

KARISON FERREIRA PAN

AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE AVIÁRIOS *DARK  
HOUSE*, COM E SEM ISOLAMENTO TÉRMICO:  
UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE PALOTINA - PR

CASCVEL  
PARANÁ – BRASIL  
MARÇO - 2015

KARISON FERREIRA PAN

AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE AVIÁRIOS *DARK HOUSE*, COM E SEM ISOLAMENTO TÉRMICO:  
UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE PALOTINA - PR

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira

Coorientador: Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza

CASCADEL  
PARANÁ – BRASIL  
MARÇO - 2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P187 Pan, Karison Ferreira  
Avaliação de sistemas de iluminação de aviários *Dark House*, com e sem isolamento térmico: um estudo de caso na região de Palotina – Pr. / Karison Ferreira Pan – Cascavel, 2015.  
53p.

Orientador, Jair Antonio Cruz Siqueira  
Coorientador, Samuel Nelson Melegari de Souza  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, 2015.  
Inclui Bibliografia

1. Avicultura. 2. Visão das Aves. 3. Iluminamento.  
I. Título. II. Jair Antonio Cruz Siqueira. III. Samuel Melegari de Souza  
IV. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura.

CDU – 636.5

KARISON FERREIRA PAN

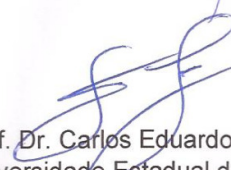
**Avaliação de sistemas de iluminação de aviários *dark house* com e sem isolamento térmico: um estudo de caso na região de Palotina-PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:

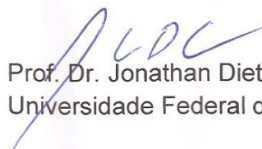
Orientador:



Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Prof. Dr. Jonathan Dieter  
Universidade Federal do Paraná – UFPR/Palotina

Cascavel, 06 de março de 2015.

Aos meus queridos pais Renato e Lucila

À minha amada Tânia Brasil

Dedico este trabalho

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus pela oportunidade da vida.

Agradeço à minha família, principalmente aos meus pais por terem me transmitido a vida.

Agradeço à minha querida esposa, Tânia Brasil, pelo companheirismo e por ser uma grande fonte de inspiração e crença de que Deus está sempre ao lado de quem o busca.

Agradeço ao meu professor orientador, professor Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira, pela atenção dedicada, pela paciência nos desencontros de informações e pelo conhecimento e maturidade acadêmica a mim transmitido.

Agradeço à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, bem como a todos os funcionários que permitem, por meio de seus trabalhos, que esta instituição permaneça sempre funcionando, andando como uma locomotiva que precisa de energia para sua constante viagem. Estes funcionários (professores, técnicos, administrativos, etc) são esta energia.

Agradeço à C.Vale pela cumplicidade do aprendizado e execução deste trabalho.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma da produção de frangos de corte. Fonte: Mendes e Saldanha (2004).....	6
Figura 2: Granja de estudo. ....	27
Figura 3: Termo higrô anemômetro.....	28
Figura 4: Dimensões dos tratamentos.....	29
Figura 5: Comportamento dos resultados de iluminação do aviário N.ISO.....	31
Figura 6: Comportamento dos resultados de iluminação do aviário N.ISO.....	32
Figura 7: Comparação entre valores médios de iluminação dos aviários.....	33
Figura 8: Comparação entre valores de desvio padrão de iluminação em lux dos aviários.....	33
Figura 9: Comparação entre valores de CUD de iluminação dos aviários.....	34
Figura 10: Mapas de isolinhas da distribuição de lux dos aviários N.ISO (a) e ISO (b).....	35
Figura 11: Evolução do peso das aves a cada semana.....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de iluminação do aviário N.ISO.....	31
Tabela 2: Valores de iluminação do aviário ISSO.....	32
Tabela 3: Valores médios de iluminação dos tratamentos III a VII.....	34
Tabela 4: Peso das aves com idade representada por “semana de vida” .....	36



## ÍNDICE

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	iv
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	v
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE</b> .....	vii
<b>RESUMO</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1. Avicultura de corte no Brasil e no mundo.....	4
2.1.1. Histórico da avicultura de corte no Brasil.....	5
2.1.2. Cadeia de produção de frango de corte.....	7
2.1.3. Perspectivas de produção de frango de corte.....	8
2.2. Iluminação em aviários de corte.....	8
2.2.1. Definições.....	8
2.2.2. Visão das aves.....	10
2.2.3. O efeito da luz nas aves.....	10
2.2.4. Fonte de luz, iluminamento e instalações elétricas.....	10
2.2.5. Duração e distribuição do fotoperíodo.....	12
2.2.6. Sono das aves.....	12
2.3. Tipos de programas de luz .....	13
2.3.1. Programa de luz constante .....	13
2.3.2. Programa de luz intermitente.....	15
2.3.3. Programa de luz crescente.....	16
2.4. Eficiência dos sistemas de iluminação.....	17
2.4.1. Lâmpadas incandescentes.....	17
2.4.2. Lâmpadas halógenas.....	18
2.4.3. Lâmpadas de descarga.....	19
2.4.4. Lâmpadas fluorescentes tubulares.....	20
2.4.5. Lâmpadas fluorescentes compactas (LFCs).....	21
2.4.6. Diodos Emissores de luz (LEDs).....	21
2.5. Avaliação econômica de projetos de iluminação.....	22
2.5.1. Redução de demanda.....	23

2.5.2.	Energia conservada.....	23
2.5.3.	Investimento anualizado.....	24
2.5.4.	Análise econômica.....	25
2.5.4.1.	Valor presente Líquido.....	25
2.5.4.2.	Taxa simples de retorno.....	26
3.	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
3.1.	Material.....	27
3.2.	Métodos.....	28
4.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>31</b>
5.	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>39</b>
6.	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>40</b>

PAN, Karison Ferreira. M.Sc. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Março de 2015. **AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE AVIÁRIOS *DARK HOUSE*, COM E SEM ISOLAMENTO TÉRMICO: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE PALOTINA - PR.** Orientador: Professor Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira.

## RESUMO

Na criação de frangos de corte o uso adequado de programas de iluminação é um fator que influencia diretamente o bem estar e produtividade das aves. O objetivo deste trabalho foi avaliar dois sistemas de iluminação artificial utilizados em aviários de frango de corte, quanto à sua eficiência distributiva de iluminamento. O trabalho foi realizado no município de Iporã – Pr. Avaliou-se a iluminação de dois aviários com sistemas de iluminação e sistemas de construção diferentes. Um dos aviários era fechado com sistema convencional de lona de ráfia escura (*dark house*), não sendo isolado termicamente (N.ISO) e seu sistema de iluminação era composto por lâmpadas incandescentes, fluorescente compacta e led. O outro aviário era fechado com isopainéis de poliestireno extrudado (*XPS*), sendo isolado termicamente (ISO) e seu sistema de iluminação era composto somente por lâmpadas fluorescente compacta. Foram analisados o alcance da influência da luz externa do Sol para dentro do aviário, por meio dos exaustores, e o grau de distribuição da iluminação nos aviários por meio de análises estatísticas e do estudo do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). Foram confeccionados mapas de isolinhas mostrando o grau de distribuição de iluminamento interno para cada conjunto de tecnologia de lâmpada, na área que não sofria interferência da iluminação natural externa do Sol. Os resultados mostraram que a iluminação natural externa do Sol influenciava a iluminação interna até a distância do segundo vão (18m), do fundo para a frente e que houve uma melhor homogeneidade de iluminamento no aviário ISO.

**PALAVRAS-CHAVE:** avicultura, visão das aves, iluminamento.

PAN, Karison Ferreira. M.Sc. State University of Western Paraná, March 2015. **AVALUATION OF POULTRY DARK HOUSE ILLUMINATION SYSTEMS, WITH AND WITHOUT THERMAL INSULATION: A CASE STUDY IN PALOTINA-PR REGION.** Orientador: Professor Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira.

### **ABSTRACT**

In broiler production systems the use of lighting programs proper is a factor that directly influences the welfare and birds productivity. The objective of this study was to evaluate two artificial lighting systems used in broiler poultry house, as to its allocative efficiency of luminance. The study was conducted in Iporã – Pr. Evaluated the lighting of two aviaries with different lighting and building systems. One barn was closure with conventional system of black raffia bag (dark house), not being thermally insulated (N.ISO) and its lighting system consisted of incandescent bulbs, compact fluorescent and LED. The other barn was with extruded polystyrene panel (XPS), and thermally insulated (ISO) and its lighting system was composed entirely of compact fluorescent lamps. Was analyzed the extent of influence of external natural Sunshine, inside the poultry through the exhausts, and the degree of distribution of illumination in the poultry with statistical analysis and study of the distribution uniformity coefficient (CUD). Contour maps were produced showing the degree of internal luminance distribution for each set of lamp technology, in the area that did not suffer interference of external natural Sunshine. The results showed that the external natural Sunshine influenced the indoor lighting to distance of the second pillar (18m) from the bottom to the front and there was a better luminance uniformity in ISO aviary.

**KEYWORDS:** poultry production, birds vision, luminance

## 1. INTRODUÇÃO

Frangos de corte são produtos da genética e do ambiente. Do ponto de vista genético, essas aves têm se destacado como aquelas cujo maior progresso tem sido observado dentre os animais domésticos. Interagindo com a carga de gens, encontra-se uma série de fatores ambientais, dentre eles a luz é um dos mais importantes (RUTZ e BERMUDEZ, 2004).

De acordo com os mesmos autores, a importância que a luz exerce sobre um sistema de criação de aves de corte está relacionada com a preocupação em oferecer o mínimo necessário de luz para que essas aves enxerguem os comedouros e bebedouros.

A fonte e a intensidade da luz, o comprimento de onda, a duração e distribuição do fotoperíodo são os itens principais de um sistema de iluminação de aves de corte.

Com respeito à fonte de luz e o comprimento de onda, existe uma diversidade de opiniões entre pesquisadores, pois a importância das cores para as aves ainda não estão completamente elucidadas. É esperado que a cor, que é essencialmente uma diferença na frequência de vibração de ondas eletromagnéticas, afete o crescimento e o comportamento das aves.

Em geral é recomendado fornecer uma intensidade de luz não inferior a 20 lux, até 7 dias de idade, e de 5 lux a partir de então, até o abate.

A luz, contudo, produz outros efeitos que atuam indiretamente sobre a produção. O comportamento dos frangos é fortemente afetado pela luz, aspecto que tem sido utilizado comercialmente. A luz mais brilhante é usada para aumentar a atividade das aves, como é o caso dos primeiros dias. A luz de baixa intensidade também ajuda a aumentar a eficiência alimentar, pois acarreta uma menor atividade e um menor desperdício de ração.

A utilização eficiente de um fotoperíodo visa a maximizar o consumo de alimentos, o ganho de peso e a eficiência alimentar dos frangos de corte. Foto períodos adotados atualmente visam, além de otimizar ganhos de peso, a propiciar respostas fisiológicas eficientes pelas aves.

Os programas de luz podem ser classificados em luz constante, iluminação intermitente e fotoperíodo crescente.

No programa de luz constante, utiliza-se um fotoperíodo de mesmo comprimento, durante todo o ciclo de crescimento, possibilitando acesso uniforme aos comedouros durante todo o dia, otimizando a condição para maximizar o consumo de ração, o ganho de peso e a

uniformidade.

O programa de iluminação intermitente apresenta ciclos repetidos de luz e escuro dentro de um período de 24 horas. Estudos indicaram que a luz intermitente sincronizava melhor o consumo alimentar com passagens do alimento pelo trato digestório dos frangos.

O programa de fotoperíodo crescente fornece uma série de fotoesquemas, nos quais o fotoperíodo é aumentado conforme o frango avança a idade. O programa consiste em fornecer, inicialmente, um período de luz quase contínuo (23 horas de luz e 1 hora de escuro), seguido por uma redução abrupta para 6 horas de luz diária e, após, um aumento gradual ou repentino até o fotoperíodo quase contínuo aos 14 ou 21 dias de idade (RUTZ e BERMUDEZ, 2004).

Pesquisadores como Kawauchi et al (2008) dizem que na criação de frangos de corte, o uso do programa de luz contínua tem sido uma prática comum nos últimos anos. Porém, segundo os mesmos autores, a exposição do frango à luz contínua pode resultar em uma ave “imunologicamente deficiente”, visto que a alta taxa de crescimento tem correlação negativa com rusticidade.

Estudos de Mendes et al. (2010) mostram que a intensidade luminosa, a distribuição, a cor e a duração da luz afetam o desempenho e o bem-estar do lote.

A diminuição do fotoperíodo na criação de aves é relatada como motivo de diminuição da susceptibilidade a doenças metabólicas, tais como ascite, síndrome de hipertensão pulmonar, síndrome de morte súbita, discondroplasia tibial e outras doenças ósseas (OLANREWAJU et al., 2006).

Desde que as lâmpadas foram inventadas, a principal fonte de iluminação artificial para aves de todos os tipos tem sido iluminação incandescente. Nos últimos anos, diferentes tipos de sistemas de iluminação, foram introduzidas nos aviários. Sistemas de iluminação modernos são muito mais eficientes em termos energéticos e ainda podem proporcionar uma iluminação mais adequada. Isso tem exigido novas pesquisas em todo o sistema de gestão da iluminação para o crescimento de frangos de corte (RIERSON, 2008).

O número de abatedouros de aves existentes no estado do Paraná somam 33 abatedouros, sendo sete destes situados na região dos municípios de Cascavel (2 abatedouros), Cafelândia (1 abatedouro), Marechal C. Rondon (1 abatedouro), Medianeira (1 abatedouro), Palotina (1 abatedouro) e Toledo (1 abatedouro).

O objetivo geral deste trabalho é um estudo de caso onde foram avaliados sistemas de iluminação, comumente utilizados em aviários de frango de corte em uma integradora na

região de Palotina – Pr, quanto à qualidade de distribuição de iluminação.

O objetivo específico foi realizar uma avaliação da uniformidade de iluminação com uso de tecnologias diferentes de lâmpadas em aviários de frango de corte.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Avicultura de corte no Brasil e no mundo

A produção de aves de corte vem aumentando significativamente nos últimos anos.

A produção mundial de carne de frango aumentou aproximadamente 22 vezes de 2005 a 2013, passando de 3,5 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2011) para 82 milhões de toneladas, respectivamente (UBABEF, 2014).

No ano de 2013 a produção mundial de carne de frango foi de 84,3 milhões de toneladas, sendo os maiores produtores mundiais os Estados Unidos (16,9 milhões de toneladas), a China (13,5 milhões de toneladas) e o Brasil (12,3 milhões de toneladas).

Os Estados Unidos são os maiores produtores mundiais de carne de frango, porém vêm reduzindo sua taxa de crescimento em razão dos baixos retornos econômicos da atividade e da forte concorrência do mercado externo, deixando para o Brasil, a cada ano que passa, uma fatia maior deste comércio (MENDES; SALDANHA, 2004).

Segundo os mesmos autores, em 1985 os Estados Unidos detinham 30% desse mercado e o Brasil apenas 6%. Em 2013 o Brasil atingiu cerca de 15% da produção mundial, enquanto a participação norte americana foi reduzida para 20%.

Os maiores países exportadores em 2013 foram o Brasil (3,9 milhões de toneladas), os Estados Unidos (3,3 milhões de toneladas) e a União Européia (1,1 milhões de toneladas).

Nos últimos 44 anos, a produção brasileira teve um crescimento anual médio anual de 11,4% partindo de 217 mil toneladas em 1970 (MENDES; SALDANHA, 2004) para 12,3 milhões de toneladas em 2013 (UBABEF, 2014). Em 2013 os estados brasileiros maiores produtores foram o Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, contribuindo com 31,1%, 16,6% e 14,5% na produção brasileira, respectivamente (UBABEF, 2014).

No período de 2009 a 2013 o consumo per capita de frango do brasileiro teve um aumento médio anual de cerca de 2%, fechando o ano de 2013 com um consumo per capita de 41,8 Kg.habitante<sup>-1</sup>.

Para suprir a necessidade de produção destas aves, o alojamento de matrizes de corte no Brasil em 2013 fechou em 46,1 milhões de cabeças.

A exportação de carne de frango brasileira teve um aumento médio anual de 1,3% no período de 2009 a 2013, sendo dez vezes menor comparada aos 4 anos anteriores (2005 – 2008). No ano de 2013 a exportação total foi de 3,9 milhões de toneladas.



Mais uma vez os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul tiveram uma grande participação nos números relativos à exportação brasileira em 2013. Estes estados contribuíram com a exportação brasileira em cerca de 30%, 24% e 18%, respectivamente (UBABEF, 2014).

As importações mundiais de carne de frango atingiram em 1990 a marca de 1,9 milhões de toneladas, saltando para 8,7 milhões de toneladas em 2013 (UBABEF, 2014). Esse volume no comércio internacional tem sido decorrente da ampliação do mercado no Oriente Médio e aumento nas importações de países do extremo oriente como Hong Kong, Japão e Rússia (EMBRAPA, 2011) e de tradicionais importadores europeus (UBABEF, 2014).

A produção paranaense de carne de frango vem obtendo um aumento médio anual de 3,7% desde o ano de 2009. Esta produção fechou em mais de 1,46 bilhões de cabeças de frango abatidas em 2013.

Este cenário onde o Brasil é o terceiro maior produtor mundial e o maior exportador de carne de frango vem colocando o frango como produto de destaque na pauta agrícola de exportações brasileiras, juntamente com os complexos soja e cana de açúcar.

Para atingir os atuais estágios de produção avícola uma série de fatores foram fundamentais, tais como clima, disponibilidade de terras agricultáveis para o plantio de grãos, um sistema de ciência e tecnologia voltado para a geração de tecnologias para condições de clima tropical e sub tropical e um mercado consumidor grande e com expansão contínua em seu poder aquisitivo (MENDES; SALDANHA, 2004).

#### 2.1.1. Histórico da avicultura de corte no Brasil

A indústria avícola teve início, no Brasil, com as importações das primeiras linhagens híbridas para corte e para postura, no começo da década de sessenta, nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, maiores mercados consumidores na época (MENDES; SALDANHA, 2004).

No início da década de setenta, a Sadia trouxe dos Estados Unidos e implantou, na região oeste do estado de Santa Catarina, o modelo de produção integrada, que logo foi adotado por outras empresas já existentes na época, como Perdigão, Seara e outras, ocasionando um grande impulso na avicultura brasileira.

O setor de abate de aves também se consolidou no país nos anos setenta, adquirindo características semelhantes às de suas congêneres estrangeiras, uma vez que o modelo norte

americano se difundiu, tanto no aspecto organizacional quanto no aspecto tecnológico (MENDES; SALDANHA, 2004).

Naquela década ocorreu, ainda, grande expansão da produção e do consumo interno, além da conquista de fração do mercado internacional, com o início das exportações de frangos em 1973. Em 1975 o Brasil figurou pela primeira vez entre os dez maiores exportadores mundiais de carne de frango (MENDES; SALDANHA, 2004). Os incentivos governamentais resultaram em créditos subsidiados à instalação de frigoríficos, à comercialização e à construção de aviários por produtores integrados e incentivos à exportação.

Nos anos oitenta, em função da recessão e do esgotamento das políticas estatais de incentivos, essa indústria passou por um processo de concentração e centralização do capital, adquirindo o perfil de oligopólio diferenciado. Isso afetou, principalmente, a avicultura paulista. Como as empresas existentes no estado de São Paulo, na época, eram em sua maioria familiares, as mesmas foram adquiridas por grandes integrações sediadas nos estados do sul (MENDES; SALDANHA, 2004).

Nos anos noventa a avicultura de corte expandiu-se para o centro oeste, indo atrás de terras mais baratas, grãos e zonas com menor desafio sanitário. Empresas tradicionais implantaram unidades de produção no Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Bahia. Ainda que existam aspectos favoráveis à expansão da avicultura no centro oeste, a região sul continua sendo a maior produtora de frangos de corte (UBABEF, 2014).

Na figura 1 apresenta-se um fluxograma no qual constam todos os agentes da cadeia de frango de corte.

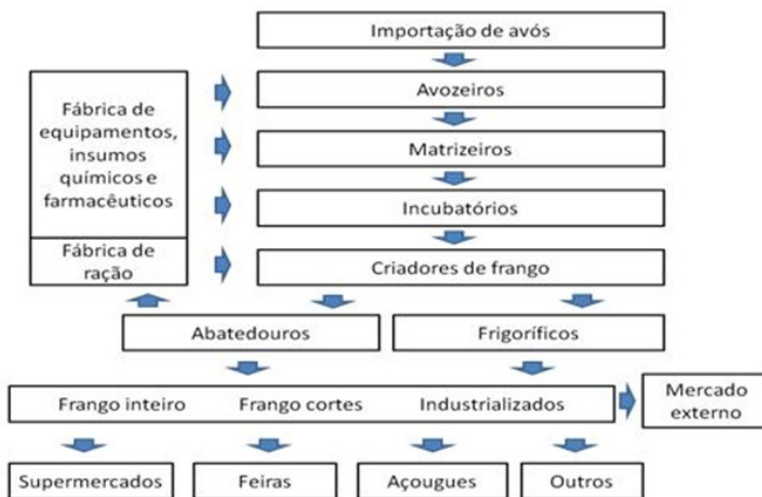


Figura 1: Fluxograma da produção de frangos de corte. Fonte: Mendes e Saldanha (2004).

### 2.1.2. Cadeia de produção de frango de corte

A criação de frango de corte é feita, preponderantemente, por criadores integrados aos abatedouros de empresas integradoras ou cooperativas. Estas, geralmente, produzem seus próprios pintainhos em granjas próprias de matrizes ou terceirizadas, os quais nascem em incubatórios da própria empresa ou cooperativa. Algumas grandes integrações possuem granjas de avós, e todas elas fabricam a própria ração. A maioria delas adquire suplementos minerais e vitamínicos de empresas especializadas, geralmente a partir de fórmulas especialmente definidas pela integração. Os abatedouros funcionam como os principais atacadistas do mercado de frango resfriado, congelado ou industrializado.

Os sistemas de produção relacionam-se com um ou mais setores da cadeia produtiva da indústria avícola dentro das condições de mercado, classificando os produtores como independente, integrado ou cooperado (MENDES; SALDANHA, 2004).

O sistema de criação independente, representado em sua maioria absoluta por produtores rurais, pessoas físicas e jurídicas, é o sistema em que o produtor produz e vende seus produtos competindo no mercado livre, ou seja, é um sistema que se compõem de diversos segmentos pulverizados de pequeno e médio porte. A produção de ovo fértil, pintos de um dia, frango vivo e abatido em processo contínuo encontram-se sob a responsabilidade individual de um produtor especializado.

O sistema de criação integrado, representado pelas agroindústrias, é o sistema que detem todo o processo produtivo, desde a produção do ovo fértil até o abate, no qual a comercialização ocorre apenas uma vez. Originário dos Estados Unidos, este sistema foi introduzido no Brasil no início da década de setenta pela Sadia, em Santa Catarina.

A integração é um acordo que estabelece um sistema de colaboração mútua entre a empresa e o produtor. Nesse acordo, a empresa integradora se compromete a fornecer os pintos, a ração, os medicamentos e outros insumos, a assistência técnica, o transporte da ração e dos frangos, bem como o abate e a comercialização. Ao integrado cabe providenciar as instalações e a Mão de obra.

No sistema de criação cooperado, a maioria das cooperativas trabalham no sistema de integração, ou seja, o integrado entra com as instalações, a cama e a Mão de obra e recebe os demais insumos da cooperativa. No término do lote, ele recebe um valor por frango criado de acordo com a produtividade. Além disso, no final do ano, quando da apuração dos resultados financeiros da atividade frango de corte, o cooperado recebe uma bonificação

proporcional à quantidade de quilos de frango entregues na cooperativa.

### 2.1.3. Perspectivas de produção de frango de corte

A previsão de crescimento da avicultura de corte é considerada a partir do alojamento de matrizes. De acordo com a UBA (União Brasileira de Avicultura), em 1970 a produção de matrizes de corte atingiu a cifra de 3.114.463 aves, indicando um aumento de 14 vezes para o ano de 2013, quando foi alojado 46.142.775 cabeças.

A produção brasileira de carne de frango vem apresentando crescimento elevado todos os anos, passando de 6,74 milhões de toneladas no ano 2001, para 12,3 milhões de toneladas em 2013, praticamente dobrando a produção em 12 anos (UBABEF, 2014).

O consumo de carne de frango teve um aumento significativo, ligado principalmente ao baixo custo da carne de frango em relação as outras carnes, devido grandes investimentos em tecnologias de produção, passando de 2,3 kg/habitante em 1970 para 41,8 kg/habitante no ano de 2013 (UBABEF, 2014).

As tecnologias de produção da carne de frango tem uma grande participação no progresso do setor por meio de constantes e evolutivas pesquisas científicas difundidas universalmente, mantendo-se o ciclo contínuo e curto do ciclo produtivo e adoção de tecnologias aplicadas no setor. Na década de sessenta, para atingir o peso comercial vivo de 1,6 Kg, um frango demorava 56 dias e representava uma conversão alimentar de 2,25, enquanto que linhagens modernas em que lotes de aves mistas (macho e fêmea) abatidos com 45 dias têm um resultado esperado de 3,0 Kg com conversão alimentar de 1,76 (COBB, 2013).

## 2.2. Iluminação em aviários de corte

### 2.2.1. Definições

Com respeito aos programas de luz nos aviários, algumas definições são importantes:

Luz - É uma modalidade da energia radiante que um observador verifica pela sensação visual de claridade determinada no estímulo da retina, sob a ação da radiação, no processo de percepção sensorial visual.

Luz Visível - A faixa de radiações das ondas eletromagnéticas detectadas pelo olho humano, o que chamamos de luz visível (ou luz branca) corresponde a uma estreita faixa do

espectro da radiação solar cujo comprimento de onda situa-se entre 380 e 750 nm, faixa que nos possibilita enxergar em cores, correspondendo o menor valor ao limite dos raios ultravioleta, e o maior, ao dos raios infravermelhos (NISKIER; MACINTYRE<sup>1</sup>, 2000 apud MORAES, 2006).

Segundo Prescott e Wathes (2001), as aves, dentre elas os frangos de corte, conseguem visualizar comprimentos de onda ultravioleta, ou seja, menos de 400 nm, mas acima de 320 nm.

Fluxo Luminoso - é a potência de radiação total emitida por uma fonte de luz e capaz de produzir uma sensação de luminosidade através do estímulo da retina ocular. Em outras palavras, é a potência da energia luminosa de uma fonte percebida pelo olho humano. A unidade é o *lúmen* (lm). As lâmpadas, conforme seu tipo e potência, apresentam fluxos luminosos com diversas eficiências (eficiência equivale à razão do fluxo luminoso emitido sobre a potência consumida pela fonte. Unidade:  $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ ) (NISKIER; MACINTYRE<sup>1</sup>, 2000 apud MORAES, 2006).

Lúmen - pode ser definido como o fluxo luminoso emitido, segundo um ângulo sólido de um esterradiano, por uma fonte puntiforme de intensidade invariável em todas as direções e igual a 1 candela (NISKIER; MACINTYRE<sup>1</sup>, 2000 apud MORAES, 2006).

Intensidade Luminosa - uma fonte luminosa em geral não emite igual potência luminosa em todas as direções. A potência da radiação luminosa numa dada direção denomina-se intensidade luminosa (NISKIER; MACINTYRE<sup>1</sup>, 2000 apud MORAES, 2006). A unidade é a candela (cd).

Lux - Iluminamento de uma superfície plana, de área igual a  $1\text{m}^2$ , que recebe, na direção perpendicular, um fluxo luminoso igual a um lúmen, uniformemente distribuído (MOREIRA<sup>2</sup>, 1982 apud MORAES, 2006).

Nível de Iluminamento ou Iluminância - é o fluxo luminoso incidente em uma superfície plana por unidade de área iluminada, como apresentado na figura 1. Definido também (em um ponto de uma superfície) como “a densidade superficial de fluxo luminoso recebido”. A unidade brasileira de iluminamento é o lux (MOREIRA, 1982 apud MORAES, 2006). Esta grandeza também é chamada de *iluminância*. O Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade) utiliza o termo de *iluminamento* para denominar esta grandeza (NISKIER; MACINTYRE<sup>1</sup>, 2000 apud MORAES, 2006).

<sup>1</sup> NISKIER, J.; MACINTYRE, A. J. Instalações Elétricas. 4.ed., Rio de Janeiro:LTD, 2000, p.241-306.

<sup>2</sup> MOREIRA, V. A. *Iluminação e fotometria: teoria e aplicação*. 2. ed., São Paulo: EDGARD BLUCHER, 1982, p.1-24.

Cor da luz - a temperatura do corpo luminoso da lâmpada caracteriza não apenas o fluxo luminoso que emite, mas também a cor da luz. O filamento de tungstênio aquecido até 2.000 K (Kelvin) fornece uma luz branco-avermelhada. A 3400 K é quase perfeitamente branca (NISKIER; MACINTYRE<sup>1</sup>, 2000 apud MORAES, 2006).

#### 2.2.2. Visão das aves

A visão das aves domésticas é o sentido dominante mais evoluído. As aves, em relação ao tamanho de seu crânio, possuem um globo ocular bastante volumoso, o que as permitem ter uma projeção maior da imagem na retina, contribuindo para uma melhor acuidade visual. Aproximadamente 50% ou mais do seu volume cranial é ocupado pelos olhos, enquanto que nos humanos os olhos ocupam menos que 5% (JONES; PIERCE JR; WARD<sup>3</sup>, 2007 apud VERCELINO, 2012).

#### 2.2.3. O efeito da luz nas aves

A luminosidade do ambiente pode afetar o comportamento, fisiologia e o bem estar das aves. As aves destinadas à criação comercial são mantidas em ambientes com iluminação artificial que se difere da iluminação natural em termos de coloração, intensidade, fotoperíodo e intermitência (KRISTENSEN et al.<sup>4</sup>, 2006 apud VERCELINO, 2012).

#### 2.2.4. Fonte de luz, iluminamento e instalações elétricas

Fatores como fonte de luz e comprimento de onda, nível de iluminamento, duração e distribuição do fotoperíodo são os mais importantes no estabelecimento de um programa de luz (CLASSEN<sup>5</sup>, 1996 apud MORAES, 2006).

De acordo com Castello et al.<sup>6</sup>. (1991, apud MORAES, 2006), a influência dos diferentes níveis de iluminamento sobre as aves ocorre da seguinte maneira:

<sup>3</sup> JONES, M. P.; PIERCE JR, K. E; WARD, D. Avian vision: a review of form and function with a special consideration to birds of prey. *Journal of Exotic Pet Medicine*, v. 2, n. 16, p.69-87, 2007.

<sup>4</sup> KRISTENSEN, H. H.; PERRY, G. C.; PRESCOTT, N. B.; LADEWIG, J.; ERSBOLL, A. K.; WATHES, C. M.. Leg health and performance of broiler chickens reared in different light environments. *British Poultry Science*, v. 47, n. 3, p. 257-263, 2006.

<sup>5</sup> CLASSEN, H. L. Principios sobre el manejo de luz en pollos de engorde. *Avicultura Profesional*, v.14, n. 2, p.22-27, 1996.

<sup>6</sup> CASTELLO, J. A.; FRANCO, F.; GARCIA, E. et al. Manejo de los pollos. In: \_\_\_ Producción de Carne de Pollo. Barcelona:Tecnograf, 1991, cap.6, p.112-116.

- 0,1 Lux – pode-se ver as aves, mas suas atividades são nulas;
- 1 Lux – pode-se manejar as aves facilmente e estas podem desenvolver suas atividades parcialmente;
- 5 Lux – visão perfeita das aves e estas desenvolvem plenamente suas atividades.

O nível de iluminamento para frangos de corte deve ser o mínimo necessário para permitir que as aves identifiquem e se desloquem até comedouros e bebedouros. Segundo luz (CLASSEN, 1996 apud MORAES, 2006), este nível de iluminamento, na altura do olho do frango, deve ser de 20 lux nos primeiros 7 dias de vida e de 5 lux posteriormente.

Quanto maior for o nível de iluminamento, maior será a movimentação das aves. Tal fato é importante no período inicial de criação dos frangos de corte, uma vez que o movimento nesta fase da vida ajuda no desenvolvimento muscular e esquelético, prevenindo a ocorrência futura de problemas cardiovasculares e ósseos (CLASSEN, 1996 apud MORAES, 2006).

Comparando dois níveis de iluminamento (5 versus 150 lux), Charles et al<sup>7</sup>. (1992 apud MORAES, 2006) observaram uma diminuição na gordura abdominal e na gordura total da carcaça de aves submetidas ao nível de iluminamento de 150 lux quando comparadas com aves expostas ao nível de iluminamento de 5 lux, fato que pode ser explicado pela maior atividade das aves que foram submetidas ao programa de luz com alto nível de iluminamento, o que levou a um maior requerimento energético e maior desenvolvimento muscular.

A luz com baixo nível de iluminamento é importante para se controlar alguns comportamentos agressivos, tais como o canibalismo e por esta razão tem sido utilizada rotineiramente em aviários comerciais. Além disso, ajuda a melhorar a conversão alimentar, uma vez que leva a uma redução na atividade das aves e um menor desperdício de ração (CLASSEN, 1996 apud MORAES, 2006).

De acordo com North e Bell (1990 apud MORAES, 2006), cada watt de uma lâmpada fluorescente deveria cobrir 0,37 metros quadrados de piso para propiciar 10 lux de luz. Tal nível de iluminamento é obtido com a utilização de refletores a uma altura de 2,1 a 2,4 metros acima do piso. A altura e distribuição das lâmpadas devem ser de tal forma a usar lâmpadas preferencialmente não acima de 60 watts, devido ao fato de lâmpadas acima deste valor (em watts), propiciarem um iluminamento menos uniforme além de se requerer mais eletricidade para iluminar o aviário.

---

<sup>7</sup> CHARLES, R. G.; ROBINSON, F. E.; HARDIN, R. T. et al. Growth, body composition and plasma androgen concentration of male broiler chickens subjected to different regimes of photoperiod and light intensity. *Poultry Science*, v.71, n.10, p.1595-1605, 1992.

### 2.2.5. Duração e distribuição do fotoperíodo

De acordo com Gordon<sup>8</sup> (1997 apud MORAES, 2006), quando as aves são submetidas a fotoperíodos reduzidos, ocorre uma melhora na viabilidade devido a uma redução no crescimento inicial e alterações fisiológicas relacionadas com um maior período de escuro. A incidência de ascite tende a diminuir devido ao fato da restrição alimentar inicial, através de programa de luz, levar a uma redução no requerimento de oxigênio durante esta fase de crescimento acelerado. Entretanto, esta diminuição do crescimento na fase inicial deveria ser realizada sem afetar o desenvolvimento de pulmões, coração e fígado.

Além disso, a melatonina, que é secretada no período de escuro, é um potente antioxidante e, portanto, importante na preservação das células do miocárdio da ação dos radicais livres (REITER<sup>9</sup>, 1993 apud MORAES, 2006).

### 2.2.6. Sono das aves

De acordo com Rutz e Bermudez (2004), o sono é um fenômeno fisiológico comum em aves. O sono auxilia a ave a enfrentar condições estressantes do meio, sendo fundamental para o seu bem estar. Os parâmetros fisiológicos e de comportamento das aves durante o sono são comparáveis aos dos mamíferos.

A inatividade, que ocorre durante o período de escuro, resulta em um gasto menor de energia devido ao relaxamento muscular (Meddis, 1975).

Segundo Globtzbach e Heller<sup>10</sup> (1976 apud MORAES, 2006), existe um ajuste do sistema termorregulatório, onde as aves “regulam” este sistema mantendo a temperatura mais baixa durante o período de ondas lentas do sono, resultando em uma queda no metabolismo neste período.

Durante o sono, o anabolismo é relativamente alto enquanto o catabolismo é baixo. Um fator importante para acelerar o anabolismo é a secreção de hormônios do crescimento.

---

<sup>8</sup> GORDON, S. H. Effect of light programs on broiler mortality with reference to ascites. *World's Poultry Science Journal*, v.53, n.1, p.68-70, 1997.

<sup>9</sup> REITER, R. J. Antioxidant capacity of melatonin: a novel action not requiring a receptor. *Neuroendocrinological Letters*, v.15, n.10, p.103-106, 1993.

<sup>10</sup> GLOTZBACH, S. F.; HELER, H. C. Central nervous regulation of body temperature during sleep. *Science*, v.194, n.4264, p.537-539, 1976.



Sassin et al. (1969) citados por Blokhuis<sup>11</sup> (1983 apud MORAES, 2006) mostraram que a liberação do hormônio do crescimento em humanos está associada com as ondas lentas do sono e que isto parece ser controlado por um mecanismo neural comum entre aves e humanos.

A privação do sono leva a dificuldades de adaptação das aves aos ambientes diferentes. Tal processo leva aos comportamentos anormais tais como irritabilidade e falta de orientação. Desta forma, fica clara a importância do sono para o normal funcionamento do sistema nervoso central, o qual é necessário para a adaptação inicial à presença de luz. Os sistemas de criação e alojamento de aves demandam uma grande capacidade de adaptação. O confinamento, a falta de espaço e a grande interação com outras aves são alguns exemplos de aspectos aos quais as aves têm que se adaptarem. Desta forma, o sono tem um papel fundamental na adaptação destas aves para que elas tenham um ótimo desempenho (BLOKHUIS, 1983, apud MORAES, 2006).

### 2.3. Tipos de programas de luz

#### 2.3.1. Programa de luz constante

Os programas de luz constantes são aqueles que utilizam um fotoperíodo do mesmo comprimento durante toda a vida do frango. Estes programas têm sido utilizados por possibilitarem acesso uniforme aos comedouros durante o dia, ou seja, durante o período em que se tem iluminação no aviário. Isso otimiza a condição para maximizar o consumo de ração, o ganho de peso e a uniformidade. O princípio está baseado no comportamento das aves que consomem pequenas quantidades de ração em períodos regulares durante o dia (GORDON<sup>12</sup>, 1994 apud MORAES, 2006).

Neste tipo de programa de luz, os mais comumente utilizados são 24 horas de luz/dia (24L:0E), 23 horas de luz e 1 hora de escuro/dia (23L:1E), ou mesmo 12 horas de luz e 12 horas de escuro/dia (12L:12E). Quando se utilizam programas de luz com fotoperíodos curtos, existe uma alteração na taxa de crescimento das aves, a qual diminui devido a uma menor ingestão de ração, já que as aves preferem comer durante o período em que estão expostas à luz, ainda que o façam no escuro, quando se utilizam longos períodos de escuro.

---

<sup>11</sup> BLOKHUIS, H. J. The relevance of sleep in poultry. *World's Poultry Science Journal*, v.39, n.1, p.33-37, 1983.

<sup>12</sup> GORDON, S.H. Effects of daylength and increasing daylength programs on broiler welfare and performance. *World's Poultry Science Journal*, v.50, n.3, p.269-282, 1994.

Desta forma fica clara a mudança no comportamento alimentar quando se tem uma redução no fotoperíodo e um aumento na escotofase (período de escuridão) (Rutz e Bermudez, 2004). O comprimento do dia necessário para se reduzir a taxa de crescimento das aves ainda não está bem definido, porém uma estimativa razoável indica que este comprimento deveria ser menor que 12 a 16 horas de luz/dia (CLASSEN<sup>3</sup>, 1996 apud MORAES, 2006).

Dados de pesquisas mostram que o desempenho de aves submetidas a períodos moderados de foto fase tem sido inferior quando comparado com programas de luz contínua ou quase contínua. Morris<sup>13</sup> (1968 apud MORAES, 2006) mostrou que as aves submetidas a um programa de luz quase contínua (23L:1E) apresentaram peso vivo 5 a 10% superior às aves submetidas a programas de luz com 8 ou 12 horas de fotofase. Outros autores encontraram resultados parecidos, onde aves apresentaram redução no ganho médio diário quando submetidas a programa de luz com 16 horas de luz diária. Entretanto, alguns autores encontraram resultados diferentes, como por exemplo, Renden et al<sup>14</sup>. (1992 apud MORAES, 2006), que não encontraram diferença de desempenho em aves submetidas a um tratamento de 16L:8E quando comparadas com programas de 23L:1E.

De acordo com Gordon<sup>11</sup> (1994 apud MORAES, 2006), os programas de luz quase contínua (23L:1E) levam à ocorrência de canibalismo e reduzem o período de descanso e sono porque as aves se movimentam constantemente para irem aos comedouros. Murphy e Preston<sup>15</sup> (1988 apud MORAES, 2006) mensuraram o tempo gasto pelas aves para comer, beber, ficar de pé e ficarem deitadas, quando submetidas a um fotoperíodo de 24 horas/dia e verificaram que embora em 64% do tempo as aves tivessem ficado sentadas, 60% do tempo em que elas estavam sentadas não foi superior a um minuto e somente 4% deste tempo foi superior a três minutos. Os autores não encontraram nenhum período onde todas as aves estivessem sentadas, ou seja, sempre tinham algumas aves que estavam se deslocando dentro do aviário e perturbando as demais. Desta forma, programas de luz com fotoperíodos moderados permitem que as aves tenham um período de escuro para descansar e dormir.

Blokhuys<sup>10</sup> (1983 apud MORAES, 2006), em uma revisão sobre o sono em aves, concluiu que os parâmetros fisiológicos e de comportamento do sono são parecidos com os mamíferos e que o sono é fundamental para o bem estar.

Quando as aves estão expostas ao período de escuridão, ocorre uma maior síntese de

---

<sup>13</sup> MORRIS, T. R. Environmental control in poultry production, Edinburgh: Carter, T. C., 1968, p. 15-39.

<sup>14</sup> RENDEN, J. A.; BILGILI, S. F.; KINCAID, S. A. Live performance and carcass yield of broiler strain crosses provided either sixteen or twenty-three hours of light per day. *Poultry Science*, v.71, n.9, p.1427-1435, 1992.

<sup>15</sup> MURPHY, L. B.; PRESTON, A. P. Time-budgeting in meat chickens grown commercially. *British Poultry Science*, v.29, n.3, p.571-580, 1988.

melatonina, inibindo o consumo de ração. Porém é importante lembrar que quando este período de escuridão é muito prolongado, a síntese de melatonina reduz-se naturalmente, inibindo o sono e fazendo com que as aves procurem se alimentar no escuro (Rutz e Bermudez, 2004).

De acordo com Gordon<sup>11</sup> (1994 apud MORAES 2006), a diminuição nas horas de sono das aves quando se utilizam programas de luz contínua ou quase contínua leva a um aumento do estresse fisiológico. Buckland et al.<sup>16</sup> (1976 apud MORAES, 2006) encontraram concentrações mais altas de corticóides no plasma de aves submetidas a programas de luz contínua do que em aves expostas a programas de luz intermitentes. Um outro fator importante a se considerar é o aumento da densidade de alojamento, que quanto mais elevada maior será o estresse fisiológico das aves em programas de luz contínua (LEWIS; HURNIK<sup>17</sup>, 1990, apud MORAES, 2006).

### 2.3.2. Programa de luz intermitente

O programa de luz intermitente caracteriza-se por apresentar ciclos repetidos de luz e escuro dentro de um período de 24 horas. Comparativamente aos programas de luz contínua, frangos submetidos aos programas de luz intermitente geralmente apresentam maior produtividade, redução de problemas de pernas e menor incidência de morte súbita (Rutz et al.<sup>18</sup>, 2000 apud MORAES, 2006). Estudos indicaram que a luz intermitente sincronizava melhor o consumo de ração com a passagem do alimento pelo trato digestivo dos frangos (Rutz e Bermudez, 2004).

De acordo com Buyse et al.<sup>19</sup> (1996 apud MORAES, 2006), aves submetidas aos programas de luz intermitente apresentam peso corporal igual ou superior às aves submetidas aos programas de luz contínua, além de obterem uma melhor conversão alimentar. Outros aspectos importantes a serem considerados nos programas de luz intermitente são a redução nos problemas de pernas e no estresse fisiológico, melhorando assim o bem estar das aves.

---

<sup>16</sup> BUCKLAND, R. B.; BERNON, D. E.; GOLDRÖSEN, A. Effect of four light regimes on broiler performance, leg abnormalities and plasma corticoid levels. *Poultry Science*, v.58, n.3, p.567-571, 1976.

<sup>17</sup> LEWIS, N. J.; HURNIK, J. F. Locomotion of broiler chickens in floor pens. *Poultry Science*, v.69, n.7, p.1087-1093, 1990.

<sup>18</sup> RUTZ, F.; ROLL, V. F. B.; XAVIER, E. G. Manejo de luz para frangos e reprodutoras. In: CONFERÊNCIA APINCO 2000 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas. *Anais...* Campinas: FACTA, 2000. p.213-240.

<sup>19</sup> BUYSE, J.; SIMONS, P. C. M.; BOSHOEWERS, F. M. G. et al. Effect of intermittent lighting, light intensity and source on the performance and welfare of broilers. *World's Poultry Science Journal*, v.52, p.121-130, 1996.

Comparando um programa de luz contínua com intermitente, Buys et al.<sup>20</sup> (1998 apud MORAES, 2006) concluíram que o programa intermitente reduz a incidência de ascite. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que aves submetidas ao programa de luz intermitente apresentam uma produção de calor e consumo de oxigênio significativamente inferior durante o período de escuro. Tendo em vista que a falta de oxigênio tem sido estabelecida como a causa primária de desenvolvimento de ascite, o menor consumo de oxigênio nas aves expostas ao programa de luz intermitente poderia reduzir a incidência de ascite (Buyse et al.<sup>21</sup>, 1994 apud MORAES, 2006).

Além destes fatores citados acima, os programas de luz intermitente resultam em maior produtividade, especialmente quando comparados aos programas de luz contínua. Estes programas também têm sido eficientes em melhorar o desempenho produtivo, reduzir os problemas de pernas e a incidência da síndrome da morte súbita (Rutz e Bermudez, 2004).

### 2.3.3. Programa de luz crescente

Os programas de luz com fotoperíodo crescente fornecem uma série de foto esquemas nos quais o fotoperíodo é aumentado de acordo com a idade das aves. O programa consiste em fornecer inicialmente um período de luz quase contínua, como por exemplo, 23 horas de luz e 1 hora de escuro, afim de que os pintos encontrem ração e água, seguida de uma redução abrupta para 6 horas de luz diária (em aviários com condições ambientais controladas) ou luz natural (em aviários convencionais) e, posteriormente, um aumento gradual ou repentino até o fotoperíodo quase contínuo aos 14 ou 21 dias de idade.

O objetivo do fotoperíodo inicial curto é reduzir o consumo de ração e consequentemente a taxa de ganho de peso, sem afetar o desenvolvimento esquelético. Desta forma, o esqueleto é capaz de suportar um rápido ganho de peso, quando o fotoperíodo subsequente é aumentado. A redução do ganho de peso diminui a incidência de doenças metabólicas, tais como problemas de pernas e síndrome da morte súbita. É provável que os frangos expostos a fotoperíodos crescentes possam apresentar um aumento na produção de hormônios reprodutivos, mesmo que sejam comercializados antes da idade de maturidade sexual. Em especial, aumento na produção de androgênios, que são anabolizantes, e que

---

<sup>20</sup> BUYS, N.; BUYSE, J.; HASSANZADEH-LADMAKHI, M. et al. Intermittent lighting reduces the incidence of ascites in broilers: an interaction with protein content of feed on performance and the endocrine system. *Poultry Science*, v. 77, p.54-61, 1998.

<sup>21</sup> BUYSE, J.; DECUYPERE, E.; MICHELS, H. Intermittent lighting and broiler production. Effect on energy and on nitrogen metabolism. *Archiv fur Geflugelkunde*, v.58, p.78-83, 1994.

poderiam levar a um ganho compensatório e possibilitar o peso corporal almejado no momento do abate (Rutz e Bermudez, 2004).

De acordo com Classen<sup>22</sup> (1991 apud MORAES, 2006), os benefícios de um programa de luz crescente podem ser consequência de uma redução na taxa de crescimento inicial, aumento de atividade das aves, aumento na produção de hormônios andrógenos ou outras alterações no metabolismo.

Gordon<sup>11</sup> (1994 apud MORAES, 2006) afirma que os programas de luz com aumento do período de luminosidade diária (crescentes) podem melhorar as condições de desempenho e bem estar das aves. Estes programas proporcionam benefícios no período inicial de criação das aves, quando são submetidas a um longo período de escotofase, o qual geralmente resulta em uma redução nos problemas de pernas e uma redução na mortalidade, enquanto o desempenho é igual ou superior ao das aves submetidas à fotoperíodos quase contínuos. Ainda, segundo o mesmo autor, a manipulação do fotoperíodo pode ser uma solução para se melhorar o bem estar dos frangos criados em condições comerciais.

Segundo Charles et al.<sup>6</sup> (1992 apud MORAES, 2006), os programas de luz com fotoperíodos crescentes (começando com uma escotofase longa e gradualmente aumentando a fotofase de acordo com a idade das aves) levam a uma redução na taxa de crescimento inicial, melhora na eficiência alimentar, ganho compensatório e melhora na viabilidade das aves quando comparado com as aves expostas ao programa de luz com fotoperíodo constante de 23 horas de luz e 1 hora de escuro por dia. Além disso, o programa de luz crescente levou a um aumento do tamanho dos testículos (25,4%) e da concentração plasmática de androstenediona (22,6%) e testosterona (31,2%), mostrando que houve um estímulo à maturidade sexual precoce em aves com sete semanas de idade.

## 2.4. Eficiência dos sistemas de iluminação

### 2.4.1. Lâmpadas incandescentes

Em 1854, o mecânico alemão Heinrich Göbel construiu a primeira lâmpada incandescente usando fios de bambu carbonizados como filamento, que foram inseridos em um bulbo de vidro após a retirada de todo o ar interno. Esta lâmpada foi conectada a uma bateria e usada para iluminar sua loja em Nova Iorque. Em 1879, o americano Thomas Alva

---

<sup>22</sup> CLASSEN, H. L. Increasing photoperiod length provides better broiler health. *Poultry Digest*, v.50, n.6, p.14-28, 1991.

Edison desenvolveu a lâmpada de luz incandescente, que pôde ser produzida em escala industrial. Ele introduziu o sistema de base rosqueável, garantindo assim o contato elétrico e, assim como Göbel, usou uma fibra de carbono como filamento (OSRAM, 2014).

A iluminação incandescente resulta da incandescência de um fio percorrido por corrente elétrica, devido ao seu aquecimento, quando este é colocado no vácuo ou em meio gasoso apropriado. Para que o filamento possa emitir luz eficientemente, deverá possuir um elevado ponto de fusão e baixa evaporação. Os filamentos são, atualmente, construídos de tungstênio trefilado.

As lâmpadas incandescentes são constituídas normalmente de vidro-cal, tipo de vidro macio e com baixa temperatura de amolecimento, de vidro boro-silicato, tipo duro que resiste a altas temperaturas, ou ainda de vidro pirex que resiste a choques térmicos.

Para diminuir a evaporação e a oxidação do filamento das lâmpadas incandescentes, antigamente, era feito o vácuo no interior destas, ou seja, retirada de todo o oxigênio. Hoje, é utilizado como meio interno, uma mistura de argônio e nitrogênio e, em alguns casos, criptônio.

Segundo a tabela do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO, atualmente no Brasil, a vida mediana de uma incandescente é geralmente de 1000 horas, porém, no caso de ser dimensionada para funcionar em 127 Volts, a vida mediana pode ficar por volta de 750 horas.

Lâmpadas incandescentes demandam baixo custo em sua produção e são extremamente ineficientes energeticamente, pois somente 5% do input de energia é convertido em luz visível, o restante é transformado em calor.

#### 2.4.2. Lâmpadas halógenas

As lâmpadas halógenas pertencem à família das lâmpadas incandescentes de construção especial, pois contêm halogênio dentro do bulbo, adicionado ao gás criptônio, e funcionam sob o princípio de um ciclo regenerativo que tem como funções evitar o escurecimento, aumentar a vida mediana e a eficiência luminosa da lâmpada (FUPAI<sup>23</sup>, 2006 apud BASTOS, 2011).

Em uma lâmpada incandescente normal, a alta temperatura do filamento causa evaporação das partículas de tungstênio, que se condensam nas paredes internas do bulbo e

---

<sup>23</sup> FUPAI, 2006. Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações. 3. ed. Itajubá 596 p.

causam seu escurecimento. Nas lâmpadas halógenas, a temperatura do bulbo é suficientemente alta para evitar a condensação do tungstênio evaporado.

A lâmpada halógena possui uma vida mediana e uma eficiência luminosa um pouco maiores que do que a incandescente comum. Devido ao fato de apresentarem um fluxo luminoso maior e uma melhor reprodução de cores, suas aplicações são diversas, como iluminação de fachadas, áreas de lazer e de estacionamentos, artes gráficas, máquinas fotocopadoras, filmadoras, faróis de automóveis, entre outras.

#### 2.4.3. Lâmpadas de descarga

Nas lâmpadas de descarga, a luz é produzida por uma descarga elétrica contínua em um gás ou vapor ionizado, às vezes, combinado com fósforo depositado no bulbo que, excitado pela radiação de descarga, provocam uma luminescência. Trata-se de uma lâmpada que internamente necessita de gases ou vapores que podem variar de acordo com o tipo de lâmpada. Os gases utilizados com maior frequência são o argônio, o neônio, o xenônio, o hélio ou o criptônio e os vapores de mercúrio e de sódio, muitas vezes com algum aditivo (FUPAI<sup>23</sup>, 2006 apud BASTOS, 2011).

Uma lâmpada de descarga necessita de um reator para limitar a corrente e adequar as tensões ao perfeito funcionamento das lâmpadas. Os reatores podem ser eletromagnéticos ou eletrônicos. Os eletromagnéticos fazem parte da primeira geração de reatores e são constituídos por um núcleo de aço silício e bobinas de fio de cobre esmaltado, impregnados com resina de poliéster e com carga mineral, tendo grande poder de isolamento e dissipação térmica (FUPAI<sup>23</sup>, 2006 apud BASTOS, 2011).

Lâmpadas com reatores eletrônicos podem ter uma partida convencional, precisando de um ignitor (starter) para acendimento, que é indicado para locais úmidos, de baixa temperatura ou sem condições de aterramento ou podem ter uma partida rápida, sem a necessidade de um ignitor associado ao reator, nesse caso, a lâmpada acende rapidamente desde que associado ao uso de uma luminária de chapa metálica devidamente aterrada (SILVA<sup>24</sup>, 2008 apud BASTOS, 2011).

Os reatores eletrônicos são aqueles constituídos por componentes eletrônicos como capacitores, indutores, resistores, circuitos integrados e outros. Proporcionam uma luz com

---

<sup>24</sup> SILVA, C., 2008. *Diagnóstico sobre a utilização das lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) como promotoras de eficiência energética nos sistemas de iluminação no Brasil*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2008.

cor mais estável, menor consumo de energia elétrica e maior vida útil quando comparados com os reatores eletromagnéticos (SILVA<sup>24</sup>, 2008 apud BASTOS, 2011).

Os reatores eletrônicos podem ter uma partida rápida em que o acendimento controla eletronicamente o sistema de preaquecimento dos filamentos da lâmpada. O reator gera uma pequena tensão em cada filamento e, em seguida, uma tensão de circuito aberto surge entre os extremos da lâmpada. O tempo entre a energização do reator e o acendimento das lâmpadas ocorre em torno de 1 a 2,5 segundos. A outra possibilidade é do reator eletrônico ser de partida instantânea, tecnologia em que não há pré-aquecimento dos filamentos, nesse caso, o reator gera diretamente a tensão de circuito aberto para acendimento instantâneo da lâmpada (SILVA<sup>24</sup>, 2008 apud BASTOS, 2011).

Graças a avanços tecnológicos, os reatores eletrônicos podem ser dimerizáveis, permitindo uma maior conservação de energia elétrica no uso de lâmpadas de descarga.

#### 2.4.4. Lâmpadas fluorescentes tubulares

São lâmpadas de descarga de baixa pressão, onde a luz é produzida por pó fluorescente que é ativado pela radiação ultravioleta da descarga. No bulbo de formato tubular e longo há um filamento em cada extremidade contendo vapor de mercúrio em baixa pressão com uma pequena quantidade de gás inerte para facilitar a partida. O bulbo é recoberto internamente com um pó fluorescente ou fósforo que, compostos, determinam a quantidade e a cor da luz emitida.

O starter é um dispositivo que consiste em um pequeno bulbo de vidro que contém em seu interior gás argônio ou neônio e dois eletrodos, um fixo e o outro uma lâmina bimetálica em forma de curva. O reator é constituído por uma bobina de fio de cobre esmaltado e por um núcleo de lâminas de material ferromagnético prensadas. Existem, hoje, reatores eletrônicos mais modernos que proporcionam maior economia de energia e menor manutenção, além de serem mais leves e de pequenas dimensões.

As lâmpadas fluorescente tubulares têm um formato muito diferente e maior que o formato das lâmpadas incandescentes, sendo assim, para substituir uma incandescente torna-se necessário comprar um novo conjunto de luminária.



#### 2.4.5. Lâmpadas fluorescentes compactas (LFCs)

São lâmpadas fluorescentes de tamanho reduzido, criadas para substituir com vantagens as lâmpadas incandescentes em várias aplicações. Estão disponíveis em várias formas e tamanhos, podendo vir com o conjunto de controle incorporado ou não, e ainda com bases do tipo Edson (roscas), igual a base das lâmpadas incandescentes (FUPAI<sup>23</sup>, 2006 apud BASTOS, 2011).

Suas vantagens, em relação às incandescentes, estão, principalmente, no fato de apresentarem mesmo fluxo luminoso com potências menores, o que gera uma economia de energia de até 80%, uma vida útil maior, além de possuírem boas definições de cor (FUPAI<sup>23</sup>, 2006 apud BASTOS, 2011).

As lâmpadas fluorescentes compactas são muito indicadas para serem substituídas das lâmpadas incandescentes, pois necessitam do mesmo tipo de bocal e possuem dimensão semelhante às incandescentes, sendo assim, podem utilizar a mesma luminária que as lâmpadas incandescentes. As lâmpadas fluorescentes compactas podem ser compradas com o reator integrado ou não.

Atualmente, existem no mercado diversos modelos de LFCs com formatos, potências e cores distintas, possibilitando seu uso desde um simples abajur até em locais com pé direito mais elevado.

#### 2.4.6. Diodos Emissores de luz (LEDs)

Os diodos emissores de luz (*Ligth Emitting Diode* - LED) são componentes semicondutores que convertem corrente elétrica em luz visível. Com tamanho bastante reduzido, o LED oferece vantagens através de seu desenvolvimento tecnológico, tornando-o numa alternativa real na substituição das lâmpadas convencionais. Diferentemente do que ocorre com a lâmpada incandescente, que abrange todo espectro de cores o LED é monocromático, gerando apenas uma única cor que depende do tipo de material utilizado, como por exemplo, galênio, arsênio e fósforo. A tecnologia LED está sendo produzida com custos cada vez menores porém ainda tem um preço mais alto que as lâmpadas incandescentes e fluorescentes (FUPAI<sup>23</sup>, 2006 apud BASTOS, 2011).

A iluminação de estado sólido está progredindo substancialmente e tem experimentado ganhos rápidos em nichos do mercado de iluminação. Especialistas do setor

acreditam que o mercado de LED em iluminação atingirá um bilhão de dólares em 2011. A maioria das aplicações de LED em iluminação era de luz colorida, porém acredita-se que o mercado de LED de luz branca corresponderá a 60% do mercado em 2011.

A eficiência energética de LEDs continua a se desenvolver intensamente e chega a cerca de 100 lúmens por watt na iluminação de luz branca. Enquanto a eficiência aumenta, o gerenciamento térmico, um dos maiores problemas da tecnologia de LEDs, tem sido equacionado e o custo da tecnologia reduzido (OSRAM, 2014). As vantagens da tecnologia de LEDs são:

- Possibilidade de dimensões extremamente compactas;
- A capacidade de encaixar luminárias convencionais;
- Potencial de dimming, sem alteração na temperatura da cor;
- Possibilidade de ajustar a cor da luz com o uso de LEDs de várias cores;
- Uma vasta gama de temperaturas de cor;
- Vida mediana longa (pelo menos 2-3 vezes mais do que as lâmpadas fluorescentes compactas) e alta durabilidade;
- Redução dos custos de manutenção;
- Alta eficiência luminosa;
- Ausência de infravermelho e luz Ultravioleta (dependendo do tipo LED);
- Maior segurança devido à sua potência de entrada muito baixa;
- Redução dos níveis de calor (não há risco de queimaduras);
- Cold start-up (até -40 ° C) e maior eficácia em baixas temperaturas;
- Emissão precisa direcional sem acessórios ou refratores.

Com o desenvolvimento da tecnologia de materiais e a descoberta de novas técnicas de fabricação, os LEDs vêm sendo produzidos com custos cada vez menores, proporcionando uma diversidade de aplicações, como sinalização e iluminação de efeito (OSRAM, 2014).

Atualmente está disponível no mercado uma série de módulos de LEDs que substituem as lâmpadas convencionais em diversas aplicações.

## 2.5. Avaliação econômica de projetos de iluminação

O procedimento de cálculo das parcelas de energia e demanda conservada e demais parâmetros econômicos são definidos pela ELETROBRAS-PROCEL e ANEEL. Os cálculos para verificação dos benefícios, através de equações das definições do programa, relacionam

as potencias envolvidas para a substituição de tecnologias, os ganhos de energia evitada, os investimentos necessários e a viabilidade da substituição por tecnologias mais eficientes.

No caso da substituição dos equipamentos de iluminação, considera-se a substituição por tecnologias mais eficientes sob o ponto de vista energético. Neste contexto, os seguintes aspectos devem ser considerados:

### 2.5.1. Redução de demanda

O cálculo da parcela de demanda conservada e dado pela equação 1.

$$De = [(N1 \times P1) \times FC1 - (N2 \times P2) \times FC2] \times 10^{-3} \text{ [KW]} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

De – Demanda conservada (KW)

FC1 - Fator de coincidência horário do sistema existente

FC2 - Fator de coincidência horário do sistema proposto

N1 - Numero de pontos do sistema existente

N2 - Numero de pontos do sistema proposto

P1 - Potencia do equipamento existente (W)

P2 - Potencia do equipamento proposto (W)

### 2.5.2. Energia conservada

A energia conservada e contabilizada segundo a utilização da tecnologia base e da tecnologia eficiente, conforme perfil de utilização aproximado de cada uma. O montante de energia conservada e contabilizado na base de tempo anual, conforme equação 2:

$$Ee = De \times U \times 10^{-3} \text{ [MWh/ano]} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

Ee - Energia conservada em MWh/ano

U - Tempo de utilização durante um ano (horas/ano)

### 2.5.3. Investimento anualizado

O Investimento anualizado em relação aos benefícios proporcionados pelo projeto de eficientização é equacionado de acordo com a equação 3.

$$RCB = \text{Investimento Anualizado (Ca)} / \text{Benefício (Be)} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

RCB - Relação Custo Benefício

Para a obtenção do RCB, é necessária a atualização dos custos dos investimentos realizados nas ações de eficiência energética. Assim, de acordo com o tempo de vida estimado do projeto, calcula-se o fator de recuperação de capital e aplica-se este índice sobre o investimento total.

Assim o investimento anualizado do projeto é obtido por meio da equação 4.

$$Ca = FRC(i, n) \cdot Ct \quad \text{Eq. 4}$$

Para tanto, o FRC é obtido por meio da equação 5.

$$FRC = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^{n+1}} \quad \text{Eq. 5}$$

Onde:

i - taxa de juros (taxa de desconto)

n - vida útil do projeto

Ca - Investimento anualizado do projeto

FRC(i, n) – Fator de Recuperação de Capital

Ct – Custo total do projeto

#### 2.5.4. Análise econômica

A análise econômica da viabilidade de um empreendimento não pode deixar de considerar o valor do dinheiro no tempo, que é desenvolvida comparando-se o somatório de fluxos de juros correspondente ao uso do capital.

Esse método de análise, conhecido na literatura como o método do Valor Atual Líquido ou Valor Presente Líquido (VPL), analisados por Woiler e Mathias, resume-se na soma algébrica dos fluxos de fundo descontado por uma taxa determinada.

##### 2.5.4.1. Valor presente Líquido

O Valor Presente Líquido (VPL) pode ser calculado pela expressão 6:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} - I \quad \text{Eq. 6}$$

Onde:

I - Investimento útil inicial

R - Renda líquida obtida no período

i - Taxa de desconto

n - Vida útil do empreendimento

No caso em estudo, a equação para o VPL, é descrita pela equação 7.

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{Cat_j - Cns_j}{(1+i)^j} + Iat - Ins \quad \text{Eq. 7}$$

Onde:

VPL - Valor presente líquido (R\$)

Iat - Custo investimento do sistema atual, no período em análise (R\$)

Ins - Custo para implantação do novo sistema (R\$)

Cat - Custo da energia no período em análise, para o sistema atual (R\$)

Cns - Custo da energia no período em análise, para o novo sistema (R\$)

i - Taxa anual de juros

n - Vida útil do sistema, em quantidade de lotes alojados

O critério de decisão consiste em admitir como viável o projeto em que a soma do fluxo de capital ou VPL for maior e rejeitar o empreendimento para o qual for menor ou negativo.

#### 2.5.4.2. Taxa simples de retorno

A taxa de retorno do investimento pode ser calculada sem levar em consideração o período de utilização do empreendimento ou sua vida útil no tempo. Neste caso, não é levada em conta a forma de distribuição do fluxo de caixa ao longo do tempo, uma vez que não são considerados juros no período, mas sim o percentual do investimento que retorna anualmente.

Dessa forma, a taxa simples de retorno (TSR) poderá ser calculada pela equação 8.

$$TSR = \frac{RA}{I} \times 100 \quad \text{Eq. 8}$$

Onde:

TSR - Taxa simples de retorno (%)

RA - Receita decorrente do investimento no período analisado (\$)

I - Investimento realizado no empreendimento (\$)

O método consiste na determinação de qual percentual do investimento que retorna anualmente sob forma de economia. Contudo, traz como desvantagens o fato de não considerar o custo do dinheiro no tempo. Não serve para comparar opções com fluxos de caixa de um sistema.

No caso do *Payback* (tempo de retorno de um investimento), o mesmo é o inverso do TSR, conforme mostrado na equação 9.

$$Payback = \frac{I}{RA} \times 100 \quad \text{Eq. 9}$$

Onde:

I - Investimento realizado no empreendimento (\$)

RA - Receita decorrente do investimento no período analisado (\$)

### 3. MATERIAL E METODOS

#### 3.1. Material

O estudo foi realizado em dois aviários modernos climatizados estilo *dark house* integrados à uma empresa integradora na região do município de Palotina, estado do Paraná. Os aviários estão localizados no município de Iporã, a 30 km ao norte da cidade de Palotina. O município de Palotina-PR se encontra nas coordenadas 24°12'S 53°50'30"W e o clima predominante é subtropical.

Os aviários têm dimensão de 15x150m e estão localizados em uma granja com número total de seis aviários, conforme demonstrado na Figura 2.



Figura 2: Granja de estudo.

Os aviários em estudo são os aviários (não isolado termicamente – N.ISO) e 5 (isolado termicamente – ISO).

A estrutura básica de construção e montagem dos dois aviários em estudo é a mesma, sendo constituída por 32 postes de concreto pré fabricado e estrutura de cobertura de aço

galvanizado coberto com telhas metálicas de alumínio.

Os barracões dos aviários são diferentes em relação aos materiais utilizados para o fechamento dos mesmos, proporcionando ambientes propícios para criação de aves de corte.

O barracão N.ISO tem um estilo de fechamento comum em aviários climatizados, sendo fechado lateralmente com cortinas de ráfia de cor cinza externamente e preto internamente. A cor da forração interna é preto estando a uma altura de 2,5m em relação ao piso do aviário.

O barracão ISO tem um estilo de fechamento lateral com painel de poliestireno extrudado (XPS). A forração interna é feita com ráfia de cor amarela e se encontra a uma altura de 2,5m em relação ao piso do aviário.

Ambos aviários têm dimensões de comprimento e largura igual a 150x15m.

Para medição da iluminação dos aviários foi utilizado um termo higro anemômetro luxímetro digital marca Instrutherm, modelo THAL-300, demonstrado na Figura 3.



Figura 3: Termo higro anemômetro.

Para análise econômica foi utilizada a ferramenta de análise econômica Payback.

### 3.2. Métodos

Para medição da iluminação do aviário, por meio da função luxímetro do termo higro anemômetro luxímetro digital Instrutherm, foram realizadas leituras em 306 pontos distribuídos em grids de 3,0 x 3,0m dentro do aviário. Cada ponto representava uma área



dentro do aviário de  $9\text{m}^2$ . Nos pontos de medição o aparelho foi colocado em uma altura de  $0,3\text{m}$  simulando a altura dos olhos das aves com idade pré abate.

Para a análise da homogeneidade de distribuição da iluminação foi calculado o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) de iluminação em cada aviário.

Na ocasião da coleta de dados ainda havia iluminação natural por meio do Sol na parte externa dos aviários. Os aviários estavam com seus equipamentos de ventilação (exaustores) funcionando. Na parte do fundo dos aviários ocorria a entrada de iluminação natural do Sol por meio dos exaustores.

Para verificar até que ponto a iluminação natural externa influenciou na distribuição de iluminação interna dos aviários, foram feitas análises de distribuição de luz em todo o galpão ( $150\text{m}$  de comprimento) e em seções de comprimento menores de  $144$ ,  $138$ ,  $132$ ,  $126$ ,  $120$  e  $114\text{m}$ , sendo os tratamentos I (testemunha), II, III, IV, V, VI e VII, respectivamente. Estas medidas foram impostas considerando que todos os vãos internos dos aviários mediam  $6\text{m}$  de comprimento entre postes. A figura 4 mostra as dimensões que foram analisadas.

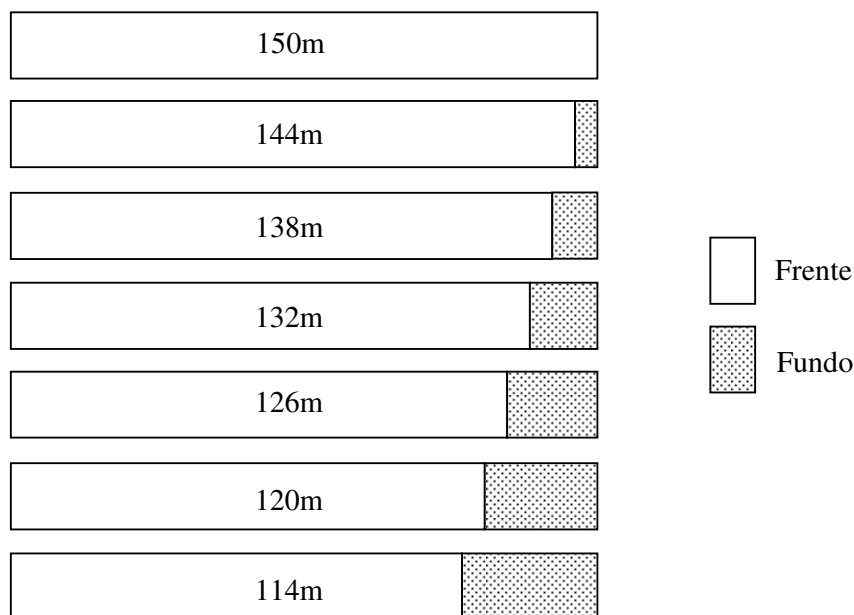


Figura 4: Dimensões dos tratamentos.

A análise estatística foi multifatorial de  $7 \times 2$ , contendo sete tratamentos com duas repetições. Cada tratamento foi o tamanho da área analisada e as repetições foram os aviários N.ISO e o ISO.

Os dados de iluminação foram digitados em uma planilha no software Surfer 12,

onde foram confeccionados mapas de isolinhas mostrando a distribuição espacial da iluminação em cada tratamento.

Conhecendo os valores nominais de potência das lâmpadas instaladas e o custo do fornecimento de energia elétrica cobrado pela concessionária de energia, foi avaliada a viabilidade econômica da implantação dos sistemas de iluminação por meio de ferramentas de análise econômica.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta de dados de iluminação foi realizada no dia 09 de Fevereiro de 2015 às 19:30h. Na ocasião a idade das aves era de 28 dias.

Como havia iluminação natural do Sol na parte externa dos galpões e esta entrava pelos exaustores na parte dos fundos dos galpões, foi analisada a distribuição de iluminação na parte interna dos galpões em cada seção, conforme tratamentos descritos.

Foram calculadas a média de iluminação (lux), o desvio padrão (DP) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) dos tratamentos.

A tabela 1 apresenta os valores de iluminação e CUD do aviário N.ISO.

Tabela 1: Valores de iluminação do aviário N.ISO

Aviário N.ISO				
Tratamento	n	Iluminação (lux)	DP Iluminação	CUD
I	306	12,67	22,08	25,73
II	294	9,15	9,02	35,63
III	282	7,91	4,60	39,50
IV	270	7,87	4,62	39,61
V	258	8,01	4,63	40,13
VI	246	8,28	4,57	43,83
VII	234	8,31	4,62	43,25

A figura 5 apresenta um gráfico da variação dos valores apresentados na tabela 1, referente à iluminação no aviário N.ISO.

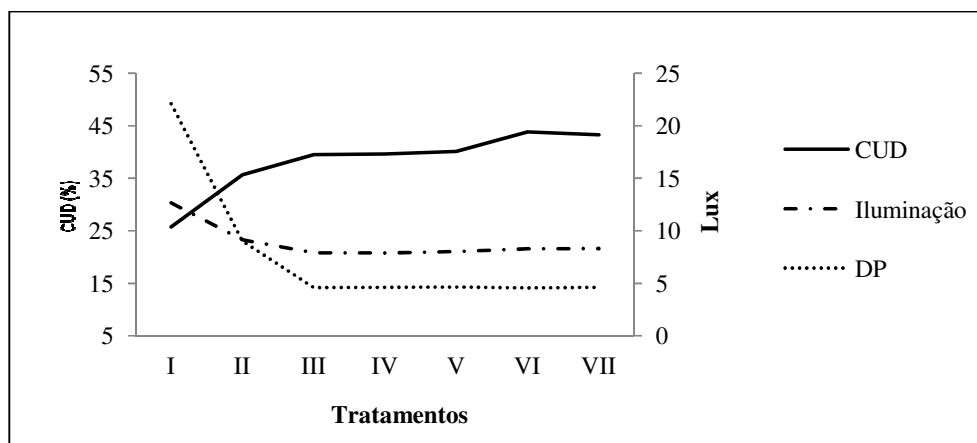


Figura 5: Comportamento dos resultados de iluminação do aviário N.ISO.

A tabela 2 apresenta valores referente à iluminação do aviário ISO.

Tabela 2: Valores de iluminação do aviário ISO

<b>Aviário ISO</b>				
<b>Tratamento</b>	<b>n</b>	<b>Iluminação (lux)</b>	<b>DP Iluminação</b>	<b>CUD</b>
I	306	14,42	8,95	41,24
II	294	14,05	7,99	42,89
III	282	13,56	6,70	43,72
IV	270	13,48	6,57	44,52
V	258	13,66	6,59	44,93
VI	246	13,91	6,57	45,92
VII	234	13,87	6,63	45,59

A figura 6 apresenta um gráfico da variação dos valores apresentados na tabela 2, referente à iluminação no aviário ISO.

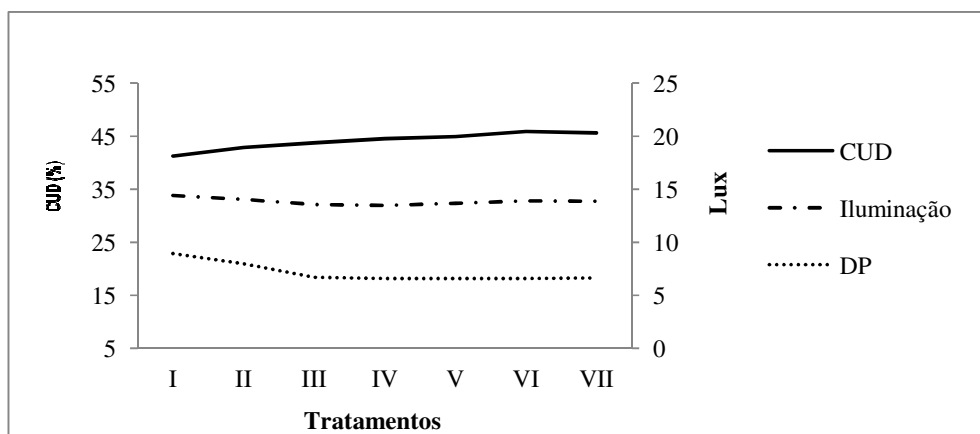


Figura 6: Comportamento dos resultados de iluminação do aviário N.ISO.

Os gráficos apresentados mostram uma tendência de normalidade na distribuição de iluminação de ambos os aviários a partir do tratamento III. O tratamento III refere à análise na dimensão de 138m de comprimento.

Para melhor visualização da comparação entre os valores de iluminação dos tratamentos de III a VII foram gerados gráficos, que estão apresentados nas figuras 7, 8 e 9.

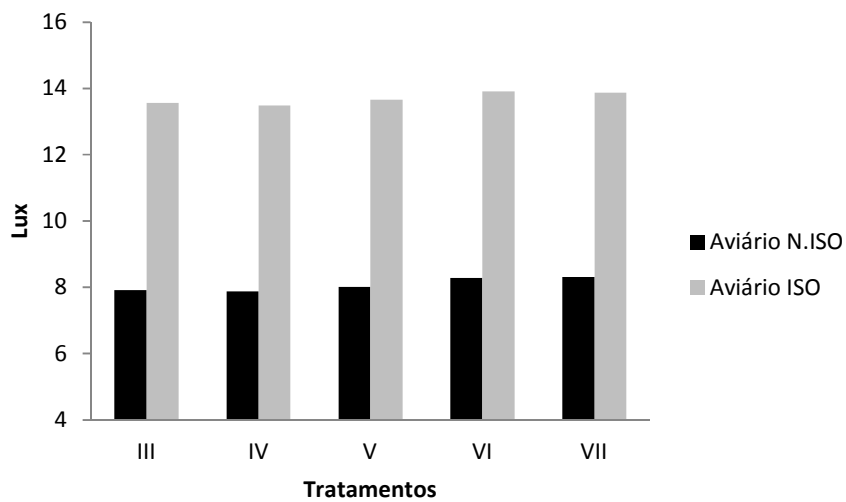


Figura 7: Comparação entre valores médios de iluminação dos aviários.

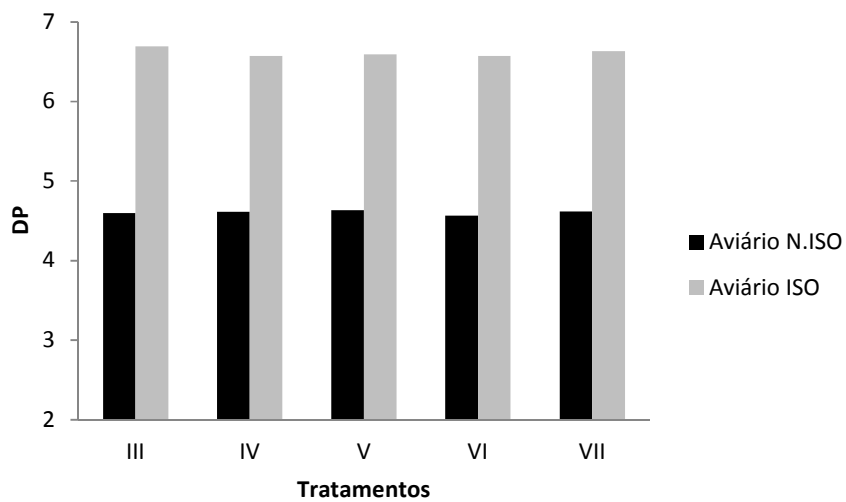


Figura 8: Comparação entre valores de desvio padrão de iluminação em lux dos aviários.

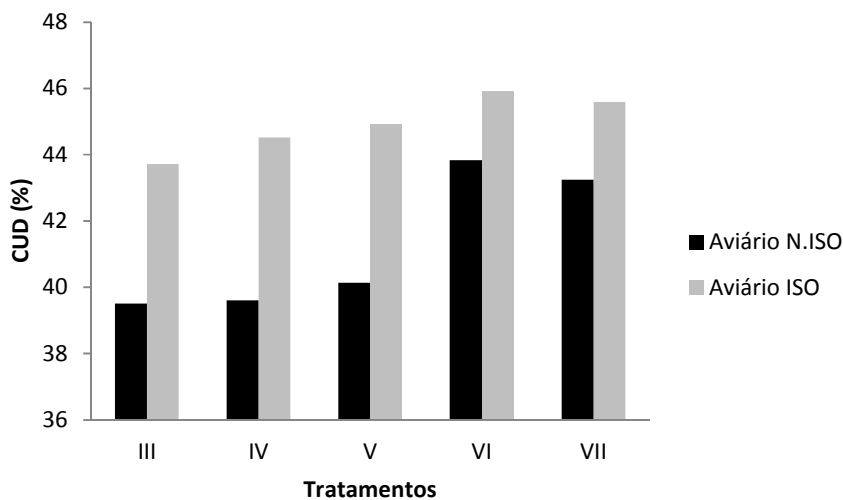


Figura 9: Comparação entre valores de CUD de iluminação dos aviários.

O tratamento III foi considerado o representante da média a ser estudada. Analisando os valores apresentados nos gráficos foi realizada uma análise estatística básica dos tratamentos para os dois aviários, sendo mostrados na tabela 3.

Tabela 3: Valores médios de iluminação dos tratamentos III a VII

<b>Iluminação dos tratamentos III a VII</b>		
<b>Valores médios</b>	<b>Aviário N.ISO</b>	<b>Aviário ISO</b>
Lux	8,08	13,70
DP	4,61	6,61
CUD	41,27	44,93

Considerando uma tendência constante na iluminação a partir do tratamento III, foram gerados mapas de isolinhas da distribuição de lux dos aviários considerando o tratamento III, os quais estão representados na figura 10(a) e 10(b).

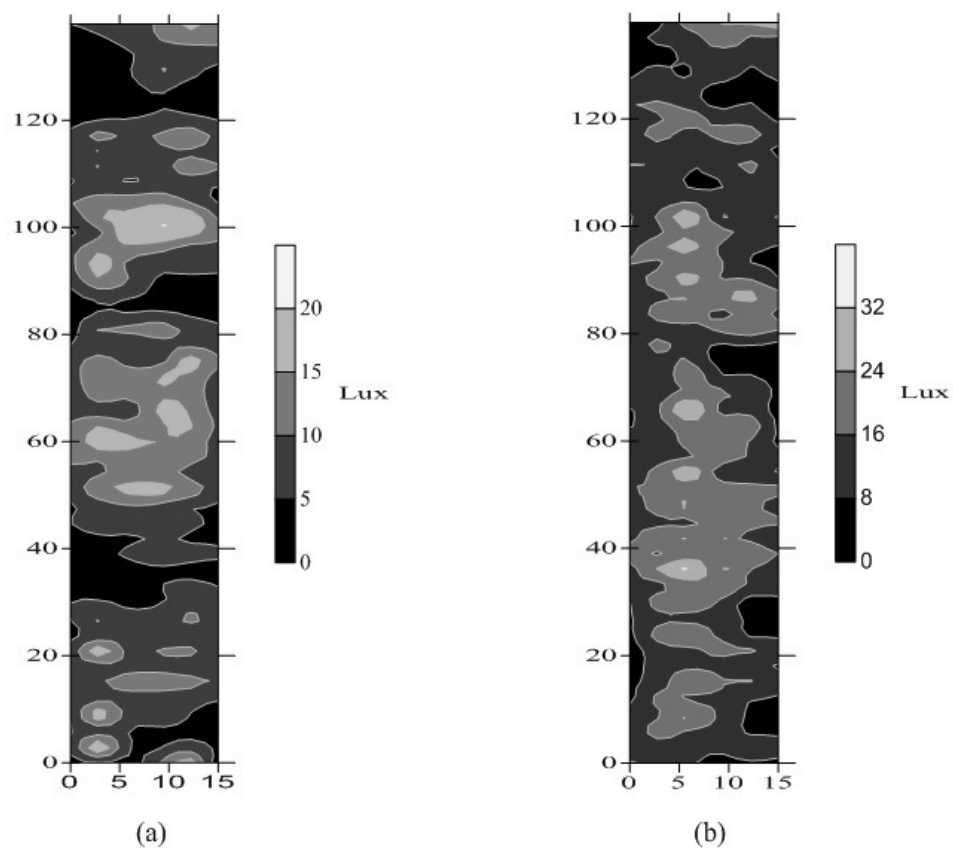


Figura 10: Mapas de isolinhas da distribuição de lux dos aviários N.ISO (a) e ISO (b).

No mapa da figura 10(a) a faixa de iluminação de 0 a 5 lux corresponde à áreas onde ainda o avicultor utiliza lâmpadas incandescentes de 60W cada. Demais regiões são locais onde o avicultor instalou lâmpadas fluorescentes compactas ou led, pois com a necessidade de substituição das lâmpadas incandescentes o mesmo não encontra com facilidade estas para comprar.

O aviário ISO tem o mapa de distribuição de iluminação em lux dado pela figura 10(b). Neste aviário há somente lâmpadas fluorescentes compactas de 25W instaladas.

No dia da coleta dos dados de iluminação as aves estavam com idade de 28 dias.

Na granja havia um registro com os índices zootécnicos de crescimento e mortalidade até a idade de 28 dias (4<sup>a</sup> semana), conforme detalhados na Tabela 4.

Tabela 4: Peso das aves com idade representada por “semana de vida”

Peso das aves (g)		
Semana	Aviário N.ISO	Aviário ISO
1	209	214
2	518	499
3	906	990
4	1600	1620

A Figura 11 mostra graficamente a evolução do peso das aves a cada semana.

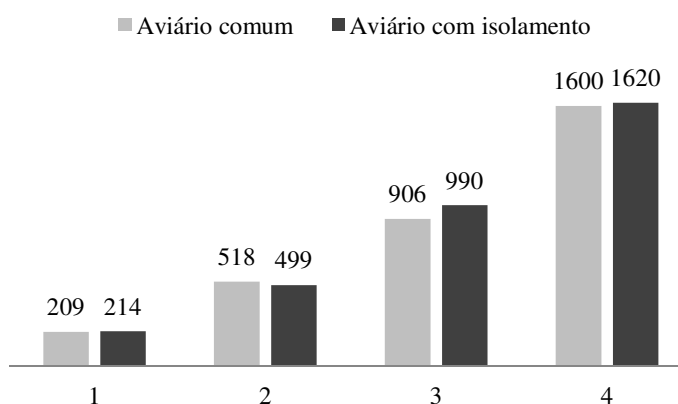


Figura 11: Evolução do peso das aves a cada semana.

O comportamento de ganho de peso das aves dos aviários comum (N.ISO) e aviário com isolamento (ISO) foram semelhantes, mostrando um maior peso aves em cada semana ora para o aviário N.ISO, ora para o aviário ISO.

Fatores biológicos, nutricionais e de ambiência fazem parte das necessidades essenciais das aves para o seu bom crescimento e ganho de pesos. A iluminação é um componente destes fatores, não sendo totalmente responsável por estes valores.

No aviário N.ISO estavam instaladas 55 lâmpadas incandescente de 60W, 32 lâmpadas fluorescentes de 25W e 3 lâmpadas led de 10W, totalizando uma potencia instalada de iluminação de 4,13 KW.

No aviário ISO haviam instaladas 90 lâmpadas fluorescentes compactas de 25W, totalizando uma potência instalada de iluminação de 2,25 KW.

De acordo com a ANEEL (2014), a vida útil da lâmpada incandescente, fluorescente compacta e led é de 1.000, 6.000 e 25.000 horas, respectivamente.

O programa de luz dos aviários é uma adaptação do programa de luz crescente.



O programa da integradora consiste em fornecer um período de luz contínua (24 horas) até o terceiro dia de idade das aves. Do quarto ao sétimo dia são 23h de luz/dia. Do oitavo ao décimo quarto dia são 20h de luz/dia. Do décimo quinto ao trigésimo quinto dia são 16h de luz/dia e a partir desta data são 20h de luz/dia até o final do lote.

Este programa de luz totaliza 620 horas totais de iluminação para uma idade de abate de 45 dias.

Considerando o custo médio da energia elétrica fornecida pela concessionária de R\$ 0,175/KWh, podemos calcular o custo gasto com energia ao utilizar 90 lâmpadas incandescentes e o custo gasto com energia na utilização de 90 lâmpadas fluorescentes compactas (considerando as duas tecnologias utilizadas pela integradora), por meio das equações 10 e 11.

$$Custo (inc.) = \frac{(90 \times 60 [W])}{1000} \times 0,175 \left[ \left( \frac{R\$}{KWh} \right) \right] = R\$ 0,945. h \quad \text{Eq. 10}$$

$$Custo (fluor.) = \frac{(90 \times 25 [W])}{1000} \times 0,175 \left[ \left( \frac{R\$}{KWh} \right) \right] = R\$ 0,393. h \quad \text{Eq. 11}$$

Considerando a diferença de R\$ 0,552.h no custo de iluminação entre as duas tecnologias e que o tempo total de utilização de iluminação artificial em um lote é de 620 horas, temos um custo de R\$ 342,24 mais barato considerando a iluminação com lâmpadas fluorescentes compactas, em comparação com lâmpadas fluorescentes.

A lâmpada fluorescente compacta tem uma vida útil seis vezes maior do que a lâmpada incandescente.

A vida útil média das lâmpadas fluorescente compacta permite que um conjunto delas possam ser utilizadas em 9,67 lotes, enquanto as lâmpadas incandescentes podem ser utilizadas em 1,61 lotes.

O custo de uma lâmpada incandescente de 60W é R\$ 1,80, enquanto o custo de uma lâmpada fluorescente compacta de 25W é de R\$ 9,50. O custo de aquisição de 90 lâmpadas fluorescentes compactas de 25W é de R\$ 855,00, enquanto o custo de aquisição de 90 lâmpadas incandescentes de 60W é de R\$ 162,00.

O cálculo de *payback* com respeito à substituição de incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas, considerando a diferença de custo na energia elétrica e a necessidade de investimento dos sistemas, é dado pela equação 12.

$$P = \frac{I}{RA} = \frac{R\$ 693,00}{R\$ 324,24} = 2,13 \text{ lotes} \quad \text{Eq. 12}$$

Onde:

$P = \textit{Payback}$

$I = \text{Diferença de investimento}$

$RA = \text{Diferença do custo de iluminação de um lote}$

## 5. CONCLUSÕES

Mesmo os aviários sendo construídos com tecnologia *dark house*, a iluminação natural externa do Sol consegue adentrar nos aviários por meio dos exaustores e influenciar na distribuição de iluminância interna dos barracões nos últimos 18 metros no fundo do aviário (dois últimos vãos).

As análises dos sistemas de iluminação utilizados nos aviários de estudo mostraram que o aviário ISO, equipado somente com lâmpadas fluorescentes compactas de 25W, obteve um iluminamento mais uniforme quando comparado com o aviário N.ISO, o qual tinha três tecnologias de lâmpadas instaladas.

Esta melhor distribuição não acarreta em afirmar qualitativamente a característica desta distribuição. Os coeficientes calculados ficaram abaixo de 50%.

Os dados de ganho de peso semanal dos aviários mostraram que não houve uma predominância no ganho de peso ligado ao aviário N.ISO ou ISS. Em algumas semanas o aviário N.ISO obtinha um ganho melhor de peso das aves enquanto em outras semanas era o aviário ISO que obtinha ganhos melhores. Como existem outros fatores, não analisados neste trabalho, que influenciam diretamente o desempenho de um lote, não há como afirmar que estas diferenças de pesos estejam ligadas diretamente à utilização de alguma tecnologia de iluminação analisada no trabalho.

Existe uma diferença nos valores de potência instalada bem como, conseqüentemente, diferenças no custo de implantação, utilização e manutenção dos sistemas de lâmpadas incandescentes e fluorescentes. A análise de viabilidade econômica por meio do estudo do *payback* no que diz respeito à substituição de lâmpadas incandescentes para fluorescentes compactas mostrou ser interessante devido o relativo rápido retorno do investimento realizado para esta troca, mostrando assim ser viável economicamente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APELDOORN, E. J.; SCHRAMA, J. W.; MASHALY, M. M.; PARMENTIER; H. K. Effect of Melatonin and Lighting Schedule on Energy Metabolism in Broiler Chickens. **Poultry Science** 78:223–229, 1999.

BASTOS, Felipe Carlos. Análise da política de banimento de lâmpadas incandescentes do mercado brasileiro. **Dissertação de Mestrado**. Rio de Janeiro. Mar - 2011.

FERREIRA, Luiz Fernando S. A.; TURCO, José Eduardo Pitelli. Avaliação do consumo e custo de energia elétrica em galpão para criação de frangos de corte, em dois ciclos de criação. Anais 3º Encontro Energia Meio Rural 2003.

GABRIEL, José Eduardo Ferreira. Eficiência energética em galpões de aves poedeiras através de avaliações estatísticas e econômicas. **Dissertação de mestrado**. Dez – 2003.

JORDAN, Rodrigo; TAVAREZ, Maria H. F. Análise de diferentes sistemas de iluminação para aviários de produção de ovos férteis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.3, p.420-423, 2005.

KAWAUCHI, I. M.; SAKOMURA, K.; BARBOSA, N. A. A.; AGUILAR, C. A. L.; MARCATO, S. M.; BONATO, M. A.; FERNANDES, J. B. K. Efeito de programas de luz sobre o desempenho e rendimento de carcaça, cortes comerciais e vísceras comestíveis de frango de corte. **ARS VETERINARIA**, Jaboticabal,SP ,v.24, n.1, 059-065, 2008. ISSN 0102-6380.

MENDES, Angélica Signor; REFFATI, Rosana; RESTELATTO, Rasiel; PAIXÃO, Sandro José. Visão e iluminação na avicultura moderna. **Revista Brasileira Agrociência**. Pelotas, v.16, n.1-4, p.05-13, jan-dez, 2010.

MORAES, Douglas Teixeira. Efeitos dos programas de luz sobre o desempenho, rendimento de abate, aspectos econômicos e resposta imunológica em frangos de corte. **Dissertação de mestrado**. Belo Horizonte. Mar - 2006.

OLANREWAJU, H.A.; THAXTON, J.P.; DOZIER III, W.A.; PURSWELL, J.; ROUSH, W.B.; BRANTON, S.L. A Review of Lighting Programs for Broiler Production. **International Journal of Poultry Science** 5 (4): 301-308, 2006 ISSN 1682-8356.

OLANREWAJU, H. A.; THAXTON, J. P.; DOZIER III, W. A.; PURSWELL, J.; COLLIER, S. D.; BRANTON, S. L. Interactive Effects of Ammonia and Light Intensity on Hematochemical Variables in Broiler Chickens. **Poultry Science** 87:1407–1414, 2008.

OWADA, Adriana N.; NÄÄS, Irenilza de A.; DE MOURA, Daniela J.; BARACHO, Marta dos S. Estimativa de bem estar de frango de corte em função da concentração de amônia e o grau de luminosidade no galpão de produção. **Revista Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.27, n.3, p.611-618, set./dez.2007

PRESCOTT, N. B.; WATHES, C.M. Light, poultry and vision. *Livestock Environment VI: Proceedings of the 6th International Symposium (21-23 May 2001, Louisville, Kentucky,*

USA). **ASAE**. Publication Number 701P0201. 2001.

RIERSON, Rusty del. Broiler preference for light color and feed form, and the effect of light on growth and performance of broiler chicks. **Dissertação de mestrado**. Manhattan, 2011.

RUTZ, F., BERMUDEZ, V. L. Fundamentos de um programa de luz para frangos de corte. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A., MACARI, M. (Ed.). **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004. p.157-168.

SANTOS, Tânia M. B.; DE LUCAS JÚNIOR, Jorge. Balanço energético em galpão de frangos de corte. **Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.24, n.1, p.25-36, jan./abr. 2004.

SHERVIN, C.M. Domestic turkeys are not averse to compact fluorescent lighting. **Applied Animal Behaviour Science** 64. Pg 47-55. 1999.

TRACY, Jenifer; MILLS, Evan. Illuminating the pecking order in off grid lighting. A Demonstration of LED Lighting for Saving Energy in the Poultry Sector. **Light & Engineering Svetotekhnika**. Vol. 19, No. 4, pp. 67-76, 2011 No. 4, 2011, pp. 35-41.

VERCELLINO, Rimena do Amaral. Efeito de diferentes sistemas de vedação de aviários no comportamento e bem estar de frangos de corte. **Dissertação de Mestrado**. Campinas. Fev – 2012.

WIDOWSKI, Tina M.; KEELING, Linda J.; DUNCAN, Ian I. H. The preferences of hens for compact fluorescent over incandescent lighting. **Canadian Journal Animal Science** 72: 203-211. June, 1992.