gaiola, acima do comedouro, e com a fita localizada dentro da gaiola a 30 cm de distância da região frontal (localizada no meio da gaiola). A distribuição da iluminância foi avaliada em dois planos de trabalhos: dentro da gaiola, na altura da cabeça das aves, a 23 cm de altura (altura aproximada das aves), e na área do comedouro, a 7 cm de altura (medida correspondente a altura da cabeça das aves ao se alimentarem). O fluxo luminoso adotado nas simulações foi 6 lúmens (Figura 1). Desta forma, foi possível avaliar qual configuração da fita (número de leds) e posicionamento da mesma fornecem melhor distribuição da iluminância dentro dos limites exigidos (entre 10 e 30 lux), nas áreas estudadas.

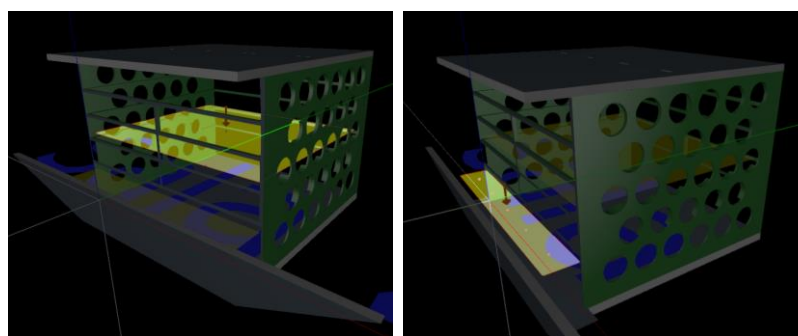


FIGURA 1. Planos de trabalho utilizados na simulação no software Dialux.

Desenvolvimento do protótipo da FCI com Led

Após o dimensionamento do sistema de iluminação, o protótipo da FCI com Leds foi montado em laboratório utilizando placas de circuito impresso. O protótipo foi desenvolvido

com os leds ligados em série com um resistor para um comprimento de 0,80m (comprimento da gaiola). O resistor foi dimensionado de forma a limitar a corrente da fita em 20 mA (corrente nominal do led). Para a alimentação do protótipo, foi utilizada uma fonte com tensão ajustável. Um multímetro de bancada foi utilizado para avaliar a corrente elétrica de alimentação da fita.

Coleta dos dados

A avaliação do protótipo da FCI com Leds quanto à distribuição da intensidade luminosa foi realizada com o auxílio de luxímetro digital portátil. As medições foram realizadas com o protótipo da FCI instalado na parte da frente da gaiola, acima do comedouro, e dentro da gaiola, conforme apresentado. Em cada posicionamento do protótipo, os dados de iluminância foram coletados em 25 pontos equidistantes na área dentro da gaiola, na altura da cabeça das aves, a 23 cm de altura (altura aproximada das aves), e em 15 pontos equidistantes na área do comedouro, a 7 cm de altura (medida correspondente a altura da cabeça das aves ao se alimentarem). Realizaram-se 3 coletas de dados em cada área estudada e a média em cada ponto de coleta foi obtida (Figura 2).

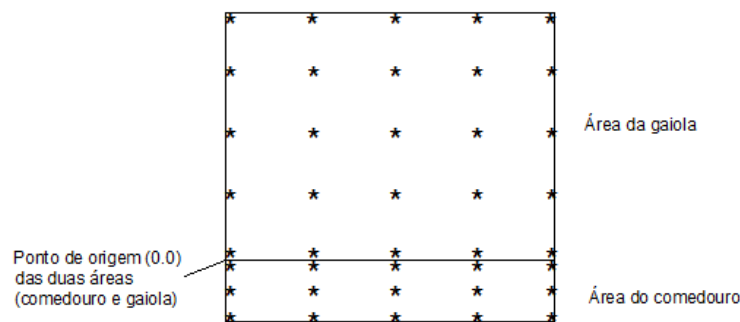


FIGURA 2. Pontos de coletas dos dados nas áreas avaliadas.

Análise geoestatística

A variabilidade dos dados foi, primeiramente, avaliada pela análise de estatística descritiva por meio de gráfico de boxplot. Os gráficos de boxplot foram obtidos por meio do software Minitab. A dependência espacial foi analisada por ajuste de semivariograma, com base na suposição de hipótese intrínseca. No ajuste dos modelos teóricos aos variogramas experimentais foram determinados os seguintes coeficientes: efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C_1$), variância estrutural (C_1) e alcance (a) pelo *software* GS⁺, que utiliza o método dos mínimos quadrados e adota como critérios para a seleção o maior valor de coeficiente de determinação (R^2), a menor soma de quadrados dos resíduos (SQR) e o maior valor do coeficiente de correlação (r^2) obtido pelo método de validação cruzada. O grau de dependência espacial – GDE das variáveis ($C_0 / C_0 + C_1$) foi analisado de acordo com classificação de Cambardella et al. (1994), o qual considera dependência espacial forte os variogramas que $GDE < 25\%$, moderada entre 25 e 75% e fraca $> 75\%$. Os modelos de semivariogramas testados foram o esférico, exponencial, linear e gaussiano. Após o ajuste dos modelos, estes foram usados para desenvolver os mapas de krigagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Simulação no software Dialux

A distribuição da intensidade luminosa, obtida por meio de simulações no Dialux, na área do comedouro e da gaiola para dois tipos de instalação do sistema de iluminação com leds (acima do comedouro e no interior da gaiola) estão apresentadas nas Figuras 3 e 4.

Para a FCI localizada acima do comedouro, a intensidade luminosa apresentou boa distribuição e ficou dentro dos limites de 10 a 30 lux recomendados para poedeiras (Manual Hy-Line) em toda a área do comedouro, tanto na configuração com 3 leds quanto na configuração com 4 leds (Figuras 3a e 3b). No entanto, na área da gaiola, a distribuição da intensidade luminosa apresentou valores entre 10 e 30 lux apenas na região próxima ao comedouro, para as duas configurações da fita (FCI com 3 e 4 leds) (Figuras 4e e 4f). A área da gaiola com a FCI com 4 leds apresentou valores mais elevados de iluminância em comparação a FCI com 3 leds. Com a FCI com Leds localizada no interior da gaiola, na região mediana da mesma, a área do comedouro apresentou baixos valores de intensidade luminosa na configuração da FCI com 3 leds (Figura 3c). A área do comedouro apresentou melhor distribuição da iluminância com a FCI contendo 4 leds (Figura 3d). Na área da gaiola, ambas as configurações da FCI forneceram intensidade luminosa acima de 30 lux na região central abaixo da fita. Isto ocorreu devido a convergência do fluxo luminoso dos leds na região central abaixo da fita, independente do numero de leds. Na FCI com 4 leds, a área da gaiola apresentou os maiores valores de iluminância e observou-se maior alcance da intensidade luminosa mínima recomendada para poedeiras, que é 10 lux (Figuras 4g e 4h).

Avaliando-se as áreas conjuntamente, do comedouro e da gaiola, foi possível inferir que a configuração da FCI com 4 leds, localizada no interior da gaiola, forneceu melhor distribuição da intensidade luminosa em relação às demais configurações e localizações estudadas.

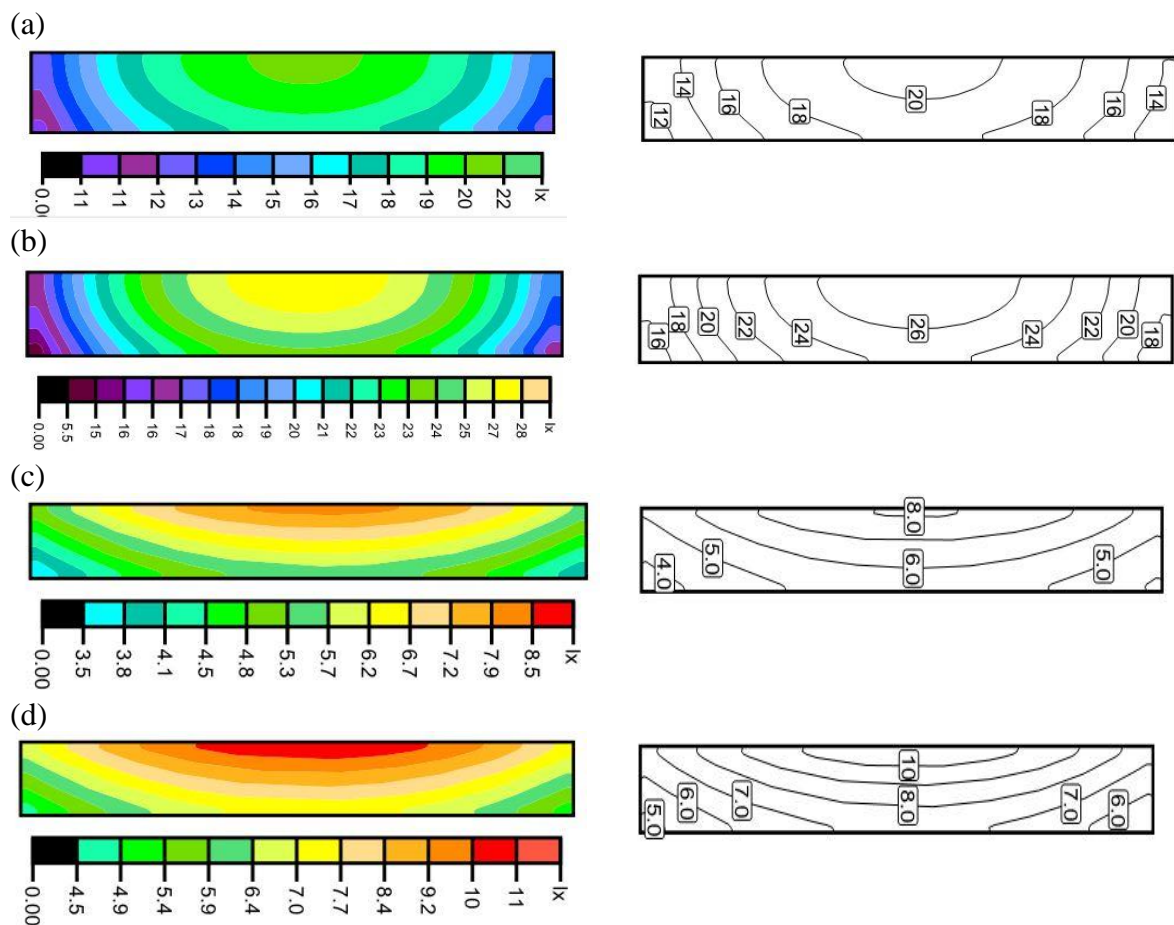


FIGURA 3. Distribuição da iluminância da área do comedouro com a FCI com 3 leds (a) e com 4 leds (b) instalado acima do comedouro e FCI com 3 leds (c) e com 4 leds (d) instalado dentro da gaiola.

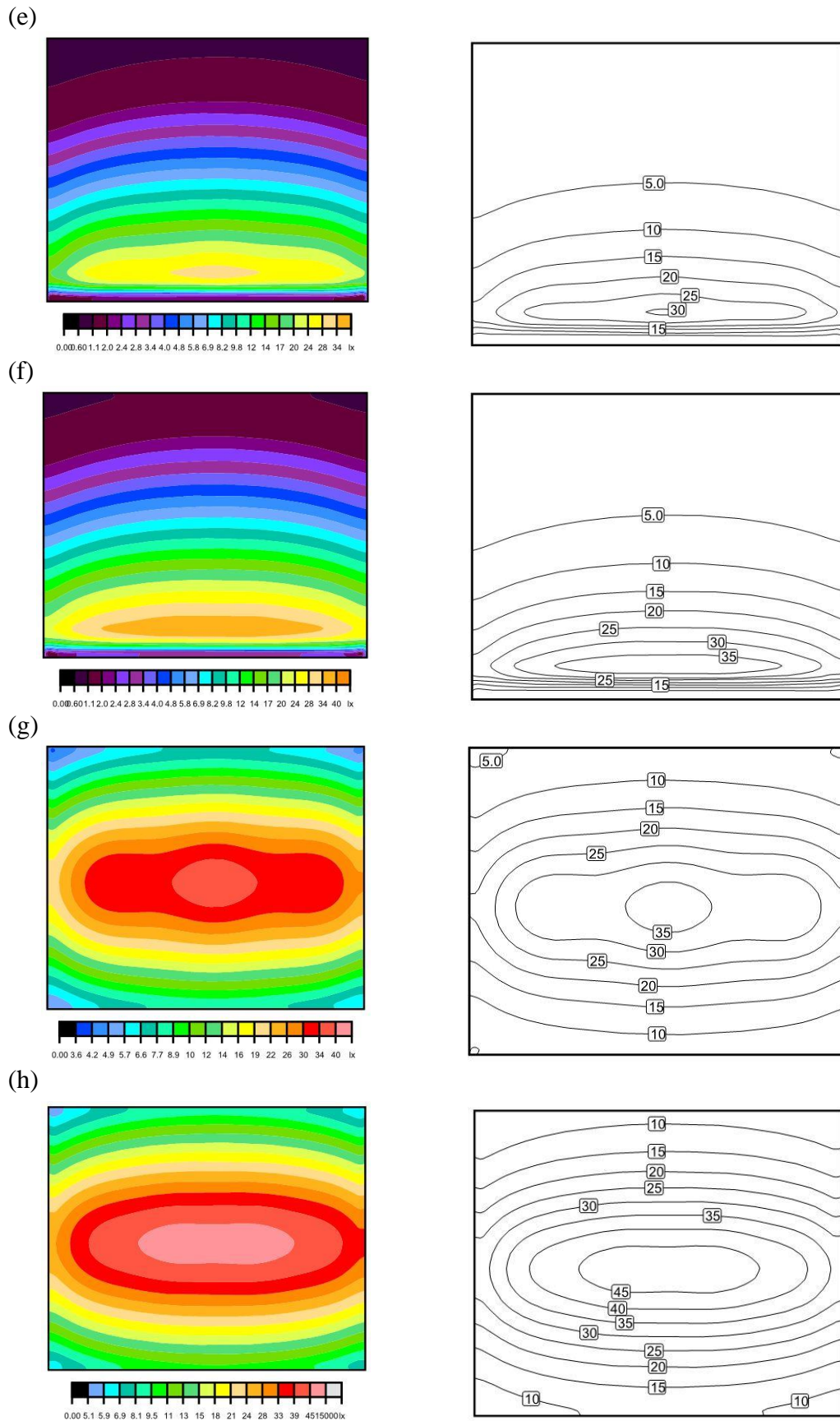


FIGURA 4. Distribuição da iluminância da área da gaiola com a FCI com 3 leds (e) e com 4 leds (f) instalado acima do comedouro e FCI com 3 leds (g) e com 4 leds (h) instalado dentro da gaiola.

Protótipo da FCI com Leds e consumo de energia elétrica

O protótipo do sistema de iluminação com Leds foi desenvolvido com 4 leds, de acordo com resultados das simulações realizadas no Dialux. O comprimento do protótipo da FCI com leds adotado foi de 80 cm (mesmo comprimento da gaiola). O protótipo do sistema de iluminação com Leds consumiu 0.3W de potência, com eficiência de 0.375 W/m. O protótipo da FCI com LEDs apresentou menor consumo em comparação ao consumo da lâmpada fluorescente compacta (LFC) e da lâmpada de LED apresentado no estudo de Ribeiro et al. (2016) em granja de poedeiras. Os autores utilizaram 18 lâmpadas fluorescente compacta de 10 W e 18 lâmpadas de LED de 7 W, para atender o mínimo de 5 lux na altura da cabeça das aves em um corredor de baterias de gaiolas de 110 m; apresentando, assim, eficiência elétrica de 1.636 W/m para a LFC e de 1.145 W/m para a lâmpada de LED.

Distribuição da intensidade luminosa

A variabilidade dos dados pode ser observada na Figura 5. A distribuição da intensidade luminosa apresentou alta variabilidade na área da gaiola para os dois posicionamentos do protótipo da FCI com Leds (Figura 5a). Na área do comedouro, a variabilidade da iluminância foi menor para o protótipo do sistema de iluminação instalado no interior da gaiola (Figura 5b). A área da gaiola apresentou maior intensidade luminosa com o protótipo da FCI com leds posicionado no interior da gaiola. Com o protótipo instalado na região do comedouro, 50% dos valores de intensidade luminosa observados na área da gaiola ficaram abaixo de 5,5 lux (mediana). A área do comedouro apresentou maior intensidade luminosa quando o sistema de iluminação foi instalado na região do comedouro, com valores entre 15 e 30 lux. Quando o protótipo da FCI com leds foi instalado no interior da gaiola (meio da gaiola), 75% dos dados observados na área do comedouro ficaram abaixo de 10 lux.

Apesar da estatística descritiva apresentar-se como uma boa ferramenta para análise da distribuição dos dados, a distribuição espacial é melhor caracterizada por meio da geostatística.

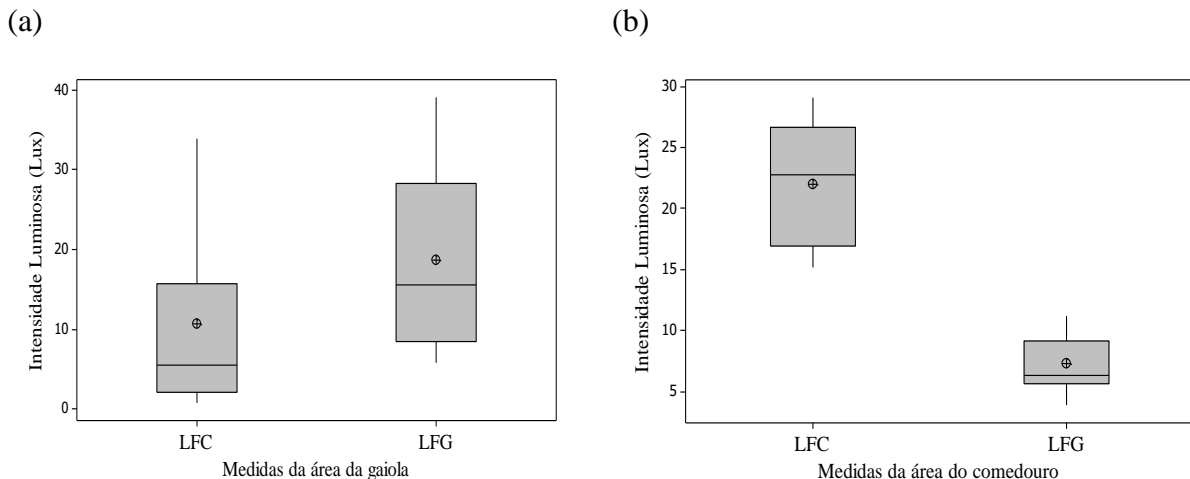


FIGURA 5. (a) Distribuição dos dados coletados na área da gaiola para o protótipo do sistema de iluminação instalado na região do comedouro (LFC – Led Fixado no Comedouro) e instalado no interior da gaiola (LFG – Led fixado na Gaiola). (b) Distribuição dos dados coletados na área do comedouro para o protótipo do sistema de iluminação instalado na região do comedouro (LFC) e instalado no interior da gaiola (LFG).

Na Tabela 1 estão apresentadas as estimativas dos parâmetros dos semivariogramas experimentais ajustados para a variável intensidade luminosa na área da gaiola e do comedouro para os dois posicionamentos do protótipo da FCI com leds na gaiola de poedeiras. O modelo de ajuste dos semivariogramas que melhor representou os dados foi o modelo gaussiano. Todos os dados avaliados apresentaram valores reduzidos de efeito pepita, indicando que toda a variabilidade espacial foi explicada. Quanto à classificação do grau de dependência espacial (GDE) definido por Cambardella et al. (1994), verificou-se que houve forte dependência espacial ($GDE < 25\%$) em todas as variáveis analisadas.

TABELA 1. Parâmetros dos semivariogramas experimentais da intensidade luminosa (Lux) em gaiola de alojamento de poedeiras. **Parameters of experimental light intensity semivariograms (Lux) in laying cage.**

Posições de Instalação do Protótipo	Áreas Avaliadas	Modelo	Efeito Pepita (C0)	Patamar (C0+C1)	Alcance (m)	GDE (%)		R ²
Acima do comedouro	Gaiola	Gaussiano	0.1	269.2	0.52	0.04	Forte	0.88
Interior da gaiola	Gaiola	Gaussiano	0.1	182.9	0.5	0.05	Forte	0.98
Acima do comedouro	Comedourc	Gaussiano	0.1	36.16	0.44	0.28	Forte	0.97
Interior da gaiola	Comedourc	Gaussiano	0.74	7.9	0.4	9.37	Forte	0.70

GDE – Grau de Dependência Espacial (C0/C0+C1).

Assegurada a dependência espacial dos modelos de semivariograma, os mapas da distribuição de intensidade luminosa nas áreas estudadas foram estimados por meio de krigagem (Figura 6). Os resultados obtidos ficaram próximos às simulações da distribuição da iluminância realizadas no software Dialux.

Na área da gaiola, na altura da cabeça das aves, os maiores valores de intensidade luminosa foram obtidos quando o protótipo do sistema de iluminação com Leds foi instalado no interior da gaiola (Figura 6b). Neste posicionamento de instalação, 54% da área da gaiola apresentou valores dentro dos limites de iluminância recomendados para poedeiras (entre 10 e 30 lux), 19% da área ficou abaixo de 10 lux e 27% acima de 30 lux, correspondendo à região central da gaiola. Nesta área a iluminância chegou a 40 lux. Isto ocorreu porque há concentração do fluxo luminoso dos 4 leds na região central abaixo do sistema luminoso. Este efeito foi observado em todas as áreas avaliadas, independentemente do posicionamento da fita. Com o protótipo da FCI com leds instalado acima do comedouro, 36% da área da gaiola apresentou iluminância entre 10 e 30 lux; 64% da área ficou abaixo de 10 lux (Figura 6a). Na área do comedouro, os maiores valores de iluminância foram verificados para o protótipo da FCI com leds instalado acima do comedouro (Figura 6c), apresentando 100% da área dentro dos limites recomendados de 10 a 30 lux. Quando o protótipo do sistema de iluminação foi instalado no interior da gaiola, apenas 12% da área do comedouro ficou acima de 10 lux (Figura 6d). Em ambos os posicionamentos do protótipo avaliados, a região central abaixo da fita apresentou os maiores valores de iluminância e os mesmos reduzem em direção às extremidades.

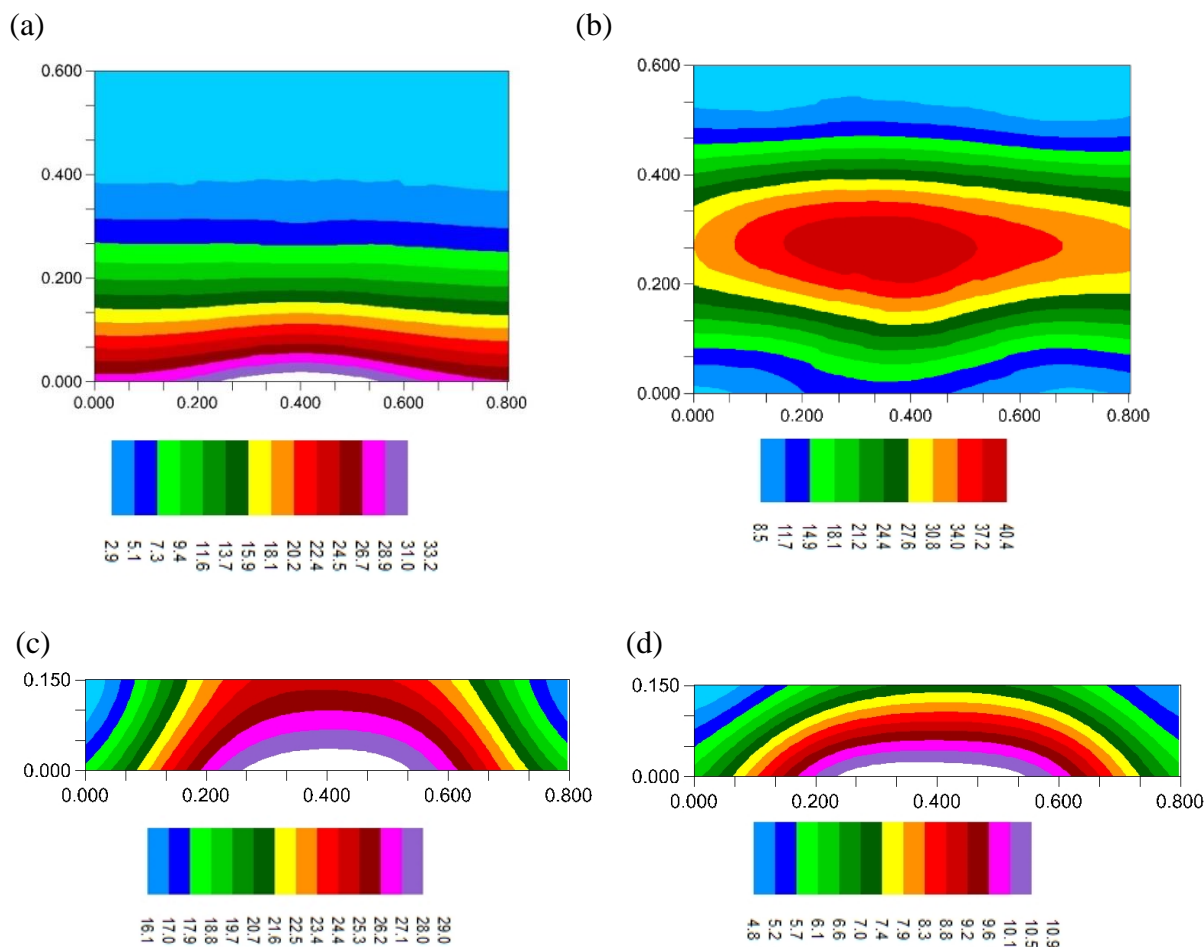


FIGURA 6. Distribuição da intensidade luminosa na área da gaiola para o protótipo do sistema de Iluminação com Leds instalado no cocho (a) e instalado na gaiola (b). Distribuição da intensidade luminosa na área do comedouro para o protótipo do sistema de iluminação com Leds instalado no cocho (c) e instalado na gaiola (d).

Segundo Etches (1996), a intensidade de luz durante o fotoperíodo ajusta o ritmo circadiano que controla o tempo da ovoposição. Se a intensidade de luz for insuficiente, a produção de ovos diminui. No entanto, se for muito intensa, o desempenho das aves também é prejudicado. Segundo Cotta (2002), para maximizar a produção, são necessários 10 lux na altura das gaiolas ou altura da cabeça das aves. Os dados de IESNA (2001) também indicam que uma iluminância mínima de 10 lux é recomendada para a produção de ovos. Iluminâncias superiores a 30 lux não levam a qualquer benefício adicional e podem prejudicar a produção, favorecendo comportamentos de agressividade, hiperatividade e canibalismo. Para aves da linhagem Hy-Line W-36, o recomendado é que as aves recebam uma intensidade luminosa média de 30 lux (DEPARTAMENTO TÉCNICO HY-LINE W36, 2016). De acordo com o mesmo, iluminamento inferior a 5 lux é muito escuro para estimular a produção de ovos e acima de 50 lux pode causar estresse, fazendo com que as aves fiquem mais agitadas.

CONCLUSÕES

A distribuição da intensidade luminosa apresentou-se mais adequada, de acordo com a necessidade das aves poedeiras, para o sistema de iluminação em FCI com 4 leds instalado no

interior da gaiola. Com 4 leds na fita foi possível obter melhor distribuição da luz nas áreas desejadas e maior alcance da iluminância mínima requerida (10 lux). A FCI instalada no interior da gaiola promoveu adequada distribuição da intensidade luminosa na área da gaiola, na altura da cabeça das aves, e manteve em 10 lux uma parte da área do comedouro (região mediana do comedouro mais próxima da gaiola), o que possibilita que parte das aves receba o mínimo de iluminância necessário ao se alimentarem. Com a FCI instalada acima do comedouro, apenas esta área apresentou boa distribuição de iluminância, segundo os limites de intensidade luminosa exigidos para aves de postura. Desta forma, foi possível inferir que com a FCI construída com 4 leds e instalada no interior da gaiola um número maior de aves serão estimuladas. Além disso, com o protótipo da FCI com Leds é possível obter maior eficiência no consumo de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

DEPARTAMENTO TECNICO HY-LINE W36. Entendendo a iluminação na avicultura de postura. 2016.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in Central IOWA soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.1501-1511, 1994.

COTTA, T. **Galinha: Produção de ovos**. 1 ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002, 280p.

ETCHES, R. J. Reproducción aviar. Zaragoza: Acribia; 1996.

GEWEHR, C. E.; FREITAS, H. J. Iluminação intermitente para poedeiras criadas em galpões abertos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.1, n.6, p. 54-62, 2007.

GUIA HY-LINE W36. Performance Standard Manual. Disponível em: <http://www.hyline.com/UserDocs/Pages/36_COM_ENG.pdf>. Acesso em 15 fev. 2017.

IESNA - Illuminating Engineering Society. **Effects on Poultry**. 2001. New York.

JORDAN, R. A.; TAVARES, M. H. F. Análise de diferentes sistemas de iluminação para aviários de produção de ovos férteis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, jul./set., p. 420-423. 2005.

NUNES, K. C.; GARCIA, R. G.; BORILLE, R.; NAAS, I. de A.; SANTANA, M. R. de. LED como fonte de luz na aviculture de postura. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1765-1782, 2013.

OSRAM. **Catálogo de Lâmpadas**. Disponível em: <<http://www.osram.com.br/>>. Acesso em: 05 set. 2014.

RIBEIRO, P. A. P.; YANAGI JUNIOR, T.; OLIVEIRA, D. D.; FERRAZ, G. A. E. S.; LOURENÇONI, D. Illuminances variability and energy consumption in aviaries for laying hens equipped with compact fluorescent lamps and light emitting diode. **Engenharia Agrícola**, v.36, n.6, p.962-971, 2016.