

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**IMPLANTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO POR
LÂMPADAS DE LED NA PRODUÇÃO DE FRANGOS
DE CORTE**

CAROLINA OBREGÃO DA ROSA

**DOURADOS/MS
2014**

CAROLINA OBREGÃO DA ROSA

**IMPLANTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO POR LÂMPADAS DE
LED NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal da Grande Dourados –
Faculdade de Administração, Ciências
Contábeis e Economia para obtenção do
Título de Mestre em Agronegócios.

**ORIENTADOR: PROF. DR RODRIGO
GARÓFALLO GARCIA**

**COORIENTADORA: PROFA. DRA.
IRENILZA DE ALENCAR NÄÄS**

**DOURADOS/MS
2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R788i	Rosa, Carolina Obregão da. Implantação de iluminação por lâmpadas de LED na produção de frangos de corte / Carolina Obregão da Rosa. – Dourados, MS : UFGD, 2014. 59f. Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade Federal da Grande Dourados. 1. Avicultura. 2. Iluminação. 3. Análise econômica. I. Título. CDD – 636.51
-------	--

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

Carolina Obregão da Rosa

**IMPLANTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO POR LÂMPADAS DE LED NA
PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

BANCA EXAMINADORA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia

COORIENTADORA: Profa. Dra. Irenilza de Alencar Nääs

Profa. Dra. Jaqueline Severino da Costa

Prof. Dr. Ianglio Márcio Travassos Duarte Jácome

Outubro/2014

CAROLINA OBREGÃO DA ROSA

**IMPLANTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO POR LÂMPADAS DE LED NA
PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

Esta dissertação foi julgada e aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronegócios com área de Concentração em Agronegócios e Desenvolvimento no Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados.

Dourados (MS), 10 de outubro de 2014.

Profª. Dra. Erlaine Binotto
Coordenadora do Programa

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia (Orientador)
Universidade Federal da Grande Dourados

Profª. Dra. Jaqueline Severino da Costa
Universidade Federal da Grande Dourados

Prof. Dr. Ianglio Márcio Travassos Duarte Jácome
Universidade Federal de Santa Maria

“Eu havia me acostumado a conviver com homens cheios de confiança no que diziam. Homens que não conviviam com a dúvida. A certeza sempre me pareceu ignorância. Só os incultos têm tanta certeza. Ou melhor, os semicultos. Exatamente. Aqueles que sabem muito pouco e, do pouco que sabem, julgam que sabem muito. Saber muito é outra coisa. É saber que não se sabe. Humildade. Das margens não se é possível conhecer o rio, ainda mais à noite.”

O pequeno filósofo (Gabriel Chalita)

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, a Deus, pelo dom da vida, sua misericórdia e fidelidade no cumprimento de suas promessas...

Ao meu esposo Neimar, pela dedicação, companheirismo, compreensão e, principalmente, pelo apoio ao longo desta jornada.

Ao meu filho querido Natan, que muito contribui para as minhas horas de estudo e apesar de sua pouca idade, compreendeu.

Aos meus pais, Edo e Amélia, pelo apoio e motivação.

Ao meu orientador, Professor Dr Rodrigo Garófallo Garcia, pela ideia do projeto, pelos conhecimentos compartilhados, acolhimento, disposição e paciência em orientar.

A Professora Dra. Irenilza de Alencar Nääs, pela co-orientação e profissionalismo.

A Professora Dra. Jaqueline Severino da Costa, pelas contribuições dadas a este trabalho desde a Disciplina de Seminários de Dissertação e ao Professor Dr Ianglio Márcio Travassos Duarte Jácome, pelo aceite em participar da banca de qualificação e pelas considerações efetuadas.

Aos Professores do Programa de Pós Graduação (PPG) em Agronegócios da UFGD, pelo conhecimento e experiências transmitidos.

A secretária do PPG, Ludimylle, pela atenção, amizade e cordialidade.

A todos os meus colegas do mestrado, pela troca de experiências e conhecimentos. “Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.” (Antoine de Saint-Exupéry)

A Nilsa Duarte Lima, amiga do PPG em Zootecnia, pela disposição em ajudar e conhecimentos compartilhados da área de avicultura. Minha eterna gratidão!

Ao meu cunhado, Diovany Dofinger Ramos, seu apoio foi determinante para meu ingresso neste PPG.

Aos meus colegas de trabalho, pelo apoio e pela disposição em realizarem os meus trabalhos no período do meu afastamento.

Enfim, a todos que fazem parte da minha vida, familiares, amigos e colegas, vocês fazem parte desta conquista!

À empresa Frango Bello de Itaquiraí e ao produtor rural pesquisado pela parceria no projeto, pela oportunidade de coletar dados para a elaboração desta dissertação.

A Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade concedida e pelo apoio institucional, que me permitiu concluir este Mestrado.

RESUMO

A lâmpada de Diodo Emissor de Luz (LED) vem sendo utilizada na produção de frangos de corte do Brasil, em substituição à fluorescente compacta (LFC) e apresenta uma tendência praticamente irreversível, assim como ocorreu com a introdução da LFC. Apesar de apresentar alta eficiência luminosa e energética e elevada vida útil, o preço do LED ainda é alto em comparação à LFC, implicando em maiores custos para o produtor rural. Verificou-se que há carência de estudos que avaliem a viabilidade econômica da iluminação LED na produção de frangos de corte. Assim, esta pesquisa teve como objetivo verificar a viabilidade econômica da utilização de LED em aviários de frangos de corte do tipo *Dark House*. A abordagem desta pesquisa foi quantitativa, possui caráter exploratório e descritivo. Com o intuito de atingir ao objetivo proposto, esta dissertação dividiu-se em dois capítulos. No primeiro capítulo buscou-se apresentar alternativas de investimentos para substituição de iluminação fluorescente por LED em aviários comerciais. Dois projetos de substituição de LFCs por LEDs foram elaborados. Os resultados indicaram que o LED gerou economia considerável de energia em condições de aviários e possuiu características ideais para a produção de frangos de corte. No entanto, o elevado preço atual do LED tornou o prazo de retorno do investimento muito longo, mesmo sem considerar uma taxa de oportunidade para o projeto. O segundo capítulo apresentou a avaliação econômica da iluminação com LED na produção de frangos de corte, aplicada a um estudo de caso. Comparou-se o consumo de energia de um aviário *Dark House* com iluminação LFC a outro, com iluminação LED, ambos com as mesmas características quanto à estrutura e capacidade de produção. Por meio de métodos determinísticos de análise de investimentos, avaliaram-se os fluxos de caixa, descontados ao custo de oportunidade determinado, e o custo inicial do projeto, determinando seus indicadores. Os resultados indicaram inviabilidade econômica do projeto de substituição de iluminação por lâmpadas de LED em aviário *Dark House*. Caso o preço da lâmpada de LED venha reduzir seu valor em aproximadamente 35%, a iluminação LED poderá ser uma alternativa viável na produção de frangos de corte, pois os resultados indicaram que o LED economizou 72% de kWh em relação à LFC.

Palavras-chave: Agronegócio; Avicultura; Diodo Emissor de Luz; Iluminação; Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

The lamp Light Emitting Diode (LED) has been used in the broiler production in Brazil, replacing compact fluorescent (CFL) and features a virtually irreversible trend, as occurred with the introduction of CFL. Despite showing high luminous efficiency and high energy and life, the LED price is still high compared to the CFL, implying higher costs for farmers. There are insufficient data to assess the economic viability of LED lighting in the production of broilers. Thus, this research aims to determine the economic feasibility of using LED in Dark House aviaries. The approach of this research is quantitative, exploratory and descriptive features. In order to achieve the proposed objective, this dissertation is divided into two chapters. In the first chapter, investment alternatives for replacing fluorescent lighting with LED in commercial poultry were presented. Two projects, in order to replace CFL for LED, were developed. The results indicate that the LED generates substantial energy savings in aviaries and it has ideal characteristics for the broilers production. However, the current high price of LED makes the payback period of the investment too long, even without considering the rate of opportunity for the project. The second chapter presents the economic evaluation of LED lighting in the production of broilers, applied to a case study. The energy consumption of two Dark House aviaries, one with CFL and the other with LED, both with the same characteristics as the structure and production capacity, was compared. By deterministic methods of investment analysis, It was evaluated the cash flows, discounted at the cost of a particular opportunity, and the initial cost of the project, determining its indicators. The results indicate economic infeasibility of deployment of the project to replace lighting by LED in Dark House aviary. If the lamp price reduces by approximately 35%, LED lighting can be a viable production of broilers alternative, as the results indicate that LED saved 72% kWh compared to CFL.

Keywords: Agribusiness; poultry; Light Emitting Diode; lighting; Economic Viability.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Planta de Iluminação dos Projetos 1 e 2	30
--	----

APÊNDICES

Figura 1. Instalações Dark House objeto do estudo. (A) Lâmpada LED utilizada. (B) Painel de Controle do Microclima e Dimmer de controle de intensidade luminosa. (C) Aviário 1 LED.	59
---	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Características dos principais tipos de lâmpadas	23
Tabela 2. Dados Técnicos dos Sistemas de Iluminação para os Projetos Propostos.....	28
Tabela 3. Programa de Luz utilizado nos aviários <i>Dark Houses</i> avaliados	29
Tabela 4. Comparação dos Projetos de Substituição de Iluminação de Fluorescente por LED em diferentes tipos de aviários quanto à dimensão e ciclos de produção	32

CAPÍTULO II

Tabela 1. Composição dos custos de produção e comercialização de frangos de corte, valor total durante o ciclo, preço unitário do item de custo, valor dos itens de custos e percentual relativo de custos	43
Tabela 2. Custos de Produção do Kg de frango de corte em Mato Grosso do Sul no ano de 2014.....	44
Tabela 3. Programa de Luz utilizado nos aviários <i>Dark Houses</i> avaliados	49
Tabela 4. Consumo de energia durante um ano em aviários Dark House com iluminação LED e LFC.....	51
Tabela 5. Fluxo de Caixa – Projeto de implantação de iluminação LED em aviário Dark House (em R\$).....	52
Tabela 6. Benefícios esperados com a implantação de iluminação LED em aviário <i>Dark House</i>	52
Tabela 7. Resultados da avaliação econômica do projeto de implantação de iluminação LED em aviário <i>Dark House</i> , incluindo análise de sensibilidade para o preço da lâmpada	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal

BCB – Banco Central do Brasil

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAWC – *Farm Animal Welfare Council*

IL – Índice de lucratividade

LED – *Light Emitting Diode*

LFC – Lâmpada Fluorescente Compacta

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PIB – Produto Interno Bruto

TIR – Taxa interna de retorno

TR – Taxa de rentabilidade

UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados

VPL – Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
REFERÊNCIAS	16
CAPÍTULO I - ILUMINAÇÃO LED COMO ALTERNATIVA PARA AVIÁRIOS <i>DARK HOUSE</i>	18
RESUMO	19
ABSTRACT	19
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Os Sistemas de iluminação em aviários	21
2.2 Programas de iluminação na produção de frangos de corte e sua importância	24
3 METODOLOGIA.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
5 CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS	34
CAPÍTULO II - ANÁLISE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO LED EM AVIÁRIO <i>DARK HOUSE</i>	39
RESUMO	40
ABSTRACT	40
1 INTRODUÇÃO.....	40
2 REVISÃO DE LITERATURA	42
2.1 Custos de produção de frangos de corte	42
3 METODOLOGIA.....	45
3.1 Métodos de avaliação econômica de investimentos	45
3.2 Fonte de dados	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50
5. CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS	54
CONCLUSÕES GERAIS	58
APÊNDICES	59

INTRODUÇÃO GERAL

A avicultura brasileira desempenha um papel importante no desenvolvimento do agronegócio nacional, fato que é comprovado pelos números apresentados pelo setor nas últimas décadas e pelas estimativas de crescimento nos próximos anos.

Na última década, a produção avícola aumentou em 100% sua produção, a fim de atender a demanda de vários países, sendo comprovada pelo aumento da exportação em 425% e da demanda interna de carne de frango em 28% (ABPA, 2014). A crescente preferência do consumidor brasileiro pela carne de frango tem contribuído para o crescimento no consumo interno (MAPA, 2013). Tal desempenho positivo é resultado da organização do processo produtivo, baseado no sistema de integração e da qualidade e baixo custo do produto (MENDES, 2014).

Atualmente, a avicultura brasileira emprega mais de 3,6 milhões de pessoas, direta e indiretamente, e responde por quase 1,5% do Produto Interno Bruto (PIB). Dados recentes mostram a carne de frango como o terceiro produto mais exportado, mais de 3 milhões de dólares, da Balança Comercial do Agronegócio, ficando atrás apenas da soja e do açúcar. Esta cadeia produtiva envolve economicamente milhares de produtores integrados, centenas de empresas beneficiadoras e dezenas de empresas exportadoras (MAPA, 2013; ABPA, 2014).

Perspectivas, para o período de 2011/12 a 2021/22, indicam uma taxa de 2,7% de crescimento ao ano para o consumo de carne de frango do mercado brasileiro. A taxa de crescimento para a produção desta carne é estimada em 4,2% ao ano, devido às perspectivas de aumento das exportações. A produção de frango de corte deve aumentar 56% na próxima década, com 43,5% de participação no mercado mundial (MAPA, 2012).

A eficiência da produção avícola está relacionada a vários fatores, os quais passam pela produção de insumos químicos e farmacêuticos, pela criação de avós importadas, pela produção de matrizes, pelos incubatórios, pelas fabricas de ração, pela fase de engorda nos galpões, até chegar ao abate, processamento da carne e comercialização dos produtos (MENDES; SALDANHA, 2004).

Na fase de engorda, a iluminação do ambiente é considerada uma ferramenta de gestão, pois é um dos principais fatores que influenciam o desenvolvimento das aves. A iluminação para frangos de corte tem a finalidade de permitir melhor ingestão de ração e água, crescimento e adaptação nos primeiros dias de vida. A qualidade, intensidade, fotoperíodo e cor da luz interferem no comportamento e desenvolvimento das aves (MENDES et al., 2010; BENSON et al., 2013).

Os programas de luz são elaborados de acordo com as alterações que ocorrem no metabolismo das aves em diferentes idades e variam conforme a meta de peso final exigido pelo mercado. O programa ideal deve objetivar a maximização da produção e redução do consumo de ração e do gasto de energia elétrica (FREITAS et al., 2005).

Neste modelo de produção, destacam-se, sobretudo, as instalações com climatização e iluminação controlada, do tipo *Dark House*, os quais se apresentam como uma tecnologia emergente no país (MENDES, 2014). Os aviários *Dark House* possuem paredes laterais sólidas, característica que garante o isolamento do ambiente interno de condições externas desfavoráveis e permite o controle da iluminação – intensidade, duração e comprimento de onda –, durante toda a fase de crescimento das aves (OLANREWAJU et al., 2006; BENSON et al., 2013).

Neste sentido, sistemas de iluminação que ofereçam uma alternativa eficiente e econômica na produção de frangos de corte em aviários *Dark House* apresentam-se como uma fonte de inovação nesta cadeia produtiva. Dentre as inovações verificam-se as lâmpadas fluorescentes compactas e, mais recentemente, as lâmpadas de Diodo Emissor de Luz (LED) (BOURGET, 2008; WATKINS, 2011).

O tempo de vida útil de uma lâmpada de LED é de aproximadamente 45000 horas, enquanto a fluorescente compacta é de 8000 horas e a incandescente é de 1000 horas (OSRAM, 2014). O consumo de energia desta lâmpada em condições de alojamento é 33% menor que a lâmpada incandescente (BENSON et al., 2013), a qual teve sua comercialização e produção proibidas recentemente no Brasil (BRASIL, 2010).

Diante desta nova demanda, pesquisas foram desenvolvidas avaliando o desempenho, o bem-estar, o rendimento de carcaça, a resposta imunológica e a preferência de frangos de corte submetidos a diferentes tipos de programas iluminação com lâmpadas LED, conforme pode ser verificado em: Rozemboim et al. (1999), Xie et al. (2008), Deep et al. (2010), Borille et al. (2013), Kim et al. (2013), Mendes et al.

(2013). Porém, verifica-se que há carência de estudos, tanto na literatura nacional como internacional, por ser uma tecnologia nova e em fase de experimentação, particularmente estudos que avaliem a viabilidade econômica de um sistema de iluminação com LED na produção de frangos de corte.

Ao considerar que o preço da lâmpada de LED ainda é elevado em comparação à lâmpada fluorescente, a instalação de um novo sistema de iluminação com LED implica em maiores custos para o produtor rural. Todavia, de acordo com Bourget (2008) a maior eficiência energética e vida útil do LED podem reduzir o custo de iluminação.

Diante do exposto, esta pesquisa tem intenção de responder à seguinte problemática: Como a iluminação de aviários de frangos de corte com LED poderá causar melhorias nos resultados econômicos da produção?

O reconhecimento da realidade de mercado global mais exigente e competitivo, inserido em uma consciência sustentável, demanda o emprego de tecnologias que tragam benefícios com um menor custo de produção. Neste cenário, ao considerar que os gastos e desperdícios totais de energia elétrica na produção de aves são altos (JORDAN; TAVARES, 2005), e que se encontram disponíveis no mercado tecnologias que possuem boa eficiência energética, como é o caso dos LEDs, este estudo torna-se oportuno.

O objetivo geral do presente trabalho foi verificar a viabilidade econômica da utilização de LED em aviários de frangos de corte do tipo *Dark House*. Com o intuito de atingir ao objetivo proposto, esta dissertação dividiu-se em dois capítulos. No primeiro capítulo buscou-se apresentar alternativas de investimentos para substituição de iluminação fluorescente por LED em aviários comerciais. Enquanto que o segundo apresenta a avaliação econômica da iluminação com lâmpadas de LED na produção de frangos de corte, aplicada a um estudo de caso.

Assim, o presente trabalho visou contribuir com as pesquisas de viabilidade econômica da produção de frangos de corte, sobretudo neste cenário de competitividade global e margens de lucros estreitas. Presume-se que este estudo poderá direcionar pesquisas futuras, referentes a outros setores da avicultura, ainda carentes deste tipo de estudo, como a avicultura de postura e a coturnicultura, que também fazem uso do LED como sistema de iluminação.

Ademais, esta pesquisa tenta contribuir com o conhecimento de um tema emergente e constantemente explorado pelos pesquisadores comprometidos com a produção animal e o desenvolvimento do agronegócio.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **Relatório Anual 2014**. Disponível em: < <http://www.ubabef.com.br/>>. Acesso em: setembro de 2013.

BORILLE, R.; GARCIA, R. G.; ROYER, A. F.; SANTANA, M. R.; COLET, S.; NAAS, I. A.; CALDARA, F. R.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; ROSA, E. S.; CASTILHO, V. A. R. The use of light-emitting diodes (LED) in commercial layer production. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas – SP, v. 15, n. 2, p. 135-140, 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. PORTARIA INTERMINISTERIAL Nº 1.007, DE 31 DE DEZEMBRO DE 2010. Disponível em : <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/legislacao/portaria_interminestral/Portaria_MME-MCT-MDIC_n_1.007-2010.pdf>. Acesso em: agosto de 2014.

BENSON, E. R.; HOUGENTOGLER, D. P.; McGURK, J.; et al. Durability of incandescent, compact fluorescent, and light emitting diode lamps in poultry conditions. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 29. P. 103-111, 2013.

BOURGET, C. M. An introduction to light-emitting diodes. **Hort Science**, v. 43, n. 7, p. 1944-1946, 2008.

DEEP, A.; SCHWEAN-LARDNER, K.; CROWE, T.G. et al. Effect of light intensity on broiler production, processing characteristics, and welfare. **Poultry Science**, v. 89, n. 11, p. 2326-2333, 2010.

FREITAS, H. J.; COTTA, J. T. de B.; OLIVEIRA, A. I.G.; et al. Avaliação de programas de iluminação sobre o desempenho zootécnico de poedeiras leves. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 424-428, mar./abr., 2005.

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

KIM, M. J. et al. Growth performance and hematological traits of broiler chickens reared under assorted monochromatic light sources. **Poultry science**, v. 92, n. 6, p. 1461-1466, 2013.

- MENDES, A. A. A cadeia avícola brasileira. In: MACARI, M; MENDES, A.A.; MENTEN, J. F.; NÄÄS, I. A. (Orgs.). **Produção de Frangos de Corte**. Campinas: Facta, 2. ed. p. 1-12, 2014.
- MENDES, A. A. ; PAIXÃO, S. J. ; RESTELATTO, R. et al. Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 1, p. 62-70, 2013.
- MENDES, A. S.; REFFATI, R.; RESTELATTO, R. PAIXÃO, S. J. Visão e iluminação na avicultura moderna. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 16, n. 1-4, p. 05-13, jan-dez, 2010.
- MENDES, A. A; SALDANHA, E. S. P. B.. A cadeia produtiva da carne de aves no Brasil. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M. (Orgs.). **Produção de Frangos de Corte**. Campinas: Facta, p. 1-18, 2004.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Estatísticas e Dados Básicos de Economia Agrícola** – Junho de 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: julho de 2013.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Brasil Projeções do Agronegócio 2011/12 a 2021/22**. Brasília, 2012, 50 p. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: maio de 2013.
- OSRAM. Osram do Brasil, Website. Disponível em: <<http://www.osram.com.br/>>. Acesso em: junho de 2014.
- ROZENBOIM, I.; ROBINZON, B.; ROSENSTRAUCH, A. Effect of light source and regimen on growing broilers. **British Poultry Science**, v. 40, n. 4, p. 452-457, 1999.
- WATKINS, S. **Poultry Lighting: LED Bulbs Provide Energy Savings and Durability**. Division of Agriculture, Research & Extension, University of Arkansas System, 2011. Disponível em: < <http://poultryscience.uark.edu/4474.php>>. Acesso em: nov. de 2013.
- XIE, D.; WANG, Z. X.; DONG, Y. L.; CAO, J.; WANG, J. F.; CHEN, J. L.; CHEN, Y. X. Effects of Monochromatic Light on Immune Response of Broilers. **Poultry Science**, College Station, v. 87, n. 8, p. 1535-1539, 2008.

CAPÍTULO 1

ILUMINAÇÃO COM LÂMPADAS DE LED COMO ALTERNATIVA PARA AVIÁRIOS *DARK HOUSE*

ILUMINAÇÃO COM LÂMPADAS DE LED COMO ALTERNATIVA PARA AVIÁRIOS *DARK HOUSE*

RESUMO

A lâmpada de Diodo Emissor de Luz (LED) vem sendo utilizada nos sistemas de produção de frangos de corte do Brasil, em substituição às fluorescentes compactas (LFC). Apesar de apresentar alta eficiência luminosa e energética e elevada vida útil, o preço do LED ainda é alto em comparação à LFC, implicando em maiores custos para o produtor rural. Esta pesquisa propôs apresentar alternativas de investimentos para substituição de iluminação fluorescente por LED em aviários comerciais, modelo *Dark House*. Foram realizados orçamentos de sistemas de iluminação com duas empresas fornecedoras de equipamentos de automação produtiva e registraram-se dados de consumo de energia em cinco granjas comerciais. Dois projetos de substituição de LFCs por LEDs foram elaborados. O consumo eficiente da lâmpada e a tarifa de energia são duas variáveis muito relevantes na elaboração de um projeto de investimento de iluminação. Os resultados indicaram que o LED gerou economia considerável de energia em condições de aviários e possuiu características ideais para a produção de frangos de corte. No entanto, o elevado preço atual do LED tornou o prazo de retorno do investimento muito longo, mesmo sem considerar uma taxa de oportunidade para o projeto.

Palavras-chave: Avicultura; Diodo Emissor de Luz; Retorno do Investimento; Sistema de Iluminação.

ABSTRACT

LED lamps have been used in the production of broiler systems in Brazil, replacing the compact fluorescent lamps (CFL). Although showing high luminous efficiency and high energy and lifetime, the price of LED is still high in comparison to the CFL, implying higher costs for farmers. This research proposes to present investment alternatives for replacing fluorescent lighting with LED in commercial poultry, dark house system. Budgets of lighting systems with two suppliers of production automation equipment companies were performed and the data of energy consumption in five commercial farms were recorded. Two projects to replace CFL with LED were developed. Efficient consumption of the lamp and the rate of energy are two very important variables in the preparation of an investment lighting project. The results indicate that the LED produces substantial energy savings in a position to aviaries and it has ideal characteristics for the production of broilers. However, the current high price of LED makes the payback period too long, even without considering the rate of opportunity for the project.

Key words: Poultry; Light Emitting Diode; Payback; Lighting System.

1 INTRODUÇÃO

A avicultura moderna apresentou muitas mudanças tecnológicas e de processos nos últimos 50 anos (MENDES, 2014). Neste contexto, a intensificação da produção por meio do confinamento das aves resultou em muitos investimentos em tecnologias de automatização da produção, climatização e programas de iluminação (MENDES, 2014; RUTZ et al., 2014; OLANREWAJU et al., 2006). Benson et al. (2013) destacam que os

aviários de laterais sólidas (*Dark House*) são cada vez mais comuns e isto exige que a iluminação tenha a duração, a intensidade e a qualidade adequadas ao desenvolvimento das aves de produção.

Na fase de engorda, a iluminação do ambiente é considerada uma ferramenta de gestão, pois é um dos principais fatores que influenciam o desenvolvimento das aves. A intensidade da luz, a disposição e cor das lâmpadas, e a duração do fotoperíodo afetam o bem-estar e o desempenho dos frangos alojados (MENDES et al., 2010; BENSON et al., 2013).

Embora a avicultura demonstre elevada eficiência produtiva, ainda há alto desperdício de energia elétrica em seus vários processos (JORDAN; TAVARES, 2005). Dentre eles, destaca-se a iluminação, a qual pode corresponder até 40% do custo com energia elétrica dos aviários. Melhorias de iluminação representam tanto benefícios para as aves, como diminuição de custos de produção (WATKINS, 2011).

Recentemente, uma nova tecnologia em iluminação artificial vem aos poucos sendo empregada nos sistemas de produção de frangos de corte do Brasil, em substituição às lâmpadas fluorescentes compactas (RUTZ et al., 2014). A inovação é a lâmpada de LED, que apresenta alta eficiência luminosa e energética e elevada vida útil, destacando-se quando comparada com outras fontes de luz (BOURGET, 2008; UDDIN et al., 2013).

Contudo, o custo de investimento da lâmpada de LED ainda é elevado em comparação à lâmpada fluorescente e a instalação de um novo sistema de iluminação com LED implica em maiores custos para o produtor rural. De fato, o LED encontra-se em fase de experimentação na avicultura e necessita de estudos sobre a viabilidade econômica da sua utilização na produção de frangos de corte.

Neste sentido, este artigo propõe apresentar alternativas de investimentos para substituição de iluminação fluorescente por LED em aviários comerciais, modelo *Dark House*. Para tanto, nos desdobramentos a seguir, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre os sistemas de iluminação em aviários e programas de iluminação na produção de frangos de corte, com o objetivo de demonstrar sua importância nesta cadeia e fomentar as discussões dos resultados a serem apresentados posteriormente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para iniciar esta revisão bibliográfica apresentam-se alguns conceitos básicos relacionados ao tema, a fim de facilitar a compreensão da discussão:

- a) Fluxo luminoso: radiação luminosa gerada por uma fonte de luz, medido em lúmens (lm);
- b) Intensidade Luminosa: corresponde ao valor da energia radiante emitida de uma fonte de luz, medida em candela (cd);
- c) Iluminância: corresponde ao fluxo luminoso que incide na superfície oposta a fonte de luz ($lx=lm/m^2$) (MENDES et al., 2010);
- d) Temperatura de cor: refere-se a aparência de cor emitida por uma fonte luminosa medida em Kelvin (K). Quanto mais baixa a temperatura de cor, mais escura (vermelho/alaranjado) será a tonalidade da luz, ao passo que quanto mais alta for a temperatura de cor, mais clara (azul/branco) será a tonalidade da luz. Logo, este termo não se refere ao calor emitido pela lâmpada, mas à tonalidade de luz que ela apresenta no ambiente (WATKINS, 2011).

Esta revisão segue apresentando os sistemas mais usuais de iluminação em aviários e por fim, abordando o papel dos programas de iluminação na produção de frangos de corte.

2.1 Os sistemas de iluminação em aviários

Atualmente, estima-se que 20% da energia consumida no mundo seja destinada à iluminação (PINTO et al., 2008). Nos aviários, a iluminação pode corresponder a até 40% da energia consumida na etapa de criação (WATKINS, 2011). A redução dos gastos com energia elétrica nos aviários está ligada à melhoria dos sistemas de iluminação, já que o sistema usual é formado por lâmpadas incandescentes de grande potência, baixa eficiência e vida útil curta (JORDAN; TAVARES, 2005). Logo, a eficiência energética está em obter o melhor resultado com o menor consumo possível.

No entanto, este sistema usual está em vias de desuso, pois a fabricação e importação de lâmpadas incandescentes de 61 a 100 W que não atendam aos requisitos

mínimos de eficiência energética estão proibidas no Brasil. As lâmpadas abaixo de 60 W foram proibidas em definitivo. O objetivo da medida é minimizar o desperdício de energia elétrica (BRASIL, 2010).

Testes realizados em lâmpadas incandescentes, fluorescentes compactas (LFC) e diodo emissor de luz (LED) em condições de aviário comercial, avaliaram as variáveis falha, degradação de iluminação e consumo de energia, por um período de 416 dias e aproximadamente 5.000 horas. Os resultados mostraram que a primeira é pouco eficiente, apresentando falha média nas 1.968 horas do teste – tempo maior que a vida útil informada pelo fabricante (1.500 h). Os dois tipos de lâmpadas fluorescentes compactas (A: 40W e B: 50W) também falharam. 50% das LFCs-A falharam em uma média de 2.640 horas do teste, enquanto que 25% das LFCs-B falharam a 3.312 horas. As demais lâmpadas ainda estavam funcionando no término do teste. Nenhuma lâmpada LED falhou durante o experimento (BENSON et al., 2013).

Em relação à degradação da iluminação, a lâmpada de LED foi a que demonstrou maior diminuição da luminosidade com passar do tempo. No entanto, esta é uma característica das lâmpadas de longa vida útil, pois o aumento da expectativa de uso eleva o grau de degradação. Quanto ao consumo de energia, as lâmpadas fluorescentes compactas e LED apresentaram maior eficiência energética em relação às incandescentes – CFL-A: 28%, CFL-B: 30% e LED: 33% (BENSON et al., 2013).

Quanto às características, cada lâmpada tem suas particularidades. A Tabela 1 sintetiza algumas características técnicas dos três tipos de lâmpadas mais utilizadas em aviários de frango de corte. A incandescente foi citada por ainda representar um parâmetro de referência, devido ao longo tempo de sua utilização na iluminação em geral.

Na lâmpada fluorescente, a luz é emitida por uma descarga resultante da passagem da corrente elétrica por um gás ou vapor ionizado que, em contato com a superfície fluorescente ou com os cristais de fósforos no interior do tubo de vidro, emite espectro visível. Para cada Watt consumido, as lâmpadas de fluorescentes produzem cerca de dez vezes mais luz do que as incandescentes comuns (JÁCOME, 2009). As lâmpadas fluorescentes também possuem uma variedade de formatos e aplicações e dividem-se em descarga de baixa pressão e alta pressão (PHILIPS, 2009).

Tabela 1. Características dos principais tipos de lâmpadas

CARACTERÍSTICAS	TIPOS DE LÂMPADAS		
	Incandescentes	Fluorescentes Compactas (CFLs)	Light Emitting Diodes (LEDs)
Eficiência Luminosa	12-25 lm/W	40-70 lm/W	60-140 lm/W
CRI	98-100	60-90	70-95
Vida útil média	1.000 h	8.000 h	40.000 h
Temperatura de cor	2.700 K	2.600 - 6.500 K	2.600 - 6.500 K

Fonte: adaptado de OSRAM (2014) e LEDGEL (2014).

A utilização deste tipo de lâmpada se intensificou após a crise energética de 2011, pois esta tecnologia apresentava-se como uma excelente alternativa de redução de consumo de energia. Contudo, a solução em pouco tempo transformou-se num problema, pois a alta demanda propiciou a entrada de produtos de baixa qualidade no mercado (PINTO et al., 2008).

O primeiro LED foi desenvolvido em 1961 e era um dispositivo emissor de infravermelho. Em 1962, o primeiro LED prático visível do espectro foi desenvolvido. A primeira alta potência (1 W) de LEDs foram desenvolvidos na década de 1990 (BOURGET, 2008). LEDs que possuem uma eficácia estimada em 100 lm/W, sendo superior às lâmpadas incandescentes (15 lm/W) e fluorescentes (80 lm/W) (LIU et al., 2010; CAO et al., 2012).

As lâmpadas de LED são mais versáteis e eficientes em consumo de energia, quando comparadas com fontes de luz convencionais e trabalham sob um princípio completamente diferente do que as lâmpadas fluorescentes compactas (UDDIN et al., 2013). Os LEDs emitem luz através de um processo do semicondutor em vez de usar um elemento sobreaquecido ou gás como em fontes de luz tradicionais (BOURGET, 2008).

O comprimento de onda da luz emitida pelo LED é determinado pelos materiais utilizados para formar a junção de semicondutor, ou seja, são dispositivos em estado sólido, mais resistente que as lâmpadas usuais e não contêm materiais perigosos à saúde humana como as lâmpadas fluorescentes. Este tipo de emissores de luz são mais potentes que as lâmpadas incandescentes, rivalizando com lâmpadas fluorescentes em eficiência energética, além de apresentarem uma vida útil muito mais longa que os

demais dispositivos disponíveis hoje no mercado (BOURGET, 2008; BENSON et al., 2013).

Diferentemente das outras fontes de luz, os LEDs podem ser regulados de acordo com cor, intensidade e distribuição necessárias, através do uso de *dimmers* (BENSON et al., 2013). Devido a estas características, o LED vem atendendo várias necessidades do mercado, como por exemplo, a medicina e a horticultura de estufa.

Neste contexto, Mendes et al. (2010) esclarecem que a luz de onda longa apresenta um espectro de luz vermelha, como é o caso das lâmpadas incandescente, enquanto que na luz de onda curta, o espectro varia entre as cores verde e azul. Assim como a constância da iluminância varia de um tipo de lâmpada para outra. As lâmpadas fluorescentes apresentam pequenas oscilações, que embora seja imperceptível aos humanos, é provável que ela seja percebida pelas aves (PRESCOTT; WATHES, 2001).

Desta maneira, a luz de fonte incandescente seria mais apropriada para as aves, pois produzem uma taxa constante de iluminância e comprimento de onda mais longa que a lâmpada fluorescente, possibilitando mais conforto e visão mais precisa as aves (MENDES et al., 2010). Entretanto, a lâmpada LED possui esta mesma característica da lâmpada incandescente, além de ser muito mais eficiente e durável (BENSON et al., 2013).

2.2 Programas de iluminação na produção de frangos de corte e sua importância

As pesquisas dos efeitos da iluminação sobre as aves nas últimas décadas foram intensas e resultaram em uma grande variedade de programas. Os programas de iluminação são vistos como ferramentas de gestão, devendo-se considerar três fatores em sua aplicação: o comprimento de onda, a intensidade e a duração da luz (fotoperíodo) (OLANREWAJU et al., 2006). Desta maneira, o comprimento, a intensidade e a duração de luz e, a distribuição do fotoperíodo podem afetar o desempenho e o bem-estar das aves (LEWIS; MORRIS, 2006; DEEP et al., 2010).

Em relação ao comprimento de onda, ressalta-se que as aves possuem uma sensibilidade espectral diferente da humana (PRESCOTT; WATHES, 1999), ou seja, a luz ambiente é percebida em cores diferentes pelas mesmas.

A intensidade da luz influencia o comportamento de frangos. Uma iluminação mais intensa promove o aumento da atividade, enquanto que uma iluminação mais amena pode ser eficaz na redução de comportamentos agressivos em frangos (OLANREWAJU et al., 2006). Deste modo, a intensidade da iluminação nos ambientes de criação de aves pode ser controlada utilizando como medida o lux.

De acordo com a duração e distribuição do fotoperíodo os programas de luz podem ser classificados em constante, intermitente e crescente (RUTZ et al., 2014). Programas de iluminação modernos iniciam com uma intensidade contínua em torno de 20 lux na primeira semana de vida dos pintinhos, reduzindo em torno de 5 a 14 lux até os 21 dias do lote, e por fim, é comum a diminuição da intensidade da luz para 5 lux na fase final de criação (OLANREWAJU et al., 2006). Caso haja pouca iluminação no período inicial de desenvolvimento da ave e muita no período de crescimento, o desempenho e os lucros serão afetados negativamente (WATKINS, 2011).

Na fase de cria, o adequado posicionamento das fontes de luz e sua distribuição estimulam as aves a procurar alimento, água e calor. Enquanto que na fase de crescimento, a iluminação pode ser útil para regular o ganho de peso e aumentar a eficiência da produção e a saúde das aves (OLANREWAJU et al., 2006; MENDES et al., 2010).

Os programas de iluminação também visam à redução de canibalismo, de atividade excessiva e de custos com energia elétrica, além de promover o bem-estar animal (DEEP et al., 2010; MENDES et al., 2010).

Nos aviários modernos, o planejamento dos sistemas de iluminação é largamente baseado na visão humana – o que é um equívoco – e deve satisfazer os critérios de produção e de legislação (MENDES et al., 2010). Na Europa, recomenda-se uma iluminação fraca (inferior a 20 lx) baseada na percepção empírica de um melhor desempenho, redução de mortalidade e de danos à carcaça devido à redução de movimentos (FAWC, 1992; DEEP et al., 2010).

O uso da iluminação artificial é mais ostensivo em países de baixas temperaturas, onde se utilizam sistemas de criação em galpões fechados ou em regiões com clima desfavorável, elevando o custo com energia elétrica e o preço do produto que chega ao mercado consumidor. No Brasil, a grande maioria dos sistemas de criação consiste em galpões abertos, reduzindo a necessidade da iluminação artificial, porém

não a descartando (GEWEHR; FREITAS, 2007), sobretudo com a tendência de introdução das instalações *Dark House* (MENDES, 2014).

Nos últimos vinte anos, alguns pesquisadores movidos pela curiosidade em compreender a influência da luz sobre o desempenho das aves desenvolveram alguns trabalhos. Resultados indicam que o crescimento de frangos de corte é influenciado por diferentes espectros de luz. Espectros de luz verde aceleram o crescimento muscular e estimula o crescimento de aves jovens, enquanto que a luz azulada estimula o crescimento em animais adultos (ROZENBOIM et al., 1999). Assim, frangos de corte criados sob a influência de luz azul ou verde podem apresentar melhor desempenho do que aqueles submetidos à luz vermelha ou branca (ROZENBOIM et al., 2004).

Observou-se que frangos de corte submetidos ao LED verde na fase inicial apresentaram melhor desempenho. Na fase final de criação, as aves mantidas em luz azul tiveram melhor desempenho, comprovando que as cores azul e verde promovem melhor crescimento e desenvolvimento de fibras musculares (CHEN et al., 2008).

Paixão et al. (2011) utilizaram dois tipos de iluminação – lâmpadas fluorescentes compactas e LED brancos – e verificaram que a lâmpada de LED branca apresenta o mesmo efeito da lâmpada fluorescente, no desempenho produtivo de frangos de corte (consumo de ração, peso vivo, conversão alimentar), tornando-se viável, devido à economia de energia que esta apresenta.

Borille et al. (2013), ao avaliarem cinco cores de lâmpadas de LED e lâmpadas incandescentes na criação de galinhas poedeiras, obtiveram resultados de desempenho superiores nas aves submetidas aos LEDs de cores vermelha e branca, e à luz incandescente, quando comparadas aos LEDs de cores verde, amarelo e azul. Tal fato possa estar relacionado, segundo Lewis e Morris (2000), com a entrada da radiação de comprimento de onda vermelho no hipotálamo, a qual se mostra sexualmente mais estimulante que comprimentos de onda verde ou azul.

O comportamento das aves manifesta o seu bem-estar. Neste sentido, a visão é o sentido que mais influencia no seu comportamento. O excesso ou escassez de luz no período de alojamento pode influenciar, positivamente ou negativamente, no comportamento das aves, comprometendo o bem-estar e a produtividade das mesmas (MENDES et al., 2010; 2013).

Além da intensidade e comprimento de onda, a cor da luz também pode influenciar no comportamento das aves. Pesquisas sugerem que a luz azul exerce um poder calmante, enquanto que a cor vermelha aumenta o canibalismo e o arranque de penas. Espectros de luz nos tons verde-azul estimulam o crescimento, enquanto que nos tons laranja-vermelho estimulam a reprodução (ROZEMBOIM et al., 1999; 2004).

Quanto à iluminação com LED, estudos indicam que não houve diferença significativa de preferência por ambientes com LED branco ou amarelo em frangos de corte, mas apresentaram melhor desempenho do que os frangos criados sob LFC (MENDES et al., 2013).

Os resultados de aumento da incidência de lesões ulcerativas com um tratamento de aumento de intensidade luminosa, encontrados por Deep et al. (2010), indicam uma redução no bem-estar de frangos de corte. Já em tratamento com enriquecimento ambiental e iluminação intermitente (1L:2E) aplicada em perus machos, observou-se uma diminuição lesões relacionadas a bicadas, mas prejudicou a função músculo-esquelética e aumentou a incidência de cegueira destas aves (SHERWIN et al., 1999).

Há uma vasta literatura disponível sobre os efeitos da iluminação sobre a produção de aves e os resultados positivos alcançados em relação ao peso vivo, conversão alimentar, estado imunológico e saúde. Porém, estudos sobre como o bem-estar das aves pode ser afetado pela iluminação ainda são escassos (OLANREWAJU et al., 2006; MENDES et al., 2013).

No entanto, medidas de bem-estar são, em sua maioria, de complexa elaboração. Olanrewaju et al. (2006) sugerem que o entendimento de como as aves percebem seu ambiente passa pela quantificação da luz ambiente (iluminância), e pela conhecimento dos efeitos dos fotoperíodos sobre o desenvolvimento funcional do olho e da visão.

Abreu e Abreu (2011) observam que inicialmente as pesquisas com programas de iluminação tinham o objetivo de reduzir o consumo de ração. No entanto, advertem para que estes programas sejam planejados visando à obtenção de curvas de crescimento normais das aves e à viabilidade do lote.

Conforme o exposto, verifica-se que a tecnologia de iluminação na avicultura tem apresentado grandes avanços nas últimas décadas. Diante da constante busca por eficiência energética na fase de criação, tecnologias modernas, econômicas e eficientes são sempre bem vindas.

3 METODOLOGIA

Com o intuito de atingir ao objetivo proposto, foram coletados orçamentos de sistemas de iluminação de aviários *Dark House* com duas empresas fornecedoras de equipamentos de automação produtiva, três deles referentes a sistemas de iluminação fluorescente e dois a iluminação com lâmpadas LED. Os aviários foram numerados de 1 a 5 para facilitar as descrições. Os aviários 1 e 4 possuíam sistema de iluminação com LED e foram comparados com os demais conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Dados Técnicos dos Sistemas de Iluminação para os Projetos Propostos

	Projeto 1 Lote 30 Dias + 15 intervalo				Projeto 2 Lote 45 dias + 15 intervalo			
DIMENSÕES DOS AVIÁRIOS	150x16m				150x15m			
AVIÁRIO n°=>	1		2	3	4		5	
Características	LED 1	LED 2	FLUO DIMER.	LFC	LED 1	LED 2	LFC	
Potência - Watts	5	6	25	25	5	6	15	7
Dimerizável	Sim	Sim	Parcial	Não	Sim	Sim	Não	Não
Vida Útil - Horas	40.000	30.000	6.000	6000	40.000	30.000	6.000	6.000
Consumo - Watts	5	6	20	20	5	6	15	7
Quantidade de Lâmpadas	150	150	110	110	144	144	57	87

Fonte: elaborado pela autora com dados disponibilizados pelos fornecedores das lâmpadas.

A mensuração de consumo de energia elétrica do sistema de iluminação foi coletada nos painéis de controle de energia de cinco granjas comerciais de frangos de corte, localizadas na região de Itaquiraí – MS, longitude 54° 11' 6" W, latitude 23° 28' 26" S, as quais correspondem aos aviários 4 e 5.

As dimensões do aviário do Projeto 1 é 150x16m, com pé-direito de 3,80 m, o qual se caracteriza por ventilação negativa, exaustores, nebulizadores de alta pressão, controladores de ambiente, controladores de intensidade luminosa e de paredes negras, com aquecimento automático posicionado no centro do galpão, com distribuição por tubos metálicos. Os aviários do Projeto 2 têm as mesmas características descritas no

Projeto 1, exceto em suas dimensões (150x15m), e pelo aquecimento automático que é posicionado no início do galpão (Figura 1).

Os programas de luz utilizados nos dois projetos durante o desenvolvimento da pesquisa constam na Tabela 3.

Tabela 3. Programa de Luz utilizado nos aviários *Dark Houses* avaliados

PROJETO 1	Fotoperíodo	Iluminância
até 7 dias	23 h	25 lx
8 - 15 dias	22 h	15 lx
16 - 30 dias	20 h	5 lx
PROJETO 2		
até 7 dias	23 h	25 lx
8 a 21 dias	18 h	5 lx
22 a 35 dias	20 h	5 lx
36 a 45 dias	22 h	5 lx

Fonte: Relatórios internos dos produtores pesquisados.

Os dados de consumo de energia elétrica em aviários com sistemas convencionais e LED, juntamente com os orçamentos adquiridos, permitiram a elaboração de dois projetos de investimentos, ambos com duas opções de lâmpadas LED. Optou-se por destacar os dois tipos de LEDs por apresentarem preços e garantias do fabricante diferentes. A lâmpada denominada de LED 2 é mais cara, porém, apresentou 36 meses de garantia, enquanto que a LED 1 apresentou 18 meses.

Observou-se que foram abordados mais fornecedores de lâmpadas LED próprias para avicultura, porém apenas dois se dispuseram a colaborar com esta pesquisa. As lâmpadas foram denominadas de LED 1 e LED 2 porque a divulgação da sua marca identificaria os seus fornecedores, que preferiram não se identificar.

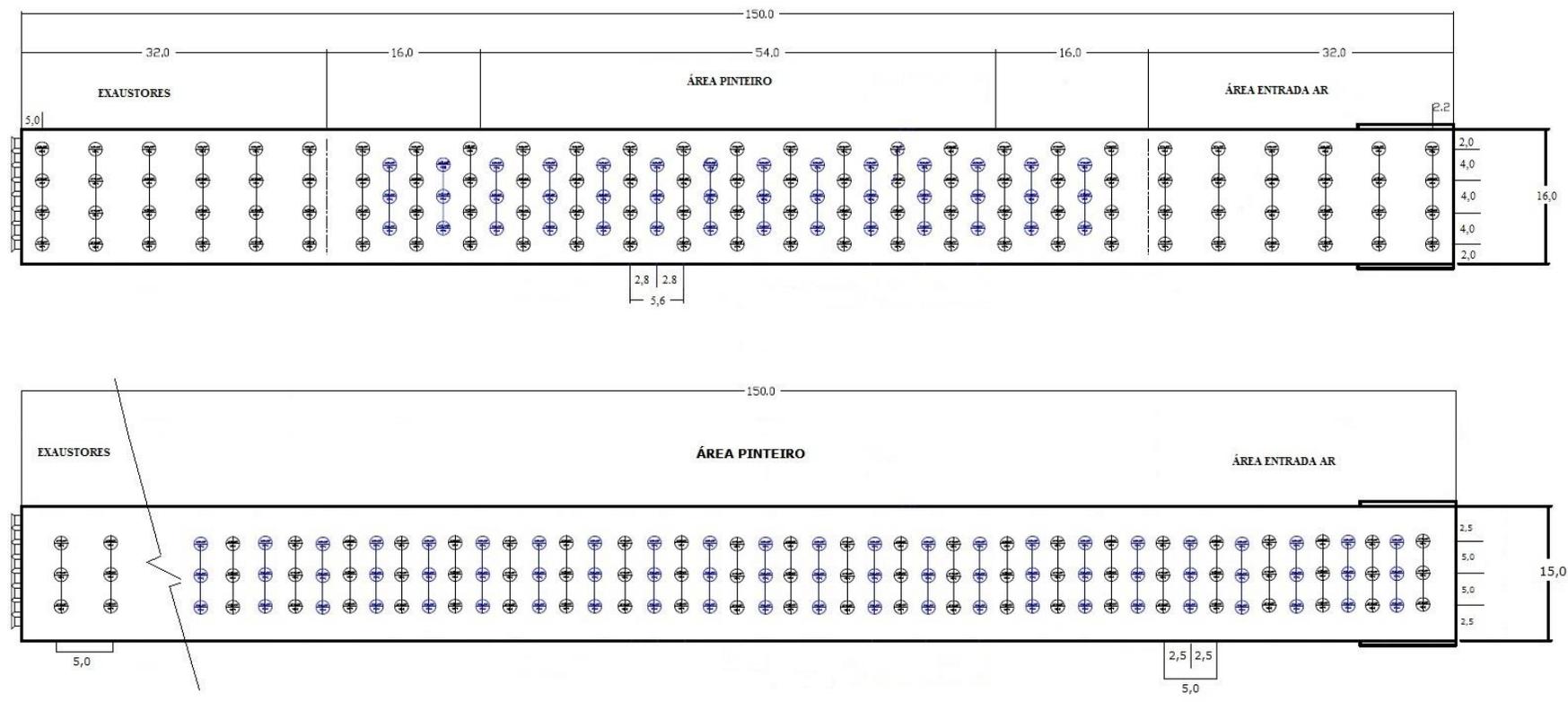


Figura 1. Planta de Iluminação dos Projetos 1 e 2. **Fonte:** adaptado pela autora com imagens cedidas pelos fornecedores.

Assim, no Projeto 1 apresentou-se o comparativo dos sistemas LED1 (5 W) e LED2 (6 W) com dois sistemas de LFC (aviários 2 e 3), sendo que um deles possui a característica de ser dimerizável, assim como no sistema LED.

Enquanto que para o Projeto 2, apresentou-se o comparativo entre os sistemas LED1 e LED2 com o aviário 5, de sistema LFC. Porém, as LFC deste aviário eram de duas potências (7 e 15 W) intercaladas na área do pinteiro e equidistantes entre si.

Os cálculos do prazo de retorno do investimento (*Payback*), no caso de substituição dos sistemas convencionais de iluminação propostos pelas opções de LED apresentadas, foram realizados por meio da razão entre o custo total do investimento e o benefício anual constante. Ou seja, o prazo de retorno do investimento é o tempo que leva para os lucros (ou benefícios, neste caso a economia de energia) de um investimento igualem ao custo do investimento (NEWNAN; LAVELLE, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os custos apurados para ambos os projetos não são muito diferentes, conforme demonstrado na Tabela 4. Porém, observa-se que o prazo de retorno do investimento é maior no Projeto 2 para as duas opções de LEDs. Isto ocorre porque neste tipo de aviário são obtidos em média 6 lotes anuais, enquanto que nos aviários do Projeto 1 são retirados em torno de 8 lotes anuais. Assim, o consumo de energia é maior no Projeto 1, pois há mais trocas de lotes e menos dias de vazio sanitário durante o ano. Logo, o retorno do investimento no Projeto 1 ocorre bem mais rápido.

O consumo eficiente de energia pode ajudar a reduzir os custos de produção (WATKINS, 2011). No entanto, o prazo de retorno do investimento para o Projeto 2 ainda é muito longo para as duas opções de LEDs, 42 meses para o LED 1 e 49 meses para o LED 2. Assim, a partir do momento que a economia de energia poderia ser contabilizada como redução de custo provavelmente algumas lâmpadas teriam falhado, considerando que elas falharam na média de uma unidade por mês durante o período analisado. Este longo prazo para retorno do investimento é devido ao elevado custo atual desta tecnologia.

Tabela 4. Comparação dos Projetos de Substituição de Iluminação de Fluorescente por LED em diferentes tipos de aviários quanto à dimensão e ciclos de produção

DIMENSÕES DOS AVIÁRIOS	Projeto 1				Projeto 2			
	Lote 30 Dias + 15 dias de intervalo				Lote 45 dias + 15 dias intervalo			
	150x16m				150x15m			
AVIÁRIO n°=>	1		2	3	4		5	
Características	LED 1	LED 2	FLUO DIMER.	LFC	LED 1	LED 2	LFC	
Potência - Watts	5	6	25	25	5	6	15	7
Dimerizável	Sim	Sim	Parcial	Não	Sim	Sim	Não	Não
Produção de Calor	1%	1%	5%	5%	1%	1%	5%	5%
Vida Útil - Horas	40.000	30.000	6.000	6000	40.000	30.000	6.000	6.000
Consumo - Watts	5	6	20	20	5	6	15	7
Custo Unitário das Lâmpadas - RS	<i>45,54</i>	<i>54,30</i>	<i>31,20</i>	<i>8,20</i>	<i>45,54</i>	<i>54,30</i>	<i>7,50</i>	<i>6,00</i>
Quantidade de Lâmpadas	150	150	110	110	144	144	57	87
Custo total de Lâmpadas	6.831,00	8.145,00	3.432,00	902,00	6.557,76	7.819,20	427,50	522,00
Custo do Dimmer para Controle	1.950,00	1.300,00	650,00	0	1.300,00	1.300,00	0	0
Custo Diferença de Instalação Elétrica	2.200,00	3.000,00	-	0	2.200,00	3.000,00	-	-
Custo Total de Implantação	<i>10.981,00</i>	<i>12.445,00</i>	<i>4.082,00</i>	<i>902,00</i>	<i>10.057,76</i>	<i>12.119,20</i>	<i>949,50</i>	
Preço do kW/h - RS	0,38				0,38			
Consumo de Energia Média Mensal - kW	265	265	640	1.750	136	136	132	364
Custo Total de Energia Mensal	100,70	94,08	243,20	472,50	51,68	51,68	50,16	138,32
Custo Lâmpadas Substituídas	31,88	21,72	304,00	131,20	31,88	21,72	60,00	72,00
Custo Total Mensal - (Manut. + Energia) - por Lote	<i>132,58</i>	<i>115,80</i>	<i>547,20</i>	<i>603,70</i>	<i>83,56</i>	<i>73,40</i>	<i>320,48</i>	
<i>Retorno do Investimento da opção LED 1 comparado com os sistemas convencionais=</i>			26 meses	23 meses			42 meses	
<i>Retorno do Investimento da opção LED 2 comparado com os sistemas convencionais=</i>			30 meses	26 meses			49 meses	

A tarifa de energia considerada nos cálculos foi R\$0,38 kWh vigente no estado no período analisado. Neste item, verifica-se que a tarifa do MS resulta em um retorno do investimento mais rápido do que a do que estados com tarifas mais baixas. Portanto, em estados com altas tarifas energéticas seria oportuno a utilização do LED em aviários que produzem frangos nos moldes do Projeto 1.

No cálculo do prazo de retorno foi considerado apenas questão da substituição de uma tecnologia pela outra. Ou seja, não se calculou a diferença da instalação de uma tecnologia pela outra, visto que se consideraram as hipóteses de sistemas fluorescentes já instalados nos aviários, mas calculou-se o prazo de retorno do investimento da substituição por uma nova tecnologia de iluminação. Desta forma, desconsiderou-se valor residual para as lâmpadas substituídas, que poderão ser utilizadas em outras instalações da propriedade rural.

No entanto, apesar do prazo de retorno do investimento ainda ser longo, a economia gerada pelos sistemas LEDs em relação aos demais sistemas considerados foram em proporções muito significativas. Os sistemas LEDs em relação à lâmpada fluorescente dimerizável economizaram 59% kWh mensais. Quando comparado ao sistema LFC (aviário 3), com potência de 25 W, a economia chega a 85%. Na comparação do Projeto 2, em aviários com lâmpadas de 2 potências, a economia chegou a 73%. As diferenças obtidas foram bem maiores que as encontradas por Benson et al. (2013), os quais compararam o consumo de lâmpadas LED em relação as incandescentes e apresentaram um resultado 33% de economia.

A economia do LED ocorre pelo fato do *dimmer* permitir a passagem apenas da energia necessária para a iluminância prevista no programa luz, além da característica de maior eficiência energética própria desta lâmpada. No sistema LED o desperdício de energia pode ser nulo.

As lâmpadas LEDs utilizadas nestes projetos são projetadas especialmente para atender as condições de aviários, tais como resistência a umidade, quedas e vibrações; não emitem calor; permitem o controle de iluminância (dimerizável de 0 a 100%); disponíveis em diferentes comprimentos de onda; diminuem o manejo de lâmpadas; não produzem poluição eletromagnética; além de terem uma vida útil cerca de cinco vezes maior que as LFCs (MENDES et al., 2013; WATKINS, 2011; PINTO et al., 2008).

Os resultados indicam que o LED gera economia considerável de energia em condições de aviários e possui características ideais para a produção de frangos de corte. Os resultados de Mendes et al. (2013) indicam que, em geral, os frangos criados sob LED apresentam melhor desempenho do que aqueles criados sob LFC. No entanto, o elevado preço atual desta tecnologia torna o prazo de retorno do investimento muito longo (até 49 meses), mesmo sem considerar uma taxa de oportunidade para o projeto.

5 CONCLUSÕES

O consumo eficiente da lâmpada e a tarifa de energia são duas variáveis muito relevantes na elaboração de um projeto de investimento de iluminação. O primeiro porque gera economia (ou benefícios) e, a segunda porque quanto mais alta for a tarifa de energia, mais rápido será o retorno do investimento.

Os resultados indicam que o LED gerou economia considerável de energia em condições de aviários e possui características ideais para a produção de frangos de corte. No entanto, o elevado preço atual das lâmpadas de LED torna o prazo de retorno do investimento muito longo, mesmo sem considerar uma taxa de oportunidade para o projeto.

Verificou-se que aos poucos cresce o número de fornecedores no mercado brasileiro de lâmpadas próprias para avicultura. A concorrência neste mercado poderá baixar o custo da tecnologia para os próximos anos. Por ser uma tecnologia emergente, há a necessidade de estudos que investiguem os resultados econômicos que a iluminação de LED pode gerar para a produção de frangos de corte, assim como outros meios de iluminação com LED na produção avícola.

REFERÊNCIAS

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 40, n. 1, p.1-14, 2011.

BORILLE, R.; GARCIA, R. G.; ROYER, A. F.; SANTANA, M. R.; COLET, S.; NAAS, I. A.; CALDARA, F. R.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; ROSA, E. S.; CASTILHO, V. A. R. The use of light-emitting diodes (LED) in commercial layer production. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas – SP, v. 15, n. 2, p. 135-140, 2013.

BENSON, E. R.; HOUGENTOGLER, D. P.; MCGURK, J.; et al. Durability of incandescent, compact fluorescent, and light emitting diode lamps in poultry conditions. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 29. P. 103-111, 2013.

BOURGET, C. M. An introduction to light-emitting diodes. **Hort Science**, v. 43, n. 7, p. 1944-1946, 2008.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. PORTARIA INTERMINISTERIAL Nº 1.007, DE 31 DE DEZEMBRO DE 2010. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/legislacao/portaria_interministerial/Portaria_MME-MCT-MDIC_n_1.007-2010.pdf>. Acesso em: agosto de 2014.

CAO, J.; WANG, Z.; DONG, Y.; ZHANG, Z.; LI, J.; LI, F.; CHEN, Y. Effect of combinations of monochromatic lights on growth and productive performance of broilers. **Poultry Science**, College Station, v. 91, n.12, p. 3013-3018, 2012.

CHADDAD, F. R.; JANK, M. S. The evolution of agricultural policies and agribusiness development in Brazil. **Choices**, v. 21, n. 2, p. 85-90, 2006.

CHEN, Y.; CAO, J.; LIU, W.; WANG, Z.; XIE, D.; JIA, L. Green and blue monochromatic lights promote growth and development of broilers via stimulating testosterone secretion and myofiber growth. **Journal of Applied Poultry Research**, Gainesville, v.17 n.2, p.211-218, 2008.

DEEP, A.; SCHWEAN-LARDNER, K.; CROWE, T.G. et al. Effect of light intensity on broiler production, processing characteristics, and welfare. **Poultry Science**, v. 89, n. 11, p. 2326-2333, 2010.

FREITAS, H. J.; COTTA, J. T. de B.; OLIVEIRA, A. I.G.; et al. Avaliação de programas de iluminação sobre o desempenho zootécnico de poedeiras leves. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 424-428, mar./abr., 2005.

Farm Animal Welfare Council (FAWC). **Report on the welfare of broiler chickens**. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, p. 9, paragraph 35–38, 1992.

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

JÁCOME, I. M. D. T. **A. Diferentes sistemas de iluminação artificial usados no alojamento de poedeiras leves**. Campinas - SP, 2009. 120 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

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.

LEDGEL. Led Gel Brasil, Website. Disponível em: <<http://www.ledgel.com.br/>>. Acesso em: agosto de 2014.

LEWIS, P. D.; MORRIS, T. R. Poultry and coloured light. **World's Poultry Science Journal**. 56:189-207, 2000.

LEWIS, P. D.; MORRIS, T. **Poultry Lighting – the theory and practice**. Northcot: United Kingdom. 380 p. 2006.

LIU, W.; WANG, Z.; CHEN, Y. Effects of monochromatic light on developmental changes in satellite cell population of pectoral muscle in broilers during early posthatch period. **Anatomical Record** (Hoboken). v. 293, n. 8, p. 1315-24, 2010.

MENDES, A. A. A cadeia avícola brasileira. In: MACARI, M; MENDES, A.A.; MENTEN, J. F.; NÄÄS, I. A. (Orgs.). **Produção de Frangos de Corte**. Campinas: Facta, 2. ed. p. 1-12, 2014.

MENDES, A. A.; PAIXÃO, S. J. ; RESTELATTO, R. et al. Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 1, p. 62-70, 2013.

MENDES, A. S.; REFFATI, R.; RESTELATTO, R. PAIXÃO, S. J. Visão e iluminação na avicultura moderna. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 16, n. 1-4, p. 05-13, jan-dez, 2010.

MENDES, A. A; SALDANHA, E. S. P. B.. A cadeia produtiva da carne de aves no Brasil. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M. (Orgs.). **Produção de Frangos de Corte**. Campinas: Facta, p. 1-18, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Estatísticas e Dados Básicos de Economia Agrícola** – Junho de 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: julho de 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Brasil Projeções do Agronegócio 2011/12 a 2021/22**. Brasília, 2012, 50 p. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: maio de 2013.

MOBARKEY, N.; AVITAL, N., HEIBLUM, R.; ROZENBOIM, I. The role of retinal and extra-retinal photostimulation in reproductive activity in broiler breeder hens. **Domestic Animal Endocrinology**. Auburn, v. 38, n. 4, p. 235–243, 2010.

MORAES, D. T. et al. Efeitos dos programas de luz sobre desempenho, rendimento de carcaça e resposta imunológica em frangos de corte. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 1, p. 201-208, 2008.

NEWNAN, D. G.; LAVELLE, J. P. **Fundamentos de Engenharia Econômica**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

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

OSRAM. Osram do Brasil, Website. Disponível em: <<http://www.osram.com.br/>>. Acesso em: junho de 2014.

PAIXÃO, S. J.; MENDES, A. S.; RESTELATTO, R.; MAROSTEGA, J.; SOUZA, C. de.; POSSSENTI, J. C. Desempenho produtivo de frangos de corte criados com dois tipos de lâmpadas. In: I SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E BIOLÓGICAS, V SEMINÁRIO: SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 7 CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UTFPR – CÂMPUS DOIS VIZINHOS, **Anais...** Dois Vizinhos: UTFPR, p. 339, 2011.

PINTO, R. A.; COSETIN, M. R.; MARCHESAN, T. B. et al. Lâmpada Compacta Empregando LEDs de Alto-Brilho. In: **Congresso Brasileiro de Automática, CBA**. 2008.

PHILIPS. Guia prático Philips Iluminação. 2009. Disponível em: <<http://www.philips.com.br/>>. Acesso em: novembro de 2013.

PRESCOTT, N. B.; WATHES, C. M. Light, poultry and vision. In: 6th International Symposium in Livestock Environment, Louisville, Proceedings. **Anais...** ASAE Publication Number 701, 2001.

PRESCOTT, N. B.; WATHES, C. M. Spectral sensitivity of the domestic fowl (*Gallus g. domesticus*). **British Poultry Science**. Edinburgh, v. 40, n. 3, p. 332-339, 1999.

ROZENBOIM, I.; ROBINZON, B.; ROSENSTRAUCH, A. Effect of light source and regimen on growing broilers. **British Poultry Science**, v. 40, n. 4, p. 452-457, 1999.

ROZENBOIM, I.; BIRAN, I.; CHAISENA, S.; et al. The effect of a green and blue monochromatic light combination on broiler growth and development. **Poultry Science**, v. 83, n. 5, p. 842-845, 2004.

RUTZ, F.; SILVA, F. H. A.; NUNES, J. K. Fundamentos de um programa de luz para frangos de corte. In: MACARI, M; MENDES, A.A.; MENTEN, J. F.; NÄÄS, I. A. (Orgs.). **Produção de Frangos de Corte**. Campinas: Facta, 2. ed. p. 225-250, 2014.

SHERWIN, C. M.; LEWIS, P. D.; PERRY, G. C. The effects of environmental enrichment and intermittent lighting on the behaviour and welfare of male domestic turkeys. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 62, n. 4, p. 319-333, 1999.

UDDIN, Sohel; SHAREEF, Hussain; MOHAMED, Azah. Power quality performance of energy-efficient low-wattage LED lamps. **Measurement**, v. 46, n. 10, p. 3783-3795, 2013.

WATKINS, S. **Poultry Lighting: LED Bulbs Provide Energy Savings and Durability**. Division of Agriculture, Research & Extension, University of Arkansas

System, 2011. Disponível em: < <http://poultryscience.uark.edu/4474.php>>. Acesso em: nov. de 2013.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO LED EM AVIÁRIO DARK HOUSE: UM ESTUDO DE CASO

ANÁLISE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO LED EM AVIÁRIO DARK HOUSE: UM ESTUDO DE CASO

RESUMO

A introdução do Diodo Emissor de Luz (LED) à produção de frangos de corte apresenta uma tendência praticamente irreversível, assim como ocorreu com a introdução das lâmpadas fluorescentes compactas (LFC). Verificou-se que há carência de estudos, por ser uma tecnologia nova e em fase de experimentação, que avaliem a viabilidade econômica de um sistema de iluminação LED na produção de frangos de corte, sobretudo ao considerar que o preço desta lâmpada ainda encontra-se elevado. Portanto, propõe-se avaliar a viabilidade econômica da iluminação LED na produção de frangos de corte. Realizou-se um estudo de caso, comparando o consumo de energia de um aviário *Dark House* com iluminação LFC a outro, com iluminação LED, ambos com as mesmas características quanto à estrutura e capacidade de produção. Por meio de métodos determinísticos de análise de investimentos, avaliaram-se os fluxos de caixa e o custo inicial do projeto, determinando seus indicadores. Os resultados indicaram inviabilidade do projeto de implantação de iluminação LED em aviário *Dark House*. Caso o preço da lâmpada de LED venha reduzir seu valor em 40%, a iluminação LED poderá ser uma alternativa viável na produção de frangos de corte, pois os resultados indicam que o LED economizou 72% de kWh em relação à LFC.

Palavras-chave: Agronegócio; Avicultura; Diodo Emissor de Luz; Sistema de Iluminação; Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

The introduction of Light Emitting Diode (LED) to produce broiler features a virtually irreversible trend, as occurred with the introduction of compact fluorescent lamps (CFL). There is a lack of studies, to be a new and at the experimental stage, to evaluate the economic feasibility of an LED lighting system in broiler production technology, especially when considering the price of this lamp is still high. Therefore, it is proposed to evaluate the economic viability of LED lighting in the broilers production. It was performed a case study comparing the energy consumption of a Dark House aviary with CFL lighting to LED, both with the same characteristics as the structure and production capacity. By deterministic methods of investment analysis, It was evaluated the cash flows and the initial cost of the project, determining its indicators. The results indicate economic infeasibility of deployment of the project to replace lighting by LED in Dark House aviary. If the lamp price reduces by approximately 35%, LED light can be a viable alternative to broilers production, as the results indicate that LED lamps saved 72% kWh compared to CFL.

Key words: Agribusiness; Poultry; Light Emitting Diode; Lighting System; Economic Viability.

1 INTRODUÇÃO

A iluminação para frangos de corte tem a finalidade de permitir melhor ingestão de ração e água, crescimento e adaptação nos primeiros dias de vida. A qualidade, intensidade, fotoperíodo e cor da luz interferem no comportamento e desenvolvimento das aves (MENDES et al., 2010; BENSON et al., 2013). O programa de iluminação

ideal deve objetivar a maximização da produção e redução do consumo de ração e do gasto de energia elétrica (FREITAS et al., 2005).

Recentemente, uma nova tecnologia em iluminação artificial vem sendo empregada nos sistemas de produção de frangos de corte do Brasil, em substituição às lâmpadas fluorescentes compactas. A introdução do Diodo Emissor de Luz (LED), que apresentam alta eficiência luminosa e energética, e elevada vida útil, à produção de frangos de corte apresenta uma tendência praticamente irreversível, assim como ocorreu com a introdução das lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) após a crise energética de 2001 (RUTZ et al., 2014; PINTO et al., 2008).

Diante desta nova demanda, pesquisas foram desenvolvidas avaliando o desempenho, o bem-estar, o rendimento de carcaça, a resposta imunológica e a preferência de frangos de corte submetidos a diferentes tipos de programas iluminação com lâmpadas LED, conforme pode ser verificado em: Rozemboim et al. (1999), Xie et al. (2008), Deep et al. (2010), Borille et al. (2013), Kim et al. (2013), Mendes et al. (2013). Porém, verifica-se que há carência de estudos, tanto na literatura nacional como internacional, por ser uma tecnologia nova e em fase de experimentação, que avaliem a viabilidade econômica de um sistema de iluminação com LED na produção de frangos de corte, sobretudo ao considerar que o preço desta lâmpada ainda encontra-se elevado.

A decisão de investir no negócio ou até mesmo da substituição de equipamentos passa pelo processo de planejamento e análise econômica do projeto. No caso de substituição de um sistema de iluminação em aviários, esta pode ser considerada uma decisão crítica para o produtor rural, pois elas geralmente são irreversíveis, ou seja, não têm liquidez e comprometem o capital de giro (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010). Neste sentido, uma alteração no sistema iluminação também demanda planejamento, estimativa do valor a ser investido e, por conseguinte, a sua avaliação de viabilidade econômica, conforme proposto por este trabalho.

Diante do exposto, este artigo propõe avaliar a viabilidade econômica da substituição da iluminação LFC por LED na produção de frangos de corte. Para atingir este objetivo realizou-se um estudo de caso, comparando o consumo de energia de um aviário *Dark House* com iluminação LFC a outro, com iluminação LED, ambos com as mesmas características quanto à estrutura e capacidade de produção. Por meio de

métodos determinísticos de análise de investimentos, avaliaram-se os fluxos de caixa e o custo inicial do projeto, determinando seus indicadores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Custos de energia elétrica na produção de frangos de corte

No ambiente competitivo do agronegócio, a gestão de custos e a produção sustentável são elementos indispensáveis à permanência de empresas neste mercado. No entanto, o empresário rural acaba se envolvendo muito no setor produtivo, permanecendo muitas vezes à margem das grandes tendências tecnológicas e pode levar seu empreendimento fracassar. Neste sentido, há a necessidade da determinação dos custos como ferramenta de gestão agropecuária e como ação de competitividade (CARVALHO et al., 2008).

Após a determinação dos custos é possível contabilizá-los. O maior custo advém do consumo de ração e do preço pago pelos pintinhos de 1 dia, conforme apresentados por Carvalho et al. (2008) (Tabela 1). O ciclo apresentado produziu 142.000 frangos de corte, assim pode-se considerar que o custo de energia elétrica para cada unidade foi de R\$ 0,04. A princípio, este custo pode parecer irrelevante, porém, considerando que a margem líquida deste período (70 dias) foi de R\$ 1.843,04 e a quantidade de animais produzidos, uma melhor eficiência do sistema de iluminação poderia elevar consideravelmente a lucratividade do produtor. Neste caso específico, se o custo com energia baixasse R\$ 0,005 apenas por unidade, haveria a possibilidade de uma diminuição do custo de R\$ 710,00.

Tabela 1. Composição dos custos de produção e comercialização de frangos de corte, valor total durante o ciclo, preço unitário do item de custo, valor dos itens de custos e percentual relativo de custos

Componentes	Valor Total	Preço Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	%
Custos Variáveis				
Ração (kg)	692.723	0,48	332.507,04	63,80
Pinto de um dia	146.000	0,58	84.680,00	16,25
Casca de Arroz (kg)	85.200	0,12	10.224,00	1,96
Aquecimento (carvão) (kg)	25.000	0,35	8.770,00	0,017
Desinfetantes	-	-	1.670,00	0,32
Medicamentos	-	-	6.500,00	1,25
Vacinas	-	-	2.500,00	0,48
Mão-de-obra (permanente)	16	1.074,44	17.191,00	3,30
Energia elétrica	-	-	5.733,00	1,10
Água	-	-	350,00	0,07
Combustíveis	-	-	8.162,00	1,57
Telefone (fixo + celular)	-	-	9.677,00	1,86
Supermercado (cesta básica + escritório)	-	-	1.353,00	0,26
Assistência técnica	-	-	2.333,00	0,45
Contabilidade	-	-	1.166,00	0,22
Impostos sobre vendas (Funrural)	142.000	0,0447	6.346,00	1,22
Diaristas	3	541,00	1.624,00	0,31
Premiação dos funcionários	-	-	700,00	0,13
Apanha de frangos (hora extra)	-	-	1.820,00	0,35
Encargos sociais (FGTS, INSS, confederativa)	-	-	1.236,00	0,24
Custo de comercialização	-	-	11.239,26	2,16
Custos fixos				
Depreciação	-	-	5.429,66	1,04
Total			521.210,96	100

Fonte: Carvalho et al. (2008).

Embora a energia elétrica não pareça ser a responsável pelos altos custos da avicultura, em torno de 1,1 % do total dos custos, de acordo com Carvalho et al. (2008), a diminuição do seu custo pode garantir um incremento na renda do produtor. Além disso, a utilização de energia elétrica na avicultura é de suma importância também na produção de pintinhos de um dia, ocorrendo assim consumo em todas as suas fases, desde a obtenção do ovo até a incubação (JORDAN; TAVARES, 2005).

O Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (EMBRAPA/CNPSA, 2014) monitora os custos de produção de frango de corte em todos os estados produtores. Os custos obtidos em um levantamento, referente ao estado de Mato Grosso do Sul, na Central de Informações de Aves e Suínos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Custos de Produção do Kg de frango de corte em Mato Grosso do Sul no ano de 2014

CUSTOS DE PRODUÇÃO DE FRANGO EM MATO GROSSO DO SUL	
ANO DE 2014 (Janeiro a Maio) - VALOR EM R\$/kg	
CLIMATIZADO NEGATIVO	
PRODUTOR	MÉDIA ANO
Custo Variável (A)	0,1105
Água	0
Calefação	0,0144
Cama	0,0279
Energia Elétrica	0,0204
Funrural	0,0012
Licença Ambiental	0
Manutenção	0,0063
Mão de obra (permanente)	0,0345
Seguro	0,0023
Despesas Financeiras (sobre capital de Giro)	0,0007
Eventuais	0,0032
Custo Fixo (B)	0,0545
Depreciação	0,0337
Remuneração sobre capital médio	0,0208
Custo Total do produtor (A + B)	0,1650
AGROINDÚSTRIA	MÉDIA ANO
Custo Variável (C)	1,7665
Água	0,0007
Assistência técnica	0,0138
Pintos	0,2547
Produtos Veterinários	0,0065
Ração	1,3374
Serviço de apanha	0,0385
Transportes	0,1038
Despesas Financeiras (sobre capital de Giro)	0,0112
Eventuais	0
Custo Fixo (D)	0
Depreciação	0
Remuneração sobre capital médio	0
Custo Total da Agroindústria (C+D)	1,7665
TOTAL	
Custo Variável (A + C)	1,8771
Custo Fixo (B + D)	0,0545
Custo Total (A + B + C + D)	1,9315

Fonte: adaptado de EMBRAPA/CNPSA (2014).

Ao considerar o peso médio de cada frango abatido (em torno de 3,0 kg), verifica-se que o custo de energia para o referido Estado (R\$ 0,06 – 0,0204 x 3,0 kg) é muito próximo ao apresentado por Carvalho et al. (2008), considerando ano de publicação deste estudo.

A redução com custos de energia está atrelada ao desenvolvimento de sistemas de iluminação mais eficientes (JORDAN; TAVARES, 2005). Neste contexto, verifica-se que a avicultura tem evoluído consideravelmente. Turco et al. (2002) apresentaram um estudo em que a iluminação correspondia a até 50% do custo total de energia, dependendo da estação climática, em aviários abertos com iluminação incandescente. Watkins (2011) observou que a iluminação incandescente pode corresponder a até 40% do custo operacional elétrico e o consumo eficiente de energia pode ajudar a reduzir os custos de produção.

No entanto, verifica-se que após a crise energética de 2001 o setor avícola procurou se adaptar em busca de eficiência energética, introduzindo sistemas de iluminação alternativos às lâmpadas incandescentes (JORDAN; TAVARES, 2005).

A introdução dos sistemas *Dark House* trouxe mais dependência energética em contraposição ao controle mais eficiente da climatização e iluminação ambiente (ABREU; ABREU, 2011). Porém, o custo com iluminação em instalações *Dark House* torna-se relativamente baixo, devido à proporção de utilização de energia para manter o sistema de climatização ser bem maior que nos aviários convencionais.

3 METODOLOGIA

3.1 Métodos de Avaliação Econômica de Investimentos

A avaliação econômica de investimentos é um instrumento utilizado para a tomada de decisão dos gestores, auxiliando antes e/ou depois da decisão de investir, pois revela o retorno sobre o investimento (KASSAI et al., 2005). Existem vários métodos de avaliação econômica de investimentos. Um deles é o método do valor presente líquido (VPL), que é o mais usado dentre os métodos desta categoria (KASSAI et al., 2005; PUCCINI, 2011).

O Valor Presente Líquido de um fluxo de caixa corresponde ao valor presente de suas parcelas futuras, descontadas a uma taxa de desconto (i). Essa taxa de desconto também pode ser denominada de retorno requerido, custo de capital ou custo de oportunidade. Na análise de investimentos o VPL deverá ser maior que zero para o investimento ser aceito (GITMAN, 2010; PUCCINI, 2011). De acordo com Gitman (2010), a expressão genérica do VPL é dada por:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (1)$$

$$= \sum_{t=1}^n (FC_t \times FCP_{r,t}) - I_0 \quad (1.2)$$

Em que,

FC_t = saldos de fluxos de caixa descontados durante o período t ;

I_0 = investimento inicial;

FCP = entradas de caixa descontados durante o período t ;

r = taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade;

n = vida útil do projeto.

Assim, o VPL é obtido subtraindo-se do valor presente de seus fluxos de caixa (FC_t), o valor do investimento inicial de um projeto (I_0) – ou investimento já realizado – descontados à taxa de custo de capital do empreendimento (r).

Associado ao conceito de VPL está a taxa interna de retorno (TIR). Ambas são técnicas sofisticadas de orçamentos de capital (GITMAN, 2010). Para se obter a TIR, o fluxo de caixa é descontado a taxa em que o seu VPL seja igual a zero. Puccini (2011) esclarece que o VPL é igual a 0 quando os valores futuros, aplicados a uma determinada taxa de desconto, resultam em um valor presente de fluxo de caixa igual ao investimento inicial (I_0), ou seja, na data que se realiza o investimento (ponto zero). Assim, a TIR é a taxa de desconto em que o VPL é igual a 0 (ASSAF NETO, 2009). Esta condição é expressa pela equação apresentada por Gitman (2010):

$$\$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (2)$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = I_0 \quad (2.1)$$

Em que,

$FC_t =$ saldos de fluxos de caixa descontados durante o período t ;

$I_0 =$ investimento inicial;

$n =$ vida útil do projeto.

Deste modo, o projeto só deverá ser aceito se a TIR for maior que o custo do capital, garantindo assim que o empreendimento receba ao menos o retorno requerido.

Destarte, entende-se por custo de oportunidade como os fluxos de caixa que não foram, ou que não serão realizados, devido ao emprego de um ativo no projeto de investimento (GITMAN, 2010). Portanto, o conceito de custo de oportunidade é de grande valia em avaliações econômicas de investimentos, pois permite ao tomador de decisão escolher a melhor alternativa para o seu negócio, levando em consideração o custo da alternativa não escolhida. O custo de oportunidade não envolve desembolso financeiro, mas sim o que se deixou de auferir.

Outro indicador conveniente para auxiliar na decisão de investimento é o índice de lucratividade (IL), que pode ser mensurado pela razão resultante do valor presente das entradas e das saídas de fluxo de caixa (ASSAF NETO, 2009). A equação do IL pode ser expressa por:

$$IL = \left[\frac{\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \right] \cdot \left[\frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \therefore IL = \frac{VPL}{I_0} + 1 \quad (3)$$

Em que,

$FC_t =$ saldos de fluxos de caixa descontados durante o período t ;

$I_t =$ os fluxos de pagamentos (ou custos/despesas) descontados durante o período t ;

$I_0 =$ investimento inicial;

$i =$ taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade;

$n =$ vida útil do projeto.

O resultado deste indicador deverá ser maior que 1 para que seja considerado viável, pois os benefícios (entradas) serão maior que os custos (saídas) considerando o custo de oportunidade do capital investido, logo, o VPL neste caso será positivo (ASSAF NETO, 2009).

Arelado ao IL há a taxa de rentabilidade (TR), a qual consiste na relação entre o VPL, determinado a partir da taxa de desconto e o valor do investimento inicial (ou

valor presente dos desembolsos realizados no período) (ASSAF NETO, 2009). A TR é representada por:

$$TR = \frac{VPL}{I_0} \quad (4)$$

Ao considerar que as atividades agropecuárias são passíveis de riscos, assim como existe riscos e incertezas inerentes à execução de um novo projeto, torna-se interessante também avaliá-lo por meio de técnicas de avaliação de riscos (FIGUEIREDO et al., 2006). Entretanto, existem vários métodos de avaliação de riscos de investimentos (KASSAI et al., 2005), dentre os quais se destaca a análise de sensibilidade, esta simula o efeito de uma variável (dado de entrada) sobre os resultados (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010).

Assim, se uma pequena variação neste dado de entrada altera drasticamente a rentabilidade de um projeto, afirma-se que ele é muito sensível a esta variável e a empresa poderá encontrar alternativas para solucionar o problema (ASSAF NETO, 2009). Neste sentido, simulou-se a sensibilidade da variável preço da lâmpada LED, a qual se mostrou como um fator determinante nos resultados obtidos.

Diante do exposto, verifica-se que os métodos de avaliação econômica de investimentos e de riscos podem auxiliar a tomada de decisão do avicultor, ou até mesmo da integradora, em substituir o sistema de iluminação dos seus aviários.

3.2 Fonte de dados

Foram avaliados dois aviários *Dark House* com as mesmas características quanto à estrutura e tamanho, porém um possui sistema de iluminação com LED e outro com iluminação fluorescente, ambos localizados em uma única propriedade rural e pertencentes à mesma integradora.

A propriedade fica localizada na região de Itaquirá – MS, longitude 54° 11' 6" W, latitude 23° 28' 26" S. com orientação Leste-Oeste. As dimensões dos aviários são 150x15m, com pé-direito de 3,80 m, o qual se caracteriza por ventilação negativa, exaustores, nebulizadores de alta pressão, controladores de ambiente, controladores de

intensidade luminosa e de paredes negras, com aquecimento automático posicionado no início do galpão e distribuído por tubos metálicos (Apêndice Figura 1).

As linhagens criadas pela integradora são *Hubbard* e *Cobb* de lotes mistos (machos e fêmeas), com período médio de criação de 45 dias, em densidade de 14 aves/m², com média de 31.500 aves por alojamento.

Os dados de consumo de energia elétrica do sistema de iluminação foram coletados nos painéis de controle de energia dos aviários durante o período de 1º de agosto de 2013 a 30 de julho de 2014, correspondendo a 6 ciclos de criação de frangos de corte.

Os programas de luz utilizados nos dois projetos durante o desenvolvimento da pesquisa constam na Tabela 3.

Tabela 3. Programa de Luz utilizado nos aviários *Dark Houses* avaliados

Idade da ave	Fotoperíodo	Iluminância
até 7 dias	23 h	25 lx
8 a 21 dias	18 h	5 lx
22 a 35 dias	20 h	5 lx
36 a 45 dias	22 h	5 lx

Fonte: elaborada pela autora com base nos relatórios internos do integrado.

Ambos os aviários possuíam 144 lâmpadas. O aviário de iluminação LED foi denominado Aviário 1 e suas lâmpadas foram desenvolvidas especialmente para condições de aviários. Já o sistema de iluminação do Aviário 2 possui LFCs de duas potências (7 e 15 W) intercaladas na área do pinteiro e equidistantes entre si, e o restante da área possui apenas lâmpadas de 15 W.

Esta granja faz parte de um projeto de testes patrocinado por uma empresa que comercializa lâmpadas de LED próprias para avicultura no Brasil. A lâmpada de LED utilizada foi a de 6 W dimerizável, com vida útil estimada de 30.000 horas e com garantia de 36 meses do fabricante, se instalada com o bocal próprio.

A mensuração do consumo de energia elétrica dos aviários, o levantamento dos custos de implantação (investimento inicial) do projeto de iluminação por lâmpadas de LED e a análise do fluxo de caixa do empreendimento durante o período de um ano possibilitaram a avaliação econômica proposta por esta pesquisa. As informações

obtidas em um exercício financeiro foram utilizadas como base para a simulação dos próximos quatro anos, corrigida pelo teto da meta de inflação (6,5% a.a.) estipulada pelo Banco Central do Brasil (BCB, 2014).

A taxa de desconto, ou custo de oportunidade, estipulada para o projeto foi de 11%¹ (Taxa Selic) e a tarifa de energia foi considerada a mesma das Notas Fiscais de energia elétrica da propriedade, R\$ 0,38/ kWh.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento do consumo de energia elétrica dos aviários foi realizado durante um ano, correspondendo a seis ciclos de criação. Os dados de consumo de kWh de energia em cada aviário, custo total com energia, quantidade de animais produzidos e custo de energia por cabeça de frango, em cada um dos aviários, estão demonstrados na Tabela 4. Verificou-se uma economia de 4.492 kWh com iluminação no período observado, o que correspondeu a R\$ 1.709,24.

Os resultados indicam que o custo com iluminação para o Aviário 1 (LED) corresponde a 3% do custo operacional elétrico e para o Aviário 2 (LFC), a proporção é de 10%. Verifica-se, portanto, que a redução do custo com iluminação na avicultura nos últimos anos foi resultado de melhorias nestes sistemas.

As lâmpadas LEDs utilizadas no Aviário 1 são desenvolvidas especialmente para o mercado de aves. Apresentam resistência à umidade, quedas e vibrações; não emitem calor; permitem o controle de iluminância (dimerizável de 0 a 100%); encontram-se disponíveis em diferentes comprimentos de onda; diminuem o manejo de lâmpadas; não produzem poluição eletromagnética; além de terem uma vida útil cerca de cinco vezes maior que as LFCs (MENDES et al., 2013; WATKINS, 2011; PINTO et al., 2008).

No entanto, testes realizados por Benson et al. (2013) demonstraram uma maior diminuição da produção de luz ao longo da vida útil do LED em relação às LFCs testadas. O aumento da expectativa de vida da lâmpada aumenta a sua taxa de degradação.

¹ Referente a outubro de 2014.

Tabela 4. Consumo de energia durante um ano em aviários *Dark House* com iluminação LED e LFC

AVIÁRIO 1 - LED									
LOTE	CHEGADA	ABATE	DIAS DE ALOJAMENTO	CONSUMO kWh GERAL	CONS. kWh ILUMINAÇÃO	INTERV. ENTRE LOTES	LINH.	AVES ALOJADAS	AVES ABATIDAS
1	04/08/2013	20/09/2013	47	8.650	279	-	<i>cobb</i>	31.500	30.543
2	29/09/2013	16/11/2013	48	10.728	282	8	<i>cobb</i>	31.500	29.868
3	24/11/2013	08/01/2014	45	11.935	273	7	<i>cobb</i>	30.375	27.650
4	01/02/2014	21/03/2014	48	10.107	282	23	<i>hubbard</i>	31.500	30.381
5	09/04/2014	27/05/2014	48	8.216	283	18	<i>hubbard</i>	30.700	29.857
6	11/06/2014	30/07/2014	49	7.989	285	14	<i>hubbard</i>	31.000	29.390
Média de dias alojados			47,5						
Total kWh anual				57.625			Totais =	186.575	177.689
Total kWh anual com iluminação LED					1.684				
Custo Total com energia (em R\$)				21.897,50	Custo de energia por cabeça de frango (em R\$)				0,123234978
AVIÁRIO 2 - LFC									
LOTE	CHEGADA	ABATE	DIAS DE ALOJAMENTO	CONSUMO kWh GERAL	CONS. kWh ILUMINAÇÃO	INTERV. ENTRE LOTES	LINH.	AVES ALOJADAS	AVES ABATIDAS
1	02/08/2013	19/09/2013	48	9.403	1.031	-	<i>cobb</i>	32.000	30.190
2	27/09/2013	15/11/2013	49	11.492	1.045	6	<i>cobb</i>	31.500	30.136
3	23/11/2013	11/01/2014	49	12.706	1.047	7	<i>cobb</i>	31.500	29.352
4	31/01/2014	21/03/2014	49	10.873	1.044	19	<i>hubbard</i>	31.500	30.236
5	09/04/2014	26/05/2014	47	8.953	1.018	18	<i>hubbard</i>	30.375	29.507
6	10/06/2014	25/07/2014	45	8.696	991	14	<i>hubbard</i>	31.500	30.414
Média de dias alojados			47,8						
Total kWh anual				62.123			Totais =	188.375	179.835
Total kWh anual com iluminação LFC					6.176				
Custo Total com energia (em R\$)				23.606,74	Custo de energia por cabeça de frango (em R\$)				0,131268885

A vida útil estimada para o projeto foi de 5 anos, considerando que o total de horas que a lâmpada fica ligada é de 6.000 horas ao ano. Baseando-se no fluxo de caixa de um ano de funcionamento do sistema LED, projetaram-se os fluxos de caixa esperados para os próximos anos, corrigidos pela meta atual de inflação de 4,5% a.a., conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5. Fluxo de Caixa – Projeto de implantação de iluminação LED em aviário *Dark House* (em R\$)

DISCRIMINAÇÃO	ANO I	ANO II	ANO III	ANO IV	ANO V
Investimento	(12.119,20)				
Benefício anual (economia de energia e de substituição de lâmpadas)	2.522,74	2.686,72	2.861,35	2.353,39	2.506,36

Fonte: elaborado pela autora.

O valor do investimento inicial corresponde a 144 lâmpadas LED, ao custo unitário de R\$ 54,30, totalizando R\$ 7.819,20; ao *dimmer* para controle da iluminância ideal ao custo de R\$ 1.300,00; e, ao serviço de instalações e às adaptações elétricas (bocais vedados) ao custo de R\$ 3.000,00, totalizando R\$ 12.119,20.

O cálculo dos benefícios (entradas) esperados de caixa, ou melhor, dos valores que o produtor deixará de pagar com custo de energia elétrica e com as substituições de lâmpadas LFCs que falharam, encontra-se demonstrado na Tabela 6. Até o terceiro ano do investimento não se contabilizou o custo de substituição de LEDs que poderão falhar, visto que a lâmpada utilizada tem 36 meses de garantia do fabricante. Porém, a partir do 3º ano, os custos com substituição de LED foram deduzidos dos benefícios de caixa. Com base nas observações de um ano de acompanhamento, a lâmpada LED apresentou em média uma falha ao mês.

Tabela 6. Benefícios esperados com a implantação de iluminação LED em aviário *Dark House*

Benefícios esperados de caixa (em R\$)	
Economia de energia	1.709,24
Economia com substituição LFC	813,50
Total de economia	2.522,74
Custo com substituição LED (valor deduzido a partir do 3º ano)	(651,60)

Fonte: elaborado pela autora.

Os resultados do VPL e da TR obtidos, descontados a taxa de desconto de 11%, foram negativos para o projeto em questão. A TIR anual foi de 1,30% e o IL foi menor que 1, indicando a inviabilidade do projeto (Tabela 7).

Tabela 7. Resultados da avaliação econômica do projeto de implantação de iluminação LED em aviário *Dark House*, incluindo análise de sensibilidade para o preço da lâmpada

Taxa de redução no preço da lâmpada	Valor da lâmpada (em R\$)	Valor Presente Líquido	Taxa Interna de Retorno anual	Índice de Lucratividade	Taxa de Rentabilidade
0%	54,30	-2.536,01	1,30%	0,790744	-20,93%
↓ 5%	51,59	-2.145,77	1,97%	0,817054	-18,29%
↓ 10%	48,87	-1.754,09	2,66%	0,845281	-15,47%
↓ 15%	46,16	-1.363,85	3,39%	0,875414	-12,46%
↓ 20%	43,44	-972,17	4,14%	0,907898	-9,21%
↓ 25%	40,73	-581,93	4,93%	0,942752	-5,72%
↓ 30%	38,01	-190,25	5,76%	0,980534	-1,95%
↓ 35%	35,30	201,43	6,63%	1,02147	2,15%
↓ 40%	32,58	591,67	7,54%	1,065803	6,58%
↓ 45%	29,87	983,35	8,50%	1,114345	11,43%
↓ 50%	27,15	1.373,59	9,51%	1,167315	16,73%

Fonte: elaborado pela autora.

Embora a iluminação LED reduza consideravelmente o consumo de kWh, este fator não foi determinante para a viabilidade do projeto. O custo do investimento inicial, sobretudo o preço da lâmpada, apresenta-se como entrave para a viabilidade econômica da utilização do LED na produção de frangos de corte.

Verificou-se a sensibilidade do projeto quanto ao preço da lâmpada. Como o VPL e a TR já são negativos para o valor de R\$ 54,30 da lâmpada, simulou-se apenas a possibilidade de quedas gradativas no preço da lâmpada, considerando, de acordo com Pinto et al. (2008), que esta seja a tendência esperada de uma tecnologia emergente. A simulação demonstra que quando o preço da lâmpada reduzir aproximadamente 35% em relação ao seu preço atual é que o VPL e a TR passam a ser positivos e, o IL apresenta o valor maior que 1, indicando a viabilidade econômica do projeto.

Porém, ao considerar a TIR anual com 50% de desconto no preço da lâmpada, verifica-se que a sua taxa (8,61%) ainda está inferior ao custo de oportunidade (11%) determinado para o investimento.

No entanto, aspectos relacionados ao bem-estar e desempenho produtivo também devem ser consideradas no momento de implantação de um sistema de iluminação, pois é consenso na literatura que o bem-estar das aves influencia o seu desenvolvimento e a iluminação é um dos fatores mais críticos desta questão (MENDES et al., 2010).

Assim, verifica-se que o programa de luz relacionado com as fases de criação das aves pode trazer grandes benefícios para a produção de frango de corte. Não obstante, a influência de diferentes tipos de iluminação pode afetar o bem-estar das aves, considerando o fato de elas possuírem uma sensibilidade espectral diferente da humana (MENDES et al., 2010).

O mecanismo de emissão de luz das lâmpadas fluorescentes apresenta pequenas oscilações, que embora seja imperceptível aos humanos, é provável que ela seja percebida pelas aves (PRESCOTT; WATHES, 2001). Neste aspecto, a lâmpada LED assemelha-se à incandescente, que era considerada mais apropriada, por produzir luz a uma taxa constante de iluminância e comprimento de onda mais longa que a lâmpada fluorescente, possibilitando mais conforto e visão mais precisa para as aves (WATKINS, 2011; MENDES et al., 2010).

Neste sentido, caso o preço da lâmpada venha reduzir seu valor em aproximadamente 35%, a iluminação por lâmpadas LED poderá ser uma alternativa viável na produção de frangos de corte, pois os resultados indicam que o LED economizou 72% de kWh em relação à LFC.

5 CONCLUSÕES

Embora a iluminação por lâmpadas de LED reduza consideravelmente o consumo de energia, este fator não foi determinante para a viabilidade do projeto. Os resultados obtidos indicam inviabilidade econômica do projeto de substituição de iluminação LFC por lâmpadas de LED em aviário *Dark House*, nas condições apresentadas por este estudo de caso.

Caso o preço da lâmpada de LED venha reduzir seu valor em aproximadamente 35%, este tipo de iluminação poderá ser uma alternativa viável na produção de frangos de corte, pois os resultados indicam que a lâmpada de LED economizou 72% de kWh em relação à LFC.

Sugere-se que a avaliação econômica de iluminação LED seja aplicada à avicultura de postura, considerando que o sistema climatizado desta atividade utiliza mais energia do que na produção de frangos de corte.

REFERÊNCIAS

- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v. 40, n. 1, p.1-14, 2011
- ASSAF NETO, A. **Matemática financeira e suas aplicações**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB. **Metas para inflação**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pec/reinf/normativos.asp>>. Acesso em: agosto de 2014.
- BORILLE, R.; GARCIA, R. G.; ROYER, A. F.; SANTANA, M. R.; COLET, S.; NAAS, I. A.; CALDARA, F. R.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; ROSA, E. S.; CASTILHO, V. A. R. The use of light-emitting diodes (LED) in commercial layer production. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas – SP, v. 15, n. 2, p. 135-140, 2013.
- BENSON, E. R.; HOUGENTOGLER, D. P.; MCGURK, J.; et al. Durability of incandescent, compact fluorescent, and light emitting diode lamps in poultry conditions. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 29. P. 103-111, 2013.
- CARVALHO, F. M.; FIÚZA, M. A.; LOPES, M. A. Determinação de custos como ação de competitividade: estudo de um caso na avicultura de corte. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 32, p. 908-913, maio/junho, 2008.
- CASAROTTO FILHO, N; KOPITTKKE, B. H. **Análise de Investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, decisão empresarial. 11. ed. São Paulo : Atlas, 2010.
- DEEP, A.; SCHWEAN-LARDNER, K.; CROWE, T.G. et al. Effect of light intensity on broiler production, processing characteristics, and welfare. **Poultry Science**, v. 89, n. 11, p. 2326-2333, 2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA / CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SUÍNOS E AVES – CNPSA. **Central de Informação de Aves e Suínos**. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/dados/custo.php#>>. Acesso em: junho de 2014.
- FIGUEIREDO, A. M.; SANTOS, P. A.; SANTOLIN, R. S.; REIS, B. S. Integração na criação de frangos de corte na microrregião de Viçosa-MG: viabilidade econômica e análise de risco. **Revista de economia e sociologia rural**, v. 44, n. 4, p. 713-730, 2006.

FREITAS, H. J.; COTTA, J. T. de B.; OLIVEIRA, A. I.G.; et al. Avaliação de programas de iluminação sobre o desempenho zootécnico de poedeiras leves. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 424-428, mar./abr., 2005.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 12 ed. São Paulo: Pearson Education – Br, 2010.

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.

KASSAI, J. R.; CASANOVA, S. P. C.; SANTOS, A.; ASSAF NETO, A. Retorno de Investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2005.

KIM, M. J. et al. Growth performance and hematological traits of broiler chickens reared under assorted monochromatic light sources. **Poultry science**, v. 92, n. 6, p. 1461-1466, 2013.

MENDES, A. A.; PAIXÃO, S. J.; RESTELATTO, R. et al. Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 1, p. 62-70, 2013.

MENDES, A. S.; REFFATI, R.; RESTELATTO, R. PAIXÃO, S. J. Visão e iluminação na avicultura moderna. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 16, n. 1-4, p. 05-13, jan-dez, 2010.

MORAES, D. T. et al. Efeitos dos programas de luz sobre desempenho, rendimento de carcaça e resposta imunológica em frangos de corte. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 1, p. 201-208, 2008.

PINTO, R. A.; COSETIN, M. R.; MARCHESAN, T. B. et al. Lâmpada Compacta Empregando LEDs de Alto-Brilho. In: **Congresso Brasileiro de Automática, CBA**. 2008.

PRESCOTT, N. B.; WATHES, C. M. Light, poultry and vision. In: 6th International Symposium in Livestock Environment, Louisville, Proceedings. **Anais...** ASAE Publication Number 701, 2001.

PUCCINI, A. L. **Matemática Financeira**. 9. ed. São Paulo: Elsevier, 2011.

ROZENBOIM, I.; ROBINZON, B.; ROSENSTRAUCH, A. Effect of light source and regimen on growing broilers. **British Poultry Science**, v. 40, n. 4, p. 452-457, 1999.

RUTZ, F. ; SILVA, F. H. A. ; NUNES, J. K. Fundamentos de um programa de luz para frangos de corte. In: MACARI, M; MENDES, A.A.; MENTEN, J. F.; NÄÄS, I. A. (Orgs.). **Produção de Frangos de Corte**. Campinas: Facta, 2. ed. p. 225-250, 2014.

WATKINS, S. **Poultry Lighting: LED Bulbs Provide Energy Savings and Durability**. Division of Agriculture, Research & Extension, University of Arkansas System, 2011. Disponível em: < <http://poultryscience.uark.edu/4474.php>>. Acesso em: nov. de 2013.

XIE, D.; WANG, Z. X.; DONG, Y. L.; CAO, J.; WANG, J. F.; CHEN, J. L.; CHEN, Y. X. Effects of Monochromatic Light on Immune Response of Broilers. **Poultry Science**, College Station, v. 87, n. 8, p. 1535-1539, 2008.

CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições atuais do objeto de estudo desta dissertação, a substituição do sistema de iluminação fluorescente por lâmpadas de LED não se apresentou como uma alternativa economicamente viável para a produção de frangos de corte.

No entanto, a utilização de iluminação de LED deve ser avaliada por uma metodologia mais criteriosa e ampla, como é o caso na Avaliação do Ciclo de Vida.

APÊNDICES



(A)



(B)



(C)

Figura 1. Instalações Dark House objeto do estudo. (A) Lâmpada LED utilizada. (B) Painel de Controle do Microclima e Dimmer de controle de intensidade luminosa. (C) Aviário 1 LED.