



PRISCILLA ABREU PEREIRA

**SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PARA GALPÕES
DE FRANGOS DE CORTE**

LAVRAS – MG

2011

PRISCILLA ABREU PEREIRA

**SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PARA GALPÕES DE FRANGOS DE
CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Construções e Ambiente, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Tadayuki Yanagi Junior

Coorientadores

Dr. Joaquim Paulo da Silva

Dr. Renato Ribeiro de Lima

Dr. Alessandro Torres Campos

LAVRAS – MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Pereira, Priscilla Abreu.

Sistemas de iluminação para galpões de frangos de corte /
Priscilla Abreu Pereira. – Lavras : UFLA, 2011.
50 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.
Orientador: Tadayuki Yanagi Junior.
Bibliografia.

1. Eficiência energética. 2. Geoestatística. 3. Variabilidade
espacial. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.50831

PRISCILLA ABREU PEREIRA

**SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PARA GALPÕES DE FRANGOS DE
CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Construções e Ambiente, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 10 de outubro de 2011.

Dr. Joaquim Paulo da Silva	UFLA
Dr. Alessandro Torres Campos	UFLA
Dra. Cecília de Fátima Souza	UFV
Dra. Sílvia de Nazaré Monteiro Yanagi	UFLA

Dr. Tadayuki Yanagi Junior
Orientador

LAVRAS – MG

2011

Aos meus pais, Vicente Modesto Pereira (*in memoriam*) e Ana Maria de Abreu

Pereira

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Engenharia pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

À Capes pelo apoio financeiro.

Aos meus pais, pela confiança, educação e por tudo que me proporcionaram na vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior, pela oportunidade, por sua orientação, apoio e disponibilidade constante, fundamental para a realização deste trabalho.

Aos meus coorientadores, Professores Joaquim Paulo da Silva, Renato Ribeiro de Lima e Alessandro Torres Campos, pelos créditos depositados, apoio e, sobretudo pelos ensinamentos.

Ao Rodrigo, técnico da universidade, e sua equipe de eletricitas, pela colaboração na montagem das instalações.

Ao Lucas Abreu, Anderson, Lucas Santos, Lucas Silva, Léo, Karen e Vinícius, que tanto me ajudaram nas medições; e aos amigos do mestrado, por toda ajuda e incentivos prestados.

Pela realização das análises estatísticas, ao doutorando Diogo Francisco Rossoni e ao Prof. Dr. Renato Ribeiro de Lima.

Ao meu noivo Luiz Fernando, pelo apoio, paciência e incentivos.

À empresa Zilocchi, pelo empréstimo do equipamento.

À todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A iluminação é um importante fator para a produção avícola. O tipo de lâmpada usada nos galpões interfere diretamente na relação custo/benefício da atividade. Apesar de a lâmpada incandescente ser a mais usada, existem novas tecnologias de iluminação artificial que apresentam menor consumo de energia, porém, essas têm sido pouco utilizadas para a criação de aves. Uma das razões é a falta de informações sobre o número de lâmpadas para atender as iluminâncias recomendadas, e a falta de conhecimentos sobre os gastos relativos ao consumo de energia. Os sistemas de iluminação dependem da energia elétrica para seu funcionamento, logo o estudo das grandezas relacionadas ao consumo de eletricidade é importante. Sendo a avicultura uma atividade muito competitiva, torna-se necessária a redução dos custos de produção, onde se incluem os gastos com energia elétrica. Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar diferentes sistemas de iluminação, sendo seis tipos de lâmpadas testadas, com e sem o uso de luminárias, para galpão de frangos de corte. A distribuição espacial das iluminâncias foi analisada através da geoestatística. Também foram avaliados os principais parâmetros de energia elétrica: tensão, corrente, fator de potência e demandas ativa, reativa e aparente.

Palavras-chave: Sistemas de iluminação. Variabilidade espacial. Eficiência energética. Geoestatística.

ABSTRACT

Lighting is an important factor in poultry production. The type of lamp used in broiler houses directly affects the cost-benefit of this activity. Although the incandescent light bulb is the most widely used, there are new lighting technologies that demand lower energy consumption however these systems have been underused in poultry. One reason is the lack of information about the number of lamps to meet the recommended illuminance and the lack of knowledge about the expenses related to energy consumption. Lighting systems depend on electricity for its operation, so the study of quantities related to electric consumption is important. As the poultry industry is a very competitive activity, it becomes mandatory to reduce production costs, which includes spending on electricity. In this context, the objective of this work was to evaluate different lighting systems, as six types of lamps were tested, with and without the use of light fixtures, in broiler houses. The spatial illuminance distribution was analyzed using geostatistics. Also the main electrical parameters were evaluated: voltage, current, factor active, reactive and apparent power and demand.

Keywords: Lighting system. Spatial variability. Energy efficiency. Geostatistics.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Configuração dos sistemas de iluminação avaliados quanto à existência de luminária, número de linhas de lâmpadas e espaçamento entre elas, distância entre lâmpadas e iluminâncias mínimas. Configuration of evaluated lighting systems regarding presence of light fixture, number of lamp lines and spacing between them, the distance between lamps and minimum illuminance 32
Tabela 2	Média, mediana, mínimo, máximo, variância e desvio padrão para os valores de iluminância (lux) nos sistemas de iluminação avaliados. Mean, median, minimum, maximum, variance and standard deviation for the illuminance values (lux) from the evaluated lighting systems 35
Tabela 3	Estimativas para os parâmetros do semivariograma experimental para a variável nível de iluminância nos sistemas avaliados. Estimates of experimental semivariogram parameter for the variable illuminance level in the evaluated lighting systems 37
Tabela 4	Número total de lâmpadas, tensão (V), corrente (A), e fator de potência simulados para um galpão comercial de frangos de corte os sistemas avaliados. Total number of lamps, voltage (V), current (A), and power factor simulated for a commercial broiler house, for the evaluated systems 42
Tabela 5	Demandas ativa (W), reativa (VAr) e aparente (VA) de energia elétrica simuladas, a partir dos dados experimentais, para os sistemas avaliados que atendem à iluminância mínima de 5 lux. Active (W), reactive (VAr) and Apparent (VA) demand for the evaluated systems that meet the minimum illuminance of 5 lux 44
Tabela 6	Demandas ativa (P), reativa (Q) e aparente (S) de energia elétrica simuladas, a partir dos dados experimentais, para os sistemas avaliados que atendem à iluminância mínima de 20 lux. Active (P), reactive (Q) and apparent (S) demand for the evaluated systems that meet the minimum illuminance of 20 lux 45
Tabela 7	Redução (percentual) das demandas máximas de energia elétrica em relação a $LI_{5lux,sl}$, que atendem à iluminância mínima de 5 lux. Reduction (percentage) of the maximum electric demand, compared to the $LI_{5lux,sl}$, which meet the minimum illuminance of 5 lux 46
Tabela 8	Redução percentual das demandas máximas de energia elétrica em relação a $LI_{20lux,sl}$, que atendem à iluminância mínima de 20 lux.

**Reduction (percentage) of the maximum electric demand,
compared to the $IL_{20\text{lux},sl}$ which meet the minimum illuminance
of 20 lux 46**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Croqui das elevações transversal (A) e longitudinal (B) com esquema usado para determinar as distâncias entre as lâmpadas. **Sketch of transversal (A) and longitudinal (B) elevations with the scheme used to determine the distances between the lamps..** 33
- Figura 2 Distribuição espacial dos níveis de iluminâncias para os sistemas avaliados no interior de galpões para criação de frangos de corte com lâmpadas incandescente (A) LI_{20lux,sl}, (B) LI_{20lux,cl}, (C) LI_{5lux,sl} e (D) LI_{5lux,cl}; com lâmpadas fluorescentes compactas (E) LFC_{20lux,sl}, (F) LFC_{20lux,cl}, (G) LFC_{5lux,sl} e (H) LFC_{5lux,cl}; com lâmpadas mistas (I) LM_{20lux,sl}, (J) LM_{20lux,cl}, (K) LM_{5lux,sl} e (L) LM_{5lux,cl}; com lâmpadas vapor de sódio (M) LVS_{20lux,sl}, (N) LVS_{20lux,cl}, (O) LVS_{5lux,sl} e (P) LVS_{5lux,cl}; com lâmpadas fluorescentes tubulares T8 (Q) LFT T8_{20lux,sl} e (R) LFT T8_{5lux,sl} e com lâmpadas fluorescentes tubulares T5 (S) LFT T5_{20lux,sl} e (T) LFT T5_{5lux,sl}. **Spatial distribution of illuminance levels for the evaluated lighting systems within broiler houses: with incandescent lamps (A) IL_{20lux,sl}; (B) IL_{20lux,cl}; (C) IL_{5lux,sl}; (D) IL_{5lux,cl}; with compact fluorescent lamps (E) CFL_{20lux,sl}; (F) CFL_{20lux,cl}; (G) CFL_{5lux,sl}; (H) CFL_{5lux,cl}; with mixed lamps (I) ML_{20lux,sl}; (J) ML_{20lux,cl}; (K) ML_{5lux,sl}; (L) ML_{5lux,cl}; with sodium vapor lamps (M) SVL_{20lux,sl}; (N) SVL_{20lux,cl}; (O) SVL_{5lux,sl}; (P) SVL_{5lux,cl}; T8 tubular fluorescent lamp (Q) T8 TFL_{20lux,sl}; (R) T8 TFL_{5lux,sl}; and T5 tubular fluorescent lamp (S) T5 TFL_{20lux,sl}; (T) T5 TFL_{5lux,sl}** 38
- Figura 3 Frequência de ocorrência dos níveis de iluminância no interior de um galpão avícola para os sistemas de iluminação (A) com lâmpadas incandescentes LI_{20lux,sl}, LI_{20lux,cl}, LI_{5lux,sl} e LI_{5lux,cl}; (B) com lâmpadas fluorescentes compactas LFC_{20lux,sl}, LFC_{20lux,cl}, LFC_{5lux,sl} e LFC_{5lux,cl} e (C) com lâmpadas mistas LM_{20lux,sl}, LM_{20lux,cl}, LM_{5lux,sl} e LM_{5lux,cl}. **Frequency of illuminance levels occurrence inside a poultry house for the lighting systems (A) with incandescent lamps IL_{20lux,sl}, IL_{20lux,cl}, IL_{5lux,sl} and IL_{5lux,cl}; (B) with compact fluorescent lamps CFL_{20lux,sl}, CFL_{20lux,cl}, CFL_{5lux,sl} and CFL_{5lux,cl} (C) with mixed lamps ML_{20lux,sl}, ML_{20lux,cl}, ML_{5lux,sl} and ML_{5lux,cl}** 40
- Figura 4 Frequência de ocorrência dos níveis de iluminância no interior de um galpão avícola para os sistemas de iluminação (A) com lâmpadas vapores de sódio LVS_{20lux,sl}, LVS_{20lux,cl}, LVS_{5lux,sl} e LVS_{5lux,cl}; (B) com lâmpadas fluorescentes tubulares T8 LFT T8_{20lux,sl} e LFT T8_{5lux,sl} e; (C) com lâmpadas fluorescentes tubulares

T5 LFT T5_{20lux,sl} e LFT T5_{5lux,sl}. Frequency of illuminance levels occurrence inside a poultry house for the lighting systems (A) with sodium vapor lamps SVL_{20lux,sl}, SVL_{20lux,cl}, SVL_{5lux,sl} and SVL_{5lux,cl}; (B) with T8 tubular fluorescent lamp T8 TFL_{20lux,sl}, T8 TFL_{5lux,sl}; (C) with T5 tubular fluorescent lamp T5 TFL_{20lux,sl} and T5 TFL_{5lux,sl} 41

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

A	Ampère
a	Alcance
ANEEL	Agência nacional de energia elétrica
C	Patamar
C_0	Efeito Pepita
C_0/C	Grau de dependência espacial
$D_{\text{lâmp.}}$	Distância entre lâmpadas
D_{linhas}	Distância entre linhas de iluminação
GWh	Gigawatt hora
h	Hora
I	Corrente
lâmp.	Lâmpada
LFC	Lâmpada fluorescente compacta 34 W
$LFC_{20\text{lux},sl}$	Sistema 1 para lâmpada fluorescente compacta de 34 W, com 3 linhas de lâmpadas sem luminária
$LFC_{20\text{lux},cl}$	Sistema 2 para lâmpada fluorescente compacta de 34 W, com 3 linhas de lâmpadas com luminária
$LFC_{5\text{lux},sl}$	Sistema 3 para lâmpada fluorescente compacta de 34 W, com 2 linhas de lâmpadas sem luminária
$LFC_{5\text{lux},cl}$	Sistema 4 para lâmpada fluorescente compacta de 34 W, com 2 linhas de lâmpadas com luminária
LFT T5	Lâmpada fluorescente tubular 28 W
LFT	Sistema 1 para lâmpada fluorescente tubular de 28 W, com 2 linhas de lâmpadas sem luminária
$T5_{20\text{lux},sl}$	

LFT	Sistema 2 para lâmpada fluorescente tubular de 28 W, com 2 linhas
T5 _{5lux,sl}	intercaladas de lâmpadas sem luminária
LFT T8	Lâmpada fluorescente tubular 40 W
LFT	Sistema 1 para lâmpada fluorescente tubular de 40 W, com 2 linhas
T8 _{20lux,sl}	de lâmpadas sem luminária
LFT	Sistema 2 para lâmpada fluorescente tubular de 40 W, com 2 linhas
T8 _{5lux,sl}	intercaladas de lâmpadas sem luminária
LI	Lâmpada incandescente 100 W
LI _{20lux,sl}	Sistema 1 para lâmpada incandescente 100 W, com 3 linhas de
	lâmpadas sem luminária
LI _{20lux,cl}	Sistema 2 para lâmpada incandescente 100 W, com 3 linhas de
	lâmpadas com luminária
LI _{5lux, sl}	Sistema 3 para lâmpada incandescente 100 W, com 2 linhas de
	lâmpadas sem luminária
LI _{5lux, cl}	Sistema 4 para lâmpada incandescente 100 W, com 2 linhas de
	lâmpadas com luminária
LM	Lâmpada mista 160 W
LM _{20lux,sl}	Sistema 1 para lâmpada mista de 160 W, com 3 linhas de lâmpadas
	sem luminária
LM _{20lux,cl}	Sistema 2 para lâmpada mista de 160 W, com 3 linhas de lâmpadas
	com luminária
LM _{5lux,sl}	Sistema 3 para lâmpada mista de 160 W, com 2 linhas de lâmpadas
	sem luminária
LM _{5lux,cl}	Sistema 4 para lâmpada mista de 160 W, com 2 linhas de lâmpadas
	com luminária
LVS	Lâmpada vapor de sódio 70 W
LVS _{20lux,sl}	Sistema 1 para lâmpada vapor de sódio de 70 W, com 2 linhas de
	lâmpadas sem luminária

LVS _{20lux,cl}	Sistema 2 para lâmpada vapor de sódio de 70 W, com 2 linhas de lâmpadas com luminária
LVS _{5lux,sl}	Sistema 3 para lâmpada vapor de sódio de 70 W, com 2 linhas intercaladas de lâmpadas sem luminária
LVS _{5lux,cl}	Sistema 4 para lâmpada vapor de sódio de 70 W, com 2 linhas intercaladas de lâmpadas com luminária
m	Metro
min	Mínuto
MME	Ministério de Minas e Energia
N lâmp	Número total de lâmpadas
P	Demanda ativa
Procel	Programa nacional de conservação de energia elétrica
Q	Demanda reativa
S	Demanda aparente
Tratam.	Tratamentos
UV	Ultravioleta
V	Tensão
V	Volt
VA	Volt ampère
V _{a_r}	Volt ampère reativo
W	Watts

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	16
1	INTRODUÇÃO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Iluminação para criação de frangos de corte	18
2.2	Eficiência energética e conservação de energia elétrica	20
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
	REFERÊNCIAS	24
	SEGUNDA PARTE – ARTIGO	26
	ARTIGO 1 Sistemas de iluminação para galpões de frangos de corte	26

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A produção e exportação de frangos de corte brasileira ocupa posição de destaque, gerando divisas primordiais para a economia do país. Este desempenho foi alcançado principalmente devido às melhorias obtidas na área de genética, nutrição, sanidade, manejo e ambiente de produção.

Mesmo estando em posição de destaque, ainda existe um potencial de expansão na avicultura brasileira. Um dos principais fatores para o aumento da produção é proporcionar aos animais ambientes com características termo-acústicas e luminosas adequadas às suas necessidades. A redução dos custos é também uma importante questão para o crescimento da atividade, visto que a avicultura encontra-se em um mercado altamente competitivo.

Desta forma, o manejo da iluminação nas instalações avícolas interfere no aumento da produção e na redução dos custos. Para frangos de corte, a luz está relacionada ao crescimento, pois estimula a glândula pituitária a produzir hormônios. A energia consumida nos galpões tem grande importância na quantificação dos custos, sendo os equipamentos utilizados para iluminação, alimentação e climatização os responsáveis pelo consumo. Logo, para escolha destes equipamentos devem-se considerar suas características técnicas a fim de adotar os que melhor utilizam a energia elétrica.

O sistema de iluminação usualmente empregado nos galpões é composto por lâmpadas incandescentes, que possuem alta potência e baixa eficiência, e conseqüentemente causam grandes desperdícios de energia. Estas lâmpadas são usadas por terem um baixo custo inicial, porém o gasto referente ao consumo de energia é elevado. Existem alguns estudos que avaliam o uso de diferentes lâmpadas para galpões para aves de postura, e mostram a relação custo/benefício

da substituição do sistema usual por outro mais eficiente; poucos estudos, porém, foram realizados para frangos de corte.

Além do uso de lâmpadas com baixa eficiência energética, muitas vezes os níveis mínimos de iluminâncias recomendados não são atendidos, causando danos ao desenvolvimento e à saúde das aves.

O adequado manejo da iluminação propicia um grande potencial de conservação de energia. Trata-se de um setor que pode oferecer respostas mais rápidas às necessidades de redução de consumo com baixos investimentos e retorno rápido. Para isto devem ser utilizados equipamentos mais eficientes, e os sistemas de iluminação devem ser corretamente dimensionados para oferecer os níveis mínimos recomendados.

Diante do exposto, foi desenvolvido um experimento em um galpão para avaliar a distribuição espacial dos níveis de iluminâncias e o consumo de energia devido aos sistemas de iluminação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Iluminação para criação de frangos de corte

Segundo Baêta e Souza (2010), o meio ambiente pode ser definido como o conjunto de fatores que afeta direta ou indiretamente os animais. Os fatores que produzem efeito sobre o bem-estar animal são a temperatura, umidade, ventilação, radiação, barulho e luminosidade, devendo ser controlados, mantendo-se dentro dos níveis adequados para oferecer conforto aos animais.

Para a produção comercial de animais, é importante que sejam criados em instalações onde as características térmicas, acústicas e luminosas sejam adequadas a cada uma das espécies. A condição ambiental no interior das instalações é um dos principais fatores para que os animais atinjam todo seu potencial produtivo, sendo que a melhoria deste processo produtivo está relacionada ao máximo de produção com o mínimo de custo.

Percebe-se que a iluminação é um dos principais fatores ambientais que afeta a produção de animais. O manejo da luz na indústria avícola tem sido usado com sucesso para aumentar a quantidade de ovos produzidos e a produção de aves pesadas (BAÊTA; SOUZA, 2010).

A luz é importante em diversas funções corporais e características animais por poder controlar ritmos biológicos como funções alimentares, reprodutivas, concentração de hormônios, atividades enzimáticas e processos metabólicos, dentre outros (BAÊTA; SOUZA, 2010).

Especificamente na avicultura, o uso da luz relaciona-se ao desenvolvimento das aves. A radiação luminosa ao penetrar pelo sistema ocular estimula a glândula pituitária a produzir hormônios que farão com que os órgãos reprodutivos funcionem. Assim, torna-se necessário o correto dimensionamento e manejo do sistema de iluminação, uma vez que ele afeta as aves através de

suas respostas fisiológicas, e também pode causar mudanças comportamentais. O programa de luz utilizado é um fator decisivo para o adequado manejo das mesmas, contribuindo para a obtenção de melhores resultados zootécnicos na saúde das aves, e também para o desempenho econômico da atividade (MORAES et al., 2008).

O fotoperíodo (horas de luz oferecidas às aves) é o mais importante sincronizador alimentar nos animais (BAÊTA; SOUZA, 2010). Segundo Alvino, Archer e Mench (2009), o uso de fotoperíodos moderados, que permitem às aves ter um período de escuro para descansar, podem melhorar o seu desempenho e o bem-estar, pois aumentam as horas de sono e reduzem o estresse fisiológico.

Além do fotoperíodo, que está relacionado ao tempo de exposição da ave à luz, outros aspectos luminotécnicos como intensidade de luz, fonte de luz, frequência, comprimento de onda, distribuição espectral e distribuição espacial das lâmpadas no galpão também afetam os resultados finais em termos da quantidade e qualidade da produção (BUYSE; SIMONS, 1996; LEWIS; MORRIS, 1998).

Alguns autores estudaram o comportamento das aves em diferentes intensidades de luz e diferentes aparências de cor. Frangos de corte têm preferência por fontes de luz com distribuição espectral semelhante à luz do dia, e a intensidade da luz afeta o seu comportamento (ALVINO; ARCHER; MENCH, 2009; KRISTENSEN et al., 2007). Ademais, diferentes dos seres humanos, também possuem sensibilidade e capacidade de enxergar na faixa espectral da radiação ultravioleta (UV), e, a falta de exposição a estes raios para aves mantidas em ambiente controlado pode ser prejudicial à sua fisiologia e ao seu comportamento (LEWIS; GHEBREMARIAM; GOUS, 2007).

Portanto, os sistemas de iluminação para produção de animais devem ser corretamente dimensionados, e também devem ser utilizados equipamentos

energeticamente eficientes para oferecer melhores condições de manejo com menores custo, e conseqüentemente otimizar a produção.

Na produção de frangos de corte, o sistema de iluminação não interfere apenas no bem-estar dos animais, sendo que a energia elétrica constitui um dos insumos mais utilizados. O consumo de energia elétrica é um dos insumos de grande importância na composição dos custos de produção. Desta forma, faz-se necessária a sua racionalização frente aos custos que se têm alcançado, e um fator relevante para esta redução é a melhoria dos sistemas de iluminação.

2.2 Eficiência energética e conservação de energia elétrica

Usar racionalmente energia elétrica é realizar atividades obtendo melhores resultados e menor consumo de energia. Desta forma consegue-se redução nas despesas sem prejuízos na qualidade, além de contribuir para melhor utilização dos recursos naturais, garantindo energia para o futuro e preservando o meio ambiente (BUENO, 2004).

O planejamento da iluminação, com uso de sistemas mais eficientes, é um importante fator para auxiliar a redução do consumo energético. Segundo Ryckaert et al. (2010), em países industrializados, de 5 a 15% do consumo total de energia elétrica devem-se à iluminação. No Brasil, esta parcela é de 17% (BRASIL, 2007).

Sistemas de iluminação energeticamente eficientes podem ser obtidos por meio da redução de duas variáveis, potência instalada e tempo de utilização (GHISI, 1997; COSTA, 2006; SOUZA, 2005). A redução na variável potência exige que os sistemas utilizados apresentem menos perdas, e pode ser obtida com a utilização de equipamentos energeticamente eficientes como lâmpadas com alta eficiência luminosa, luminárias reflexivas e reatores com alto fator de potência. Para a atuação na variável tempo torna-se necessário agir diretamente

sobre a rapidez com que um processo é efetuado, ou então sobre a eliminação de tempos inúteis na fase de execução.

Outro aspecto importante que interfere na eficiência energética é a manutenção e limpeza dos ambientes e equipamentos de iluminação. Em um ambiente com acúmulo de sujeira e lâmpadas velhas, a iluminância pode ser 50% menor do que a projetada inicialmente (WINTERBOTTOM; WILKINS, 2009).

Diante dos aspectos citados, as ações para fomentar a eficiência energética são baseadas não só em tecnologia e uso de novos equipamentos, mas também no comportamento dos usuários com mudanças de hábitos para reduzir o consumo de energia (NOGUEIRA, 2007).

A energia elétrica utilizada nos galpões para alimentação, climatização e iluminação tem extrema importância na produção avícola. Trata-se do segundo insumo mais utilizado, perdendo apenas para a ração, e a falta de planejamento dos sistemas de iluminação é responsável por grandes desperdícios (JORDAN; TAVARES, 2005).

Em galpões para criação de frangos de corte, o uso de sistemas de iluminação com baixo consumo de energia garante ao produtor um preço final de produção mais baixo, além de contribuir para o uso racional de energia elétrica, fator relevante para a economia do país.

A industrialização, o crescimento econômico e as crescentes inovações tecnológicas dos últimos anos, têm contribuído para o aumento considerável na demanda de energia elétrica. Além desta questão, a falta de investimentos no setor energético, tanto na geração, quanto na transmissão e distribuição, fazem da racionalização do uso de energia elétrica uma ferramenta de apoio essencial ao crescimento do país (TEIXEIRA et al., 2005).

Observa-se que o uso racional de energia proporciona vantagens econômicas e ambientais, e este fato tem justificado medidas governamentais em vários países para melhorar a eficiência energética (NOGUEIRA, 2007).

No Brasil esta questão ganhou importância após a crise energética de 2001, quando foi publicada a primeira lei de eficiência energética para estabelecer a política nacional de conservação e uso racional de energia, promovendo iniciativas de eficiência para edifícios e equipamentos (CARLO; LAMBERTS, 2008). Dentre estas iniciativas, o Procel lançou o programa Procel Edifica, um plano de ação para eficiência energética em edificações, com o objetivo de realizar certificações, regulamentos e legislação sobre o assunto.

O Procel é uma iniciativa do governo federal para promover o uso eficiente e o combate ao desperdício de energia elétrica no país. Seu objetivo é a racionalização do uso de energia através da eliminação do desperdício, e aumento da eficiência de equipamentos, sistemas e processos proporcionando menor consumo de energia elétrica (BUENO, 2004).

Apesar dos custos de implantação de sistemas energeticamente eficientes serem geralmente mais elevados, o retorno do investimento pode ocorrer em poucos anos devido à economia de eletricidade e de redução nos custos para reposição de equipamentos, apresentando assim, considerável potencial econômico.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações apresentadas, verifica-se a relevância da iluminação para o conforto ambiental nas instalações para criação de frangos de corte. Observa-se também a importância da energia elétrica nos dias atuais, tanto para redução dos custos quanto para a preservação dos recursos naturais. Existem muitas tecnologias de iluminação no mercado que oferecem melhores resultados em eficiência energética, porém estas tecnologias ainda são pouco utilizadas em instalações rurais e agroindustriais. Pretende-se, neste trabalho, testar sistemas de iluminação para criação de aves, fazendo uma avaliação técnica e econômica destas tecnologias para que possam ser utilizadas de forma a proporcionar melhores resultados na produção.

REFERÊNCIAS

ALVINO, G. M.; ARCHER, G. S.; MENCH, J. A. Behavioural time budgets of broiler chickens reared in varying light intensities. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 118, n. 1, p. 54-61, Jan. 2009.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 269 p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Plano nacional de energia 2030: eficiência energética**. Brasília, 2007. 244 p.

BUENO, L. G. F. **Avaliação da eficiência energética e do conforto térmico em instalações de frangos de corte**. 2004. 100 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

BUYSE, J.; SIMONS, P. C. N. Effect of intermittent lighting, light intensity and source on the performance and welfare of broilers. **World's Poultry Science Journal**, Washington, v. 52, n. 1, p. 121-130, Mar. 1996.

CARLO, J.; LAMBERTS, R. Development of envelope efficiency labels for commercial buildings: effect of different variables on electricity consumption. **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 40, n. 11, p. 2002-2008, Nov. 2008.

COSTA, G. J. C. **Iluminação econômica: cálculo e avaliação**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006. 561 p.

GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina**. 1997. 246 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

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, p. 420-423, 2005.

KRISTENSEN, H. H. et al. The behaviour of broiler chickens in different light sources and illuminances. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 103, n. 1, p. 75-89, Jan. 2007.

LEWIS, P. D.; GHEBREMARIAM, W.; GOUS, R. M. Illuminance and UV-A exposure during rearing affects egg production in broiler breeders transferred to open-sided adult housing. **British Poultry Science**, London, v. 48, n. 4, p. 424-429, Apr. 2007.

LEWIS, P. D.; MORRIS, T. R. Responses of domestic poultry to various light sources. **World's Poultry Science Journal**, Washington, v. 54, n. 1, p. 7-25, Apr. 1998.

MORAES, D. T. et al. Efeitos dos programas de luz sobre o desempenho, rendimento de abate, aspectos econômicos e resposta imunológica em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 201-208, jan./fev. 2008.

NOGUEIRA, L. A. H. Uso racional: a fonte energética oculta. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 91-105, 2007.

RYCKAERT, W. R. et al. Criteria for energy efficient lighting in buildings. **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 42, n. 3, p. 341-347, Mar. 2010.

SOUZA, A. P. A. **Uso da energia em edifícios**: estudo de caso de escolas municipais e estaduais de Itabira, Minas Gerais. 2005. 192 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

TEIXEIRA, C. A. et al. Management of motive power use in animal feed industry. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 330-340, 2005.

WINTERBOTTOM, M.; WILKINS, A. Lighting and discomfort in the classroom. **Journal of Environmental Psychology**, London, v. 29, n. 1, p. 63-75, Feb. 2009.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

ARTIGO 1

**SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PARA GALPÕES DE FRANGOS DE
CORTE**

SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PARA GALPÕES DE FRANGOS DE CORTE

LIGHTING SYSTEMS FOR BROILER HOUSES

Priscilla A. Pereira¹, Tadayuki Y. Junior², Joaquim P. da Silva³,
Renato R. Lima⁴, Alessandro T. Campos⁵, Lucas Henrique P. Abreu⁶

RESUMO: A distribuição espacial das iluminâncias e o consumo de energia elétrica do sistema de iluminação artificial constituem um dos principais problemas relacionados à produção de frangos de corte. Portanto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a distribuição espacial do nível de iluminância e a eficiência energética de diferentes sistemas de iluminação para galpões para criação de frangos de corte. Seis tipos de lâmpadas foram testados em duas configurações diferentes para atender às iluminâncias mínimas de 20 e 5 lux. As lâmpadas testadas foram a incandescente (LI) de 100 W, fluorescente compacta (LFC) de 34 W, mista (LM) de 160 W, vapor de sódio (LVS) de 70 W, fluorescente tubular T8 (LFT T8) de 40 W e fluorescente tubular T5 (LFT T5) de 28 W. As quatro primeiras foram avaliadas sem e com luminária reflexiva tipo prato, e as duas últimas apenas sem luminária. Para os sistemas testados, verificou-se que o uso de luminárias afetou negativamente a distribuição espacial das iluminâncias no interior do galpão. Os sistemas compostos por LI e LM, sem luminária, propiciaram melhores resultados para se atenderem as iluminâncias mínimas de 20 lux e 5 lux, respectivamente. A LFT T5 apresentou os menores valores de demanda de energia.

Palavras-chave: iluminação artificial, variabilidade espacial, eficiência energética, avicultura.

¹ Arquiteta, mestranda, DEG - UFLA, Lavras / MG, priabreupereira@yahoo.com.br,

² Doutor, Prof. Associado, DEG - UFLA, Lavras / MG, yanagi@deg.ufla.br,

³ Doutor, Prof. Associado DEX - UFLA, Lavras / MG, joaquim@dex.ufla.br,

⁴ Doutor, Prof. Associado, DEX - UFLA, Lavras / MG, rrlima@dex.ufla.br,

⁵ Doutor, Prof. Adjunto, DEG - UFLA, Lavras / MG, campos@deg.ufla.br,

⁶ Aluno de graduação, DEG - UFLA, Lavras / MG, lucas_henriqueufla@yahoo.com.br.

ABSTRACT: The spatial distribution of illuminance and the electric consumption of artificial lighting system is one of the main problems related to the broiler production. Therefore, the aim of this study was to evaluate the spatial distribution of illuminance level and the energy efficiency of different lighting systems for broiler houses. Six types of lamps were tested in two different configurations to meet the minimum illuminance of 20 and 5 lux. The tested lamps were incandescent (IL) 100 W, compact fluorescent (CFL) 34 W, mixed (ML) 160 W, sodium vapor (SVL) 70 W, T8 fluorescent tube (T8 FTL) 40 W and T5 fluorescent tube (T5 FTL) 28 W. The first four were evaluated with and without reflective plate light fixture and the latter two without light fixture. It was observed in the tested system that the use of light fixtures negatively affected the spatial distribution of illuminance inside the house. The systems composed by IL and ML without light fixture led to better results in meeting the minimum illuminance of 20 lux and 5 lux, respectively. T5 FTL presented the lowest energy demand.

Key words: artificial lighting, spatial variability, energy efficiency, aviculture.

1 INTRODUÇÃO

A iluminação é um importante fator ambiental que afeta a produção de animais por interferir em suas respostas fisiológicas e comportamentais. A sua influência abrange diversas funções corporais e características animais, pois controla ritmos biológicos como funções alimentares, reprodutivas, concentração de hormônios, atividades enzimáticas e processos metabólicos dentre outros (BAÊTA; SOUZA, 2010).

A intensidade da luz interfere no comportamento de frangos de corte (ALVINO; ARCHER; MENCH, 2009; KRISTENSEN et al., 2007). Além deste, outros aspectos luminotécnicos como fotoperíodo, fonte de luz, comprimento de onda, distribuição espectral e distribuição espacial das lâmpadas no galpão afetam a quantidade e a qualidade da produção (BUYSE; SIMONS, 1996; LEWIS; MORRIS, 1998). Segundo Lewis, Ghebremariam e Gous (2007), a falta de exposição aos raios ultravioletas (UV) para as aves mantidas em ambiente controlado pode ser prejudicial à sua fisiologia e ao seu comportamento. Diferentes do homem, as aves têm sensibilidade e capacidade de enxergar nesta faixa espectral da radiação da luz.

Portanto, por estar relacionada ao desenvolvimento e à saúde das aves, a iluminação adequada contribui para a obtenção de melhores resultados zootécnicos e econômicos da atividade (KAWACHI et al., 2008; MORAES et al., 2008), além da possibilidade de redução do consumo de energia elétrica.

Neste contexto, a avaliação, seguida de um adequado projeto de sistemas de iluminação para galpões de frangos de corte é primordial para o bom desempenho das aves. Dentre as metodologias para análise, destaca-se a geoestatística, que possibilita o estudo da variabilidade espacial do nível de iluminância nos galpões por meio da interpolação por krigagem. Desta forma é possível se obterem mapas de isolinhas para compreender a distribuição espacial

auxiliando no planejamento e controle da iluminação (FARIA et al., 2008; MIRAGLIOTTA et al., 2006; YANAGI JUNIOR et al., 2011).

Segundo Yanagi Junior et al. (2011), a espacialização das variáveis relacionadas ao ambiente produtivo proporciona a obtenção de informações mais detalhadas sobre o sistema estudado, sendo que, com a análise geoestatística é possível prever valores em pontos não amostrados além de obter modelos de semivariogramas e seus parâmetros (GOMES et al., 2007).

Ademais, a iluminação é um importante fator para a redução do consumo energético. De acordo com dados do Brasil (2009), o consumo energético do Brasil em 2007 foi de 412.130 GWh, sendo 17% deste total referentes à iluminação artificial. A parcela do consumo de energia elétrica referente à iluminação no setor agropecuário foi de 3,4% (BRASIL, 2007).

O consumo de energia elétrica em galpões avícolas pelos equipamentos de arrazoamento, iluminação e climatização têm grande importância na composição dos custos de produção (BUENO; ROSSI, 2006). Na cadeia produtiva da avicultura, a energia elétrica é o segundo insumo mais utilizado, perdendo apenas para a ração. A iluminação dos galpões, em grande parte das vezes, é responsável por grandes desperdícios (JORDAN; TAVARES, 2005). Turco, Ferreira e Furlan (2002), ao medir o consumo energético de equipamentos (comedouros, ventiladores e lâmpadas) de um galpão avícola, durante 40 dias, no período do inverno, observaram que 55% do total de energia consumida foram devidos ao sistema de iluminação.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a distribuição espacial do nível de iluminância e a eficiência energética de diferentes sistemas de iluminação para galpões para criação de frangos de corte.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar sistemas de iluminação para galpões visando menor consumo de energia e adequados níveis de iluminâncias, foram testados seis tipos de lâmpadas, com e sem luminária, e em duas configurações diferentes para atender as iluminâncias mínimas de 20 e 5 lux (COBB-VANTRESS, 2009a, 2009b; OLANREAWAJU et al., 2006; RUTZ; BERMUDES, 2004), necessárias para diferentes dias de vida das aves. As lâmpadas testadas foram: incandescente (LI) de 100 W, fluorescente compacta (LFC) de 34 W, mista (LM) de 160 W, vapor de sódio (LVS) de 70 W, fluorescente tubular T8 (LFT T8) de 40 W e fluorescente tubular T5 (LFT T5) de 28 W. As quatro primeiras foram avaliadas sem e com luminária reflexiva tipo prato, e as duas últimas apenas sem luminária. As configurações dos sistemas de iluminação avaliadas estão especificadas na Tabela 1.

A coleta dos dados foi dividida em duas etapas. A primeira foi realizada em uma região com dimensões 10x25 m de um galpão com 10x36 m, com cobertura de telhas cerâmicas em duas águas e piso em concreto. A montagem dos sistemas de iluminação foi feita a uma altura de 2,35 m, similar à usada em alguns galpões para frangos de corte. O critério adotado para se definir a distância entre lâmpadas foi o de se ofertar a iluminância mínima desejada (5 ou 20 lux) nos pontos considerados críticos (pontos B, C, F e G da Figura 1) para obtenção do valor mínimo exigido. Considerando a sobreposição dos fluxos luminosos, estes são os pontos com os níveis mais baixos de iluminâncias na parcela experimental (Figura 1). Para as lâmpadas LI, LFC e LM, foram necessárias 3 linhas de lâmpadas para atender a iluminância mínima de 20 lux. Para proporcionar o mínimo de 5 lux, a linha central foi apagada. Já para as lâmpadas LVS e LFT T8 e T5 foram necessárias apenas 2 linhas para a primeira

situação, e apagada uma lâmpada (intercalada) de cada linha para atender o mínimo de 5 lux.

Tabela 1 Configuração dos sistemas de iluminação avaliados quanto à existência de luminária, número de linhas de lâmpadas e espaçamento entre elas, distância entre lâmpadas e iluminâncias mínimas. **Configuration of evaluated lighting systems regarding presence of light fixture, number of lamp lines and spacing between them, the distance between lamps and minimum illuminance**

Sistema de iluminação	Linhas de lâmp.	Luminária	Iluminância mínima (lux)	D _{linhas} (m)	D _{lâmp.} (m)	
LI	20lux,sl	3	Não	20	4	4
	20lux,cl	3	Sim	20	4	5
	5lux,sl	2	Não	5	8	4
	5lux,cl	2	Sim	5	8	5
LFC	20lux,sl	3	Não	20	4	8
	20lux,cl	3	Sim	20	4	8
	5lux,sl	2	Não	5	8	8
	5lux,cl	2	Sim	5	8	8
LM	20lux,sl	3	Não	20	4	7
	20lux,cl	3	Sim	20	4	7
	5lux,sl	2	Não	5	8	7
	5lux,cl	2	Sim	5	8	7
LVS	20lux,sl	2	Não	20	6	10
	20lux,cl	2	Sim	20	6	10
	5lux,sl	2	Não	5	6	20
	5lux,cl	2	Sim	5	6	20
LFT	20lux,sl	2	Não	20	6	6
T8	5lux,sl	2	Não	5	6	12
LFT	20lux,sl	2	Não	20	6	6
T5	5lux,sl	2	Não	5	6	12

A coleta destes dados foi realizada no período noturno, para que não houvesse interferência da iluminação natural. As iluminâncias foram medidas com um luxímetro digital (ICEL, modelo LD-510, exatidão $\pm 3\%$ para lâmpadas

incandescentes e $\pm 5\%$ para as demais) a altura de 0,30 m do piso em uma malha de pontos a cada um metro, em três repetições feitas em sequência uma da outra. A área de amostragem foi determinada até atingir as iluminâncias mínimas estabelecidas (Pontos E e H da Figura 1). Com estas informações foi determinado o número total de lâmpadas em um galpão padrão, e simulada a distribuição espacial dos níveis de iluminâncias usando a técnica de geoestatística.

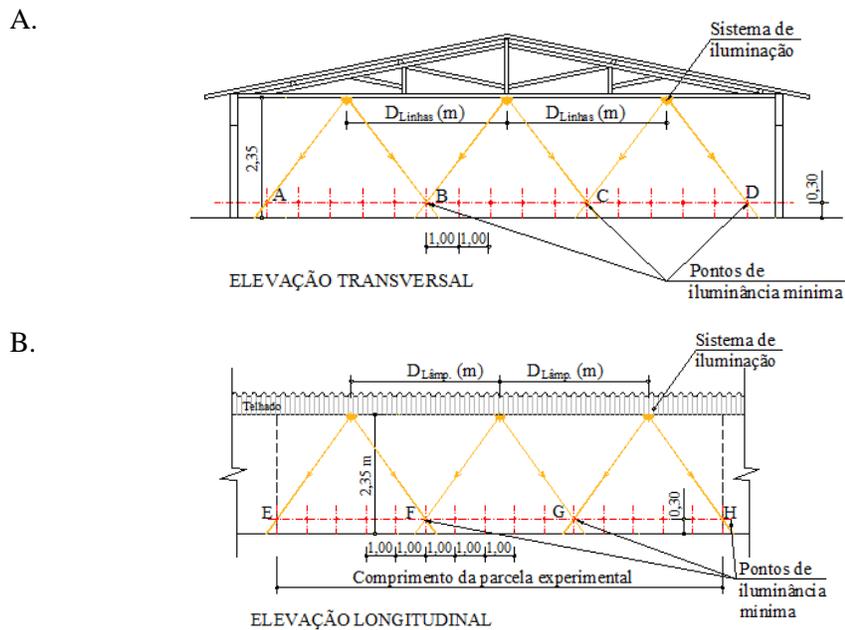


Figura 1 Croqui das elevações transversal (A) e longitudinal (B) com esquema usado para determinar as distâncias entre as lâmpadas. **Sketch of transversal (A) and longitudinal (B) elevations with the scheme used to determine the distances between the lamps**

Na segunda etapa da coleta de dados, foram mensurados os parâmetros referentes ao consumo de energia dos sistemas. As mesmas lâmpadas usadas na primeira etapa foram instaladas em uma bancada de laboratório. Com um analisador de energia (Fluke 435, exatidão $\pm 0,03\%$ para fator de potência,

$\pm 0,1\%$ para tensão e $\pm 0,5\%$ para corrente) foram medidos tensão (V, V), corrente (I, A) e fator de potência (adimensional). A partir destes dados e do número de lâmpadas calculado anteriormente, foram estimadas as demandas ativa (P, W), reativa (Q, VAr) e aparente (S, VA) para um galpão comercial de frangos de corte.

As demandas elétricas de um sistema podem ser ativas e reativas. A demanda ativa está relacionada diretamente ao trabalho realizado, e a reativa está relacionada à energia armazenada devido aos campos magnéticos e elétricos dos equipamentos. A demanda total ou aparente (S, VA) dos sistemas de iluminação é a composição vetorial da demanda ativa (P, W) e da reativa (Q, VAr) de acordo com a expressão 1.

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (1)$$

Realizaram-se três repetições para cada conjunto de lâmpadas avaliadas, tendo cada teste a duração de 30 minutos. A partir desses dados e do número de lâmpadas calculado na etapa 1, foi realizada a estimativa total dos parâmetros de energia considerando um galpão comercial para criação de frangos de corte.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados da análise estatística descritiva dos dados são listados na Tabela 2. Os resultados indicam grande variabilidade na distribuição da iluminação, reforçando a necessidade de se caracterizar a distribuição espacial das iluminâncias por meio da geoestatística. Os níveis ideais de iluminação variam de acordo com a idade das aves. Segundo Cobb-Vantress (2009a), de 0 a 3 dias deverá ser de 20 a 60 lux; de 4 a 7, 20 lux, de 8 a 14, 10 lux e de 15 a 28, 5 lux. Por sua vez, o Cobb-Vantress (2009b) recomenda 25 lux para pintinhos

até 7 dias, a partir daí a intensidade deve ser diminuída gradualmente para 10 a 5 lux, e 48 h antes do abate deve ser aumentada de 10 a 20 lux. Olanrewaju et al. (2006) sugerem 20 lux nos primeiros 13 dias e 5 lux até o abate. Rutz e Bermudes (2004) recomendam 20 lux para os primeiros 6 dias, e daí até o abate a iluminação deve ser 5 lux.

Tabela 2 Média, mediana, mínimo, máximo, variância e desvio padrão para os valores de iluminância (lux) nos sistemas de iluminação avaliados.
Mean, median, minimum, maximum, variance and standard deviation for the illuminance values (lux) from the evaluated lighting systems

Sistema de Iluminação	Iluminância (lux)						
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Variância	Desvio	
LI	20lux,sl	33,4	32,0	14,0	53,0	65,2	8,1
	20lux,cl	45,4	38,0	9,0	135,0	519,4	22,8
	5lux, sl	21,3	21,0	3,0	45,0	95,5	9,8
	5lux, cl	32,6	28,0	5,0	139,3	646,0	25,4
LFC	20lux,sl	37,9	35,0	17,0	84,0	181,6	13,5
	20lux,cl	53,5	47,0	20,7	136,0	764,7	27,7
	5lux,sl	25,7	20,0	9,0	70,0	156,2	12,5
	5lux,cl	37,1	26,0	10,0	121,0	660,1	25,7
LM	20lux,sl	29,4	26,7	13,0	56,0	74,0	8,6
	20lux,cl	49,7	41,3	15,0	143,0	683,9	26,2
	5lux,sl	17,7	16,0	4,0	45,0	40,2	6,3
	5lux,cl	33,5	24,0	5,0	116,0	559,9	23,7
LVS	20lux,sl	46,2	40,0	21,0	98,0	427,8	20,7
	20lux,cl	82,3	50,0	16,7	448,0	6459,1	80,4
	5lux,sl	20,6	12,0	4,0	79,0	329,20	18,1
	5lux,cl	39,2	12,0	2,0	400,0	4351,1	66,0
LFT	20lux,sl	36,2	29,0	12,0	94,0	340,3	18,4
T8	5lux,sl	17,2	10,0	1,7	89,7	325,6	18,0
LFT	20lux,sl	39,1	31,3	15,0	102,0	353,8	18,8
T5	5lux,sl	18,9	12,0	2,0	93,7	316,8	17,8

Por meio da Tabela 3, observa-se a dependência espacial das iluminâncias, sendo que, o parâmetro alcance indica o raio de efeito de cada um dos sistemas. A lâmpada vapor de sódio apresentou maior alcance, indicando ser necessário o uso de menos unidades no galpão. Este resultado está de acordo com os estudos desenvolvidos por Jácome (2009) e Jordan e Tavares (2005), os quais compararam diferentes tipos de iluminação artificial para produção de ovos de postura. Ao avaliar tecnologias de iluminação para produção de mudas de crisântemos, David e Rossi (2010) também utilizaram menor número de lâmpadas de vapor de sódio em comparação com os outros tratamentos.

Um ponto importante a ser observado sobre os parâmetros do semivariograma, diz respeito ao valor do efeito pepita. O efeito pepita mede a variabilidade espacial não explicada entre a menor distância amostral (DIGGLE; RIBEIRO JÚNIOR, 2007). Nesse caso, percebe-se que a grande maioria dos sistemas de iluminação apresentou o valor de efeito pepita igual a zero, mostrando que toda variabilidade espacial conseguiu ser explicada. Tal fato deve ser realçado, pois geralmente este valor é obtido apenas teoricamente.

Todavia, em todos os casos, o efeito pepita apresentou um valor inferior a 25% do valor obtido para o patamar (C_0 / C). Segundo Cressie e Hartfield (1996), isso indica uma forte dependência espacial na variável estudada.

Os sistemas avaliados com luminária apresentaram menor alcance quando comparados com aqueles sem o aparato. Portanto, apesar dos benefícios oferecidos pelas luminárias como o direcionamento do fluxo luminoso para baixo, e diminuição da sua depreciação devido ao menor acúmulo de sujeira nas lâmpadas, estes sistemas reduziram o alcance do sistema de iluminação. Este comportamento é ilustrado na Figura 2. Outro fato observado na mesma figura é a maior ocorrência de altos níveis de iluminâncias nos sistemas que possuem luminárias.

Tabela 3 Estimativas para os parâmetros do semivariograma experimental para a variável nível de iluminância nos sistemas avaliados. **Estimates of experimental semivariogram parameter for the variable illuminance level in the evaluated lighting systems**

Sistema de Iluminação	Modelo	Parâmetros do Semivariograma				
		Efeito pepita (C_0)	Alcance (a)	Patamar (C)	$^1C_0 / C$	
LI	20lux,sl	Gaussiano	0,00	1,89	54,39	0,00
	20lux,cl	Gaussiano	0,00	1,94	555,31	0,00
	5lux,sl	Gaussiano	0,00	3,60	106,04	0,00
	5lux,cl	Gaussiano	0,00	2,40	688,61	0,00
LFC	20lux,sl	Gaussiano	0,00	4,70	265,84	0,00
	20lux,cl	Gaussiano	0,00	4,11	1033,39	0,00
	5lux,sl	Gaussiano	0,00	4,20	200,78	0,00
	5lux,cl	Gaussiano	0,00	2,76	668,38	0,00
LM	20lux,sl	Gaussiano	0,00	4,24	100,57	0,00
	20lux,cl	Esférico	0,00	4,38	894,20	0,00
	5lux,sl	Gaussiano	0,00	3,58	49,17	0,00
	5lux,cl	Gaussiano	0,00	3,24	671,16	0,00
LVS	20lux,sl	Gaussiano	22,60	5,14	576,43	0,04
	20lux,cl	Gaussiano	0,00	3,33	7257,13	0,00
	5lux,sl	Gaussiano	11,22	6,14	483,03	0,02
	5lux,cl	Gaussiano	332,21	4,23	4755,96	0,07
LFT	20lux,sl	Gaussiano	0,00	3,64	523,57	0,00
T8	5lux,sl	Gaussiano	0,00	4,05	406,67	0,00
LFT	20lux,sl	Gaussiano	0,00	3,89	530,32	0,00
T5	5lux,sl	Gaussiano	0,00	4,25	405,61	0,00

$^1C_0 / C$ = Grau de dependência espacial

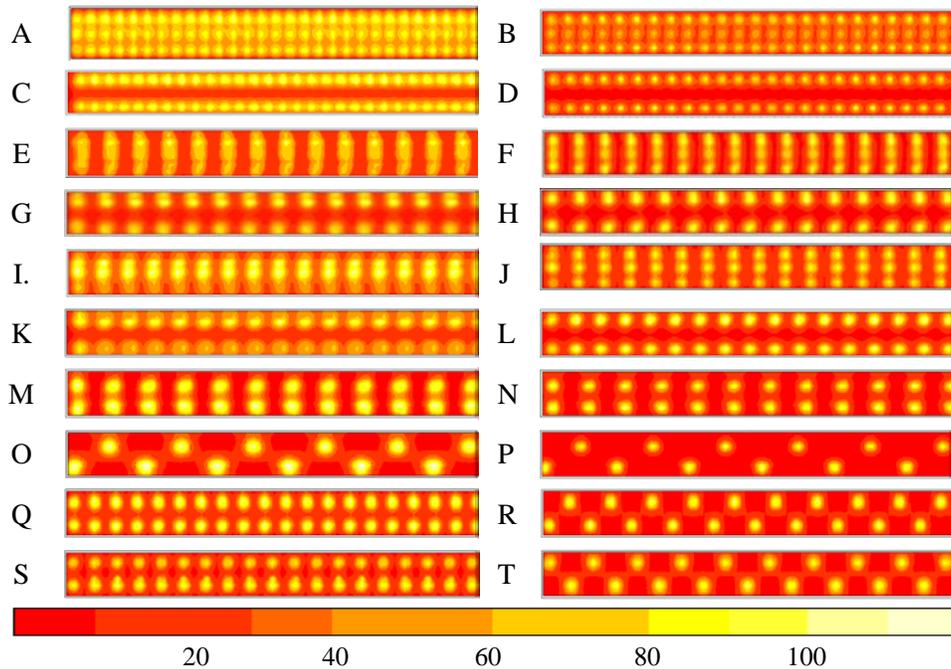


Figura 2 Distribuição espacial dos níveis de iluminâncias para os sistemas avaliados no interior de galpões para criação de frangos de corte com lâmpadas incandescente (A) $LI_{20lux,sl}$, (B) $LI_{20lux,cl}$, (C) $LI_{5lux,sl}$ e (D) $LI_{5lux,cl}$; com lâmpadas fluorescentes compactas (E) $LFC_{20lux,sl}$, (F) $LFC_{20lux,cl}$, (G) $LFC_{5lux,sl}$ e (H) $LFC_{5lux,cl}$; com lâmpadas mistas (I) $LM_{20lux,sl}$, (J) $LM_{20lux,cl}$, (K) $LM_{5lux,sl}$ e (L) $LM_{5lux,cl}$; com lâmpadas vapor de sódio (M) $LVS_{20lux,sl}$, (N) $LVS_{20lux,cl}$, (O) $LVS_{5lux,sl}$ e (P) $LVS_{5lux,cl}$; com lâmpadas fluorescentes tubulares T8 (Q) $LFT_{T8_{20lux,sl}}$ e (R) $LFT_{T8_{5lux,sl}}$ e com lâmpadas fluorescentes tubulares T5 (S) $LFT_{T5_{20lux,sl}}$ e (T) $LFT_{T5_{5lux,sl}}$. **Spatial distribution of illuminance levels for the evaluated lighting systems within broiler houses: with incandescent lamps (A) $IL_{20lux,sl}$; (B) $IL_{20lux,cl}$; (C) $IL_{5lux,sl}$; (D) $IL_{5lux,cl}$; with compact fluorescent lamps (E) $CFL_{20lux,sl}$; (F) $CFL_{20lux,cl}$; (G) $CFL_{5lux,sl}$; (H) $CFL_{5lux,cl}$; with mixed lamps (I) $ML_{20lux,sl}$; (J) $ML_{20lux,cl}$; (K) $ML_{5lux,sl}$; (L) $ML_{5lux,cl}$; with sodium vapor lamps (M) $SVL_{20lux,sl}$; (N) $SVL_{20lux,cl}$; (O) $SVL_{5lux,sl}$; (P) $SVL_{5lux,cl}$; T8 tubular fluorescent lamp (Q) T8 TFL $_{20lux,sl}$; (R) T8 TFL $_{5lux,sl}$; and T5 tubular fluorescent lamp (S) T5 TFL $_{20lux,sl}$; (T) T5 TFL $_{5lux,sl}$**

Nas Figuras 3 e 4 estão representadas as frequências de ocorrências dos níveis de iluminâncias nos sistemas avaliados, ilustrando nitidamente as diferenças entre os sistemas com e sem luminárias. Os sistemas dotados de luminárias apresentaram menos uniformidade e maior frequência de iluminâncias acima do ideal. Jordan e Tavares (2005) relatam que situações como esta podem ser prejudiciais à produção de frangos de corte, favorecendo o aparecimento de comportamentos de agressividade, hiperatividade e canibalismo, além de causar deposição de gordura, maior incidência de problemas de pernas, doenças metabólicas e circulatórias. Jácome (2009) observou uma menor produção de ovos quando poedeiras foram expostas a altas iluminâncias. Owada et al. (2007), utilizando a teoria dos conjuntos *fuzzy*, estimaram que iluminâncias próximas de 1 lux seriam ideais para o bem-estar de frangos de corte, entre 1 e 5 lux seriam viáveis, e as demais situações não poderiam ser consideradas ótimas.

Dos sistemas avaliados para atender a iluminância mínima de 20 lux, o que melhor representou a distribuição ideal foi a lâmpada incandescente ($LI_{20lux,sl}$), e em sequência as lâmpadas mista ($LM_{20lux,sl}$), fluorescente tubular T5 ($LFT\ T5_{20lux,sl}$), fluorescente compacta ($LFC_{20lux,sl}$), vapor de sódio ($LVS_{20lux,sl}$), e por último fluorescente tubular T8 ($LFT\ T8_{20lux,sl}$). Observa-se que os melhores resultados foram obtidos pelos sistemas sem luminária. Para a iluminância de 5 lux, a ausência de luminária também proporcionou melhores resultados, de acordo com a seguinte sequência: lâmpada mista ($LM_{5lux,sl}$), lâmpada vapor de sódio ($LVS_{5lux,sl}$), fluorescente tubular T5 ($LFT\ T5_{5lux,sl}$), fluorescente tubular T8 ($LFT\ T8_{5lux,sl}$), fluorescente compacta ($LFC_{5lux,sl}$) e incandescente ($LI_{5lux,sl}$).

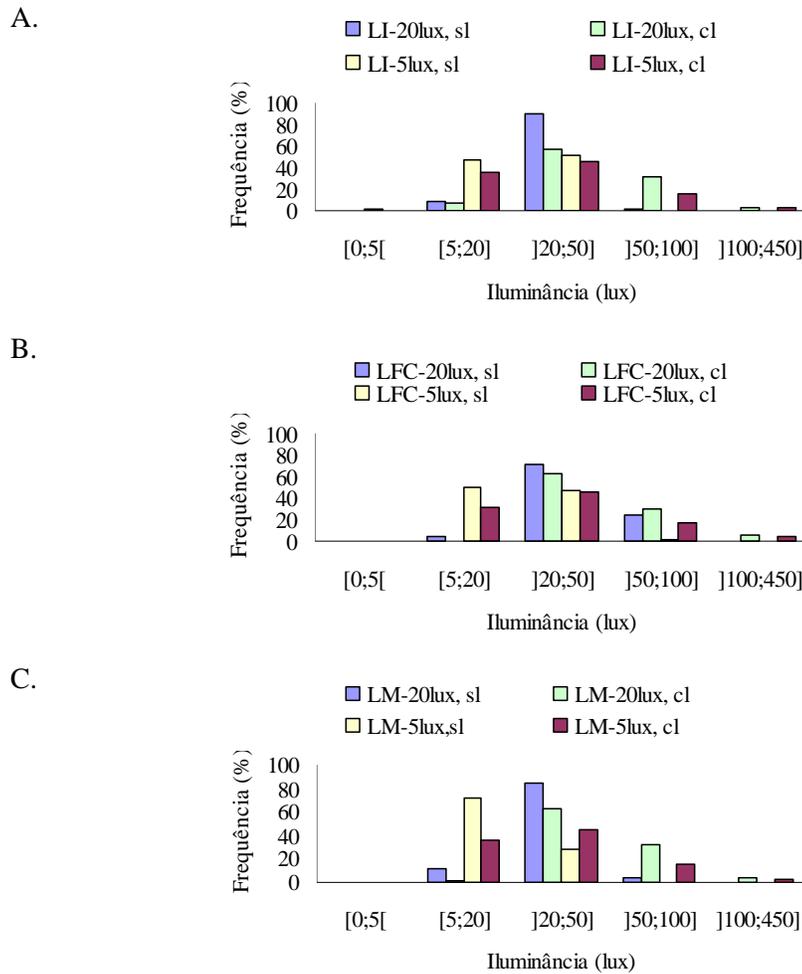


Figura 3 Frequência de ocorrência dos níveis de iluminância no interior de um galpão avícola para os sistemas de iluminação (A) com lâmpadas incandescentes $LI_{20lux,sl}$, $LI_{20lux,cl}$, $LI_{5lux,sl}$ e $LI_{5lux,cl}$; (B) com lâmpadas fluorescentes compactas $LFC_{20lux,sl}$, $LFC_{20lux,cl}$, $LFC_{5lux,sl}$ e $LFC_{5lux,cl}$ e (C) com lâmpadas mistas $LM_{20lux,sl}$, $LM_{20lux,cl}$, $LM_{5lux,sl}$ e $LM_{5lux,cl}$.
Frequency of illuminance levels occurrence inside a poultry house for the lighting systems (A) with incandescent lamps $IL_{20lux,sl}$, $IL_{20lux,cl}$, $IL_{5lux,sl}$ and $IL_{5lux,cl}$; (B) with compact fluorescent lamps $CFL_{20lux,sl}$, $CFL_{20lux,cl}$, $CFL_{5lux,sl}$ and $CFL_{5lux,cl}$ (C) with mixed lamps $ML_{20lux,sl}$, $ML_{20lux,cl}$, $ML_{5lux,sl}$ and $ML_{5lux,cl}$

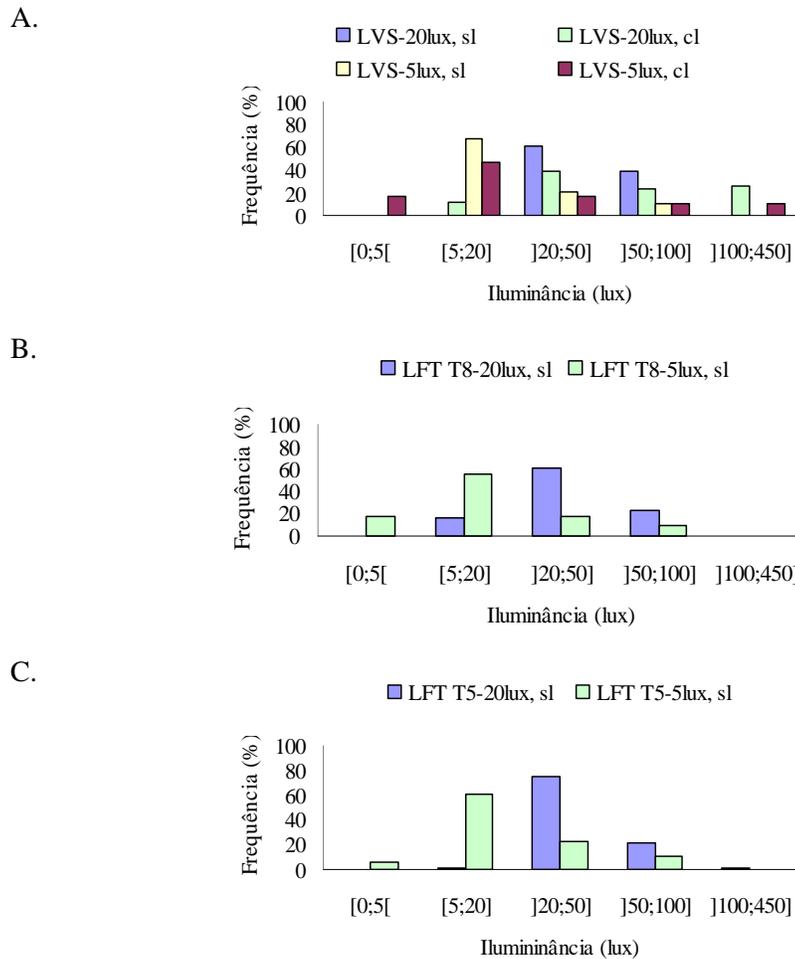


Figura 4 Frequência de ocorrência dos níveis de iluminância no interior de um galpão avícola para os sistemas de iluminação (A) com lâmpadas vapores de sódio $LVS_{20lux,sl}$, $LVS_{20lux,cl}$, $LVS_{5lux,sl}$ e $LVS_{5lux,cl}$; (B) com lâmpadas fluorescentes tubulares T8 $LFT T8_{20lux,sl}$ e $LFT T8_{5lux,sl}$ e; (C) com lâmpadas fluorescentes tubulares T5 $LFT T5_{20lux,sl}$ e $LFT T5_{5lux,sl}$.
Frequency of illuminance levels occurrence inside a poultry house for the lighting systems (A) with sodium vapor lamps $SVL_{20lux,sl}$, $SVL_{20lux,cl}$, $SVL_{5lux,sl}$ and $SVL_{5lux,cl}$; (B) with T8 tubular fluorescent lamp $T8 TFL_{20lux,sl}$, $T8 TFL_{5lux,sl}$; (C) with T5 tubular fluorescent lamp $T5 TFL_{20lux,sl}$ and $T5 TFL_{5lux,sl}$

Na Tabela 4 estão listados, para cada um dos sistemas avaliados, os números totais de lâmpadas, tensões, correntes e os fatores de potências, simulados a partir dos dados obtidos no presente trabalho. Para esta estimativa considerou-se um galpão comercial padrão para criação de frangos de corte, com dimensões de 12x125 m, e instalação dos sistemas de iluminação a 2,35 m do piso.

Tabela 4 Número total de lâmpadas, tensão (V), corrente (A), e fator de potência simulados para um galpão comercial de frangos de corte os sistemas avaliados. **Total number of lamps, voltage (V), current (A), and power factor simulated for a commercial broiler house, for the evaluated systems**

Sistema de Iluminação	Total de lâmp.	Tensão (V)	Corrente (A)	Fator de potência	
LI	20lux,sl	93	215,74	39,06	0,99
	20lux,cl	75	215,74	31,50	0,99
	5lux,sl	62	215,74	26,04	0,99
	5lux,cl	50	215,74	21,00	0,99
LFC	20lux,sl	48	218,80	12,96	0,56
	20lux,cl	48	218,80	12,96	0,56
	5lux,sl	32	218,80	8,64	0,56
	5lux,cl	32	218,80	8,64	0,56
LM	20lux,sl	54	215,55	37,80	0,95
	20lux,cl	54	215,55	37,80	0,95
	5lux,sl	36	215,55	25,20	0,95
	5lux,cl	36	215,55	25,20	0,95
LVS	20lux,sl	26	218,53	11,70	0,86
	20lux,cl	26	218,53	11,70	0,86
	5lux,sl	13	218,53	5,85	0,86
	5lux,cl	13	218,53	5,85	0,86
LFT T8	20lux,sl	32	215,26	6,08	1,00
	5lux,sl	16	215,26	3,04	1,00
LFT T5	20lux,sl	32	217,75	4,80	1,00
	5lux,sl	16	217,75	2,40	1,00

Para a análise do fator de potência, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) considera como limite mínimo permitido o valor de 0,92. Apenas a lâmpada fluorescente compacta e a vapor de sódio apresentaram fator de potência abaixo do permitido. Portanto, estes sistemas proporcionam maiores valores de demanda reativa, o que eleva os custos de geração de energia elétrica. Para os consumidores industriais e rurais, existem tarifas e cobranças específicas sobre a energia reativa consumida, justificando a adoção de equipamentos com fator de potência próximo de 1. Estes resultados são semelhantes aos observados por David e Rossi (2010) ao avaliarem diferentes tipos de lâmpadas para produção de mudas de crisântemo. Foram apresentados os valores de 1,0 para LI, 0,56 para LFC, 0,98 para LFT T8 e 0,95 para LVS. Jácome (2009), testando diferentes tipos de lâmpadas para alojamento de poedeiras leves encontrou 0,83 para LVS, 0,58 para LFC e 0,99 para LI.

Nas Tabelas 5 e 6 são listadas estas demandas para os níveis de iluminação de 5 e 20 lux, respectivamente. Os sistemas LI sem luminária ($LI_{20lux,sl}$ e $LI_{5lux,sl}$) apresentaram maior demanda e conseqüentemente maior consumo e maior custo. Este resultado se deve à característica desta lâmpada de transformar a maior parte da energia que consome em calor, e apenas o restante em energia luminosa. Os sistemas LI com luminária ($LI_{20lux,cl}$ e $LI_{5lux,cl}$) apresentaram, porém, menores demandas que os sistemas LM ($LM_{20lux,sl}$, $LM_{20lux,cl}$, $LM_{5lux,sl}$, $LM_{20lux,cl}$). Portanto, para LI o uso de luminária diminui a demanda, devido ao menor número de lâmpadas utilizado.

Para a iluminância de 5 lux, LVS e LFC não apresentaram diferença significativa para demanda ativa, mas como LFC tem menor fator de potência, o que traz maior demanda reativa, LVS teve melhor resultado por apresentar menor demanda aparente. Jordan e Tavares (2005), analisando diferentes tipos de lâmpadas para produção de ovos férteis, verificaram que a lâmpada vapor de sódio de 70 W oferece maiores vantagens, pois apresentou uma economia de

76% quando comparada à incandescente de 100 W. Jácome (2009), comparando lâmpada incandescente 100 W (testemunha) com lâmpada vapor de sódio 70 W, verificou redução de 54,14% na demanda, e comparando a testemunha com lâmpada fluorescente compacta 23 W, a redução foi de 73,76%. David e Rossi (2010) verificaram que a substituição de lâmpadas incandescentes de 100 W por fluorescentes compactas de 23 W apresentaram uma redução de 75% no consumo de energia elétrica para a produção de mudas de crisântemo, sem afetar a produção final.

Tabela 5 Demandas ativa (W), reativa (VAr) e aparente (VA) de energia elétrica simuladas, a partir dos dados experimentais, para os sistemas avaliados que atendem à iluminância mínima de 5 lux. **Active (W), reactive (VAr) and Apparent (VA) demand for the evaluated systems that meet the minimum illuminance of 5 lux**

Demanda ativa (W)		Demanda reativa (VAr)		Demanda aparente (VA)	
Tratamentos	Médias	Tratamentos	Médias	Tratamentos	Médias
LI _{5lux,sl}	5618,96 a	LM _{5lux,sl}	1686,13 a	LI _{5lux,sl}	5664,05 a
LM _{5lux,sl}	5162,14 b	LM _{5lux,cl}	1686,13 a	LM _{5lux,sl}	5439,15 b
LM _{5lux,cl}	5162,14 b	LFC _{5lux,sl}	1533,07 b	LM _{5lux,cl}	5439,15 b
LI _{5lux,cl}	4531,41 c	LFC _{5lux,sl}	1533,07 b	LI _{5lux,cl}	4567,78 c
LVS _{5lux,sl}	1102,49 d	LI _{5lux,sl}	713,67 c	LFC _{5lux,sl}	1869,60 d
LVS _{5lux,cl}	1102,49 d	LVS _{5lux,sl}	652,26 d	LFC _{5lux,cl}	1869,60 d
LFC _{5lux,sl}	1045,11 d	LVS _{5lux,cl}	652,26 d	LVS _{5lux,sl}	1278,95 e
LFC _{5lux,cl}	1045,11 d	LI _{5lux,sl}	575,54 e	LVS _{5lux,cl}	1278,95 e
LFT T8 _{5lux,sl}	647,25 e	LFT T5 _{5lux,sl}	0 f	LFT T8 _{5lux,sl}	647,25 f
LFT T5 _{5lux,sl}	527,10 f	LFT T8 _{5lux,sl}	0 f	LFT T5 _{5lux,sl}	527,10 g

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de significância

Os dados da Tabela 6 indicam que os melhores resultados são obtidos pelos sistemas LFT T5_{5lux,sl} e LFT T8_{5lux,sl}, respectivamente, por apresentarem menores valores de demandas de energia elétrica e maiores valores de fator de potência.

Tabela 6 Demandas ativa (P), reativa (Q) e aparente (S) de energia elétrica simuladas, a partir dos dados experimentais, para os sistemas avaliados que atendem à iluminância mínima de 20 lux. **Active (P), reactive (Q) and apparent (S) demand for the evaluated systems that meet the minimum illuminance of 20 lux**

Demanda ativa (W)		Demanda reativa (VAr)		Demanda aparente (Va)	
Tratamentos	Médias	Tratamentos	Médias	Tratamentos	Médias
LI _{20lux,sl}	8428,43 a	LM _{20lux,sl}	2529,21 a	LI _{20lux,sl}	8496,08 a
LM _{20lux,sl}	7743,21 b	LM _{20lux,cl}	2529,21 a	LM _{20lux,sl}	8158,72 b
LM _{20lux,cl}	7743,21 b	LFC _{20lux,sl}	2299,61 b	LM _{20lux,cl}	8158,72 b
LI _{20lux,cl}	6797,12 c	LFC _{20lux,cl}	2299,61 b	LI _{20lux,cl}	6851,68 c
LVS _{20lux,sl}	2204,99 d	LVS _{20lux,sl}	1304,53 c	LFC _{20lux,sl}	2804,40 d
LVS _{20lux,cl}	2204,99 d	LVS _{20lux,cl}	1304,53 c	LFC _{20lux,cl}	2804,40 d
LFC _{20lux,sl}	1567,66 e	LI _{20lux,sl}	1070,51 d	LVS _{20lux,sl}	2557,89 e
LFC _{20lux,cl}	1567,66 e	LI _{20lux,cl}	863,31 e	LVS _{20lux,cl}	2557,89 e
LFT T8 _{20lux,sl}	1294,51 f	LFT T8 _{20lux,sl}	0 f	LFT T8 _{20lux,sl}	1294,51 f
LFT T5 _{20lux,sl}	1054,19 g	LFT T5 _{20lux,sl}	0 f	LFT T5 _{20lux,sl}	1054,19 g

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de significância

Nas Tabelas 7 e 8 foram listados os valores de redução das demandas ativa e aparente para os sistemas avaliados em relação aos tratamentos LI_{20lux,sl} e LI_{5lux,sl} que apresentaram os maiores valores nestes parâmetros. Para demanda reativa a comparação foi feita em relação ao tratamento LM_{20lux,sl} e LM_{5lux,sl}. A lâmpada que apresentou melhor desempenho foi a fluorescente tubular T5, seguida pela T8.

Tabela 7 Redução (percentual) das demandas máximas de energia elétrica em relação a $LI_{5lux,sl}$, que atendem à iluminância mínima de 5 lux.
Reduction (percentage) of the maximum electric demand, compared to the $LI_{5lux,sl}$, which meet the minimum illuminance of 5 lux

Demanda ativa (W)		Demanda reativa (VAr)		Demanda aparente (Va)	
Tratam.	% redução	Tratam.	% redução	Tratam.	% redução
$LI_{5lux,sl}$		$LM_{5lux,sl}$		$LI_{5lux,sl}$	
$LM_{5lux,sl}$	8,13	$LM_{5lux,cl}$	0,00	$LM_{5lux,sl}$	3,97
$LM_{5lux,cl}$	8,13	$LFC_{5lux,sl}$	9,08	$LM_{5lux,cl}$	3,97
$LI_{5lux,cl}$	19,36	$LFC_{5lux,sl}$	9,08	$LI_{5lux,cl}$	19,35
$LVS_{5lux,sl}$	80,38	$LI_{5lux,sl}$	57,67	$LFC_{5lux,sl}$	66,99
$LVS_{5lux,cl}$	80,38	$LVS_{5lux,sl}$	61,32	$LFC_{5lux,cl}$	66,99
$LFC_{5lux,sl}$	81,40	$LVS_{5lux,cl}$	61,32	$LVS_{5lux,sl}$	77,42
$LFC_{5lux,cl}$	81,40	$LI_{5lux,sl}$	65,87	$LVS_{5lux,cl}$	77,42
$LFTT8_{5lux,sl}$	88,48	$LFT T5_{5lux,sl}$	100,00	$LFT T8_{5lux,sl}$	88,57
$LFTT5_{5lux,sl}$	90,62	$LFT T8_{5lux,sl}$	100,00	$LFT T5_{5lux,sl}$	90,69

Tabela 8 Redução percentual das demandas máximas de energia elétrica em relação a $LI_{20lux,sl}$, que atendem à iluminância mínima de 20 lux.
Reduction (percentage) of the maximum electric demand, compared to the $LI_{20lux,sl}$ which meet the minimum illuminance of 20 lux

Demanda ativa (W)		Demanda reativa (VAr)		Demanda aparente (Va)	
Tratam.	% redução	Tratam.	% redução	Tratam.	% redução
$LI_{20lux,sl}$		$LM_{20lux,sl}$		$LI_{20lux,sl}$	
$LM_{20lux,sl}$	8,1	$LM_{20lux,cl}$	0,0	$LM_{20lux,sl}$	4,0
$LM_{20lux,cl}$	8,1	$LFC_{20lux,sl}$	9,1	$LM_{20lux,cl}$	4,0
$LI_{20lux,cl}$	19,4	$LFC_{20lux,cl}$	9,1	$LI_{20lux,cl}$	19,4
$LVS_{20lux,sl}$	73,8	$LVS_{20lux,sl}$	48,4	$LFC_{20lux,sl}$	67,0
$LVS_{20lux,cl}$	73,8	$LVS_{20lux,cl}$	48,4	$LFC_{20lux,cl}$	67,0
$LFC_{20lux,sl}$	81,4	$LI_{20lux,sl}$	57,7	$LVS_{20lux,sl}$	69,9
$LFC_{20lux,cl}$	81,4	$LI_{20lux,cl}$	65,9	$LVS_{20lux,cl}$	69,9
$LFTT8_{20lux,sl}$	84,6	$LFTT8_{20lux,sl}$	100,0	$LFTT8_{20lux,sl}$	84,8
$LFTT5_{20lux,sl}$	87,5	$LFTT5_{20lux,sl}$	100,0	$LFTT5_{20lux,sl}$	87,6

4 CONCLUSÕES

Considerando as configurações de iluminação avaliadas, o uso de luminárias não traz benefícios para a produção de frangos de corte, sendo prejudicial para a distribuição das iluminâncias; entretanto, deve-se ressaltar que outras configurações podem ser avaliadas.

Os sistemas de iluminação compostos por lâmpadas incandescente e mista, sem luminária, propiciaram melhores resultados para se atenderem as iluminâncias mínimas de 20 lux e 5 lux, respectivamente.

A lâmpada fluorescente tubular T5 foi a que apresentou os menores valores de demanda de energia, sendo, portanto, a que oferece maiores vantagens econômicas devido ao menor consumo de energia elétrica.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores expressam os seus agradecimentos à CAPES e ao CNPq pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ALVINO, G. M.; ARCHER, G. S.; MENCH, J. A. Behavioural time budgets of broiler chickens reared in varying light intensities. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 118, n. 1, p. 54-61, Jan. 2009.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 269 p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Balanco energético nacional 2009: ano base 2008**. Rio de Janeiro, 2009. 276 p.

_____. **Plano nacional de energia 2030: eficiência energética**. Brasília, 2007. 244 p.

BUENO, L.; ROSSI, L. A. Comparação entre tecnologias de climatização para criação de frangos quanto a energia, ambiência e produtividade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 497-504, 2006.

BUYSE, J.; SIMONS, P. C. N. Effect of intermittent lighting, light intensity and source on the performance and welfare of broilers. **World's Poultry Science Journal**, Washington, v. 52, n. 1, p. 121-130, Mar. 1996.

COBB-VANTRESS. **Brooding fundamentals guide**. Arkansas, 2009a. Disponível em: <<http://www.cobb-vantress.com/>>. Acesso em: 29 ago. 2011.

_____. **Brooding management guide**. Arkansas, 2009b. Disponível em: <<http://www.cobb-vantress.com/>>. Acesso em: 29 ago. 2011.

CRESSIE, N.; HARTFIELD, M. N. Conditionally specified gaussian model for spatial statistical analysis of field traits. **Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics**, Washington, v. 1, n. 1, p. 60-77, Mar. 1996.

DAVID, E.; ROSSI, L. A. Diferentes tecnologias de iluminação para produção de mudas de crisântemo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 261-266, 2010.

DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. **Model-based geostatistic**. New York: Springer, 2007. 230 p.

FARIA, F. F. et al. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2498-2505, dez. 2008.

GOMES, N. M. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 427-435, 2007.

JÁCOME, I. M. T. D. **Diferentes sistemas de iluminação artificial usados no alojamento de poedeiras leves**. 2009. 144 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

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, p. 420-423, 2005.

- KAWACHI, I. M. et al. Efeito de programas de luz sobre o desempenho e rendimento de carcaça, cortes comerciais e vísceras comestíveis de frangos de corte. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 59-65, 2008.
- KRISTENSEN, H. H. et al. The behaviour of broiler chickens in different light sources and illuminances. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 103, n. 1, p. 75-89, Jan. 2007.
- LEWIS, P. D.; GHEBREMARIAM, W.; GOUS, R. M. Illuminance and UV-A exposure during rearing affects egg production in broiler breeders transferred to open-sided adult housing. **British Poultry Science**, London, v. 48, n. 4, p. 424-429, Apr. 2007.
- LEWIS, P. D.; MORRIS, T. R. Responses of domestic poultry to various light sources. **World's Poultry Science Journal**, Washington, v. 54, n. 1, p. 7-25, Apr. 1998.
- MIRAGLIOTTA, M. Y. et al. Spatial analysis of stress conditions inside broiler house under tunnel ventilation. **Sciencia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 5, p. 426-432, 2006.
- MORAES, D. T. et al. Efeitos dos programas de luz sobre o desempenho, rendimento de abate, aspectos econômicos e resposta imunológica em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 201-208, jan./fev. 2008.
- OLANREAWAJU, H. A. et al. A review of lighting programs for broiler production. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 5, n. 4, p. 301-308, Aug. 2006.
- OWADA, A. N. et al. Estimating broiler welfare as function of ammonia concentration and light level inside housing. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 611-618, 2007.
- RUTZ, F.; BERMUDEZ, V. L. Fundamentos de um programa de luz para frangos de corte. In: MENDES, A. A.; NAS, I. A.; MACARI, M. (Ed.). **Produção de frangos de corte**. Campinas: Facta, 2004. p. 157-168.
- TURCO, J. A. P.; FERREIRA, L. F. S. A.; FURLAN, R. L. Consumo e custo de energia elétrica em equipamentos utilizados em galpão de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 519-522, 2002.

YANAGI JUNIOR, T. et al. Caracterização espacial do ambiente termoacústico e de iluminância em galpão comercial para criação de frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 1-12, 2011.