

Avaliação de projetos de investimento na avicultura de corte após consolidação de preços do LED

Investment project analysis in poultry farms after LED prices consolidation

Carolina Obregão da Rosa Doutoranda em Agronegócios. Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) – Brasil. carolinaobregao@ufgd.edu.br.

Régio Marcio Toesca Gimenes Doutor em Administração de Empresas. Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) – Brasil. regiogimenes@ufgd.edu.br.

Nilsa Duarte da Silva Lima Doutora em Engenharia Agrícola. Universidade Paulista (UNIP) – Brasil. nilsa.silva.lima@gmail.com.br.

Rodrigo Garófallo Garcia Doutor em Zootecnia. Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) – Brasil. rodrigogarcia@ufgd.edu.br.

Jaqueline Severino da Costa Doutora em Economia Aplicada. Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) – Brasil. jaquelinecosta@ufgd.edu.br.

Victor Fraile Sordi Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) – Brasil. victor.sordi@ufms.br.

RESUMO

Inovações tecnológicas em granjas implicam em investimento financeiro para os produtores, como no caso de substituição do sistema de iluminação, que é um dos fatores que mais impacta na produtividade do lote, dada a importância da iluminação no desempenho zootécnico das aves. No entanto, a utilização do LED (*light emitting diode*) ainda era inviável economicamente devido ao preço elevado e por apresentarem muitas falhas no ambiente das granjas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar economicamente o investimento em sistema de iluminação LED de aviários *dark house*, após a estabilização dos preços e da qualidade das lâmpadas LED disponíveis no mercado nacional. Foram estimados os fluxos de caixa incrementais de dois projetos de iluminação LED, para determinação dos indicadores econômicos: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa interna de retorno (TIR), Índice de Lucratividade (IL), Retorno sobre o Investimento (ROI), *Payback* descontado e Valor Econômico Agregado (EVA). O projeto denominado LED1 resultou em valor econômico agregado, portanto viável. O projeto LED2 apresentou VPL negativo e, por consequência, os demais indicadores também indicaram rejeição ao investimento. Analisar a eficiência energética da lâmpada, sem considerar a avaliação econômica do capital investido, é insuficiente para se determinar a viabilidade da implantação de sistema de iluminação LED em aviários que já possuem iluminação LFC. No entanto, os resultados indicam que projetos bem planejados e que avaliem o risco envolvido, podem trazer retornos econômicos consideráveis ao produtor.

Palavras-chave: Agronegócio. Avicultura de corte. Avaliação econômica. LED. Sistema de iluminação.

ABSTRACT

The technological innovations in poultry farms imply a financial investment for producers, as in the case of substitution of the lighting system, which is one of the factors that most affect the productivity of the flock, considering the importance of lighting in the zoo-technical performance of birds. However, the use of Light Emitting Diode (LED) was still economically unviable due to the high price and failures of LED lighting equipment in poultry farms due to the farm environment. This study aimed to economically evaluate the investment of the LED lighting system in dark house facilities, after the stabilizing of prices and quality of LED lamps available in the national market. The Incremental cash flows from two LED lighting projects were estimated to determine the economic indicators: net present value (NPV), internal rate of return (IRR), profitability index (PI), return on investment (ROI), discounted payback and economic value added (EVA). The LED1 project resulted in added economic value, therefore viable. The LED2 project presented negative net present value (NPV) and consequently the other indicators also pointed to rejection of the investment. Analyzing the energy efficiency of the lamp, without considering the economic evaluation of the invested capital, is insufficient to determine the feasibility of implementing LED lighting system in facilities that already have compact fluorescent lamps (CFL) lighting. The results indicate that well-planned projects that assess the risk involved can bring considerable economic returns to the broiler producers.

Keywords: agribusiness. poultry farming. economic evaluation. LED. lighting system.

Recebido em 05/08/2019. Aprovado em 23/10/2019. Avaliado pelo sistema *double blind peer review*. Publicado conforme normas da APA.

<http://dx.doi.org/10.22279/navus.2020.v10.p01-20.1041>

1 INTRODUÇÃO

A avicultura industrial desempenha um importante papel no agronegócio brasileiro. De acordo com dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2018), em 2018, o país foi o segundo maior produtor e o primeiro em exportações mundiais de carne de frango in natura. Colocação que deve permanecer, considerando as projeções de crescimento do setor para os próximos anos, tanto em aumento da demanda como elevação dos preços (MAPA, 2018). Tais projeções são muito prováveis de alcance devido em grande parte à peste suína africana (PSA), que tem aquecido o mercado global de proteínas. No primeiro semestre de 2019 a exportação de carne de frango teve alta de 11,4% em volume, e de 14,9% em receita (ABPA, 2019).

Além das receitas que a atividade gera para a balança comercial, a avicultura industrial, por meio da integração vertical da cadeia, contribui para a permanência de famílias na área rural, viabilizando a produção agrícola em pequenas propriedades. A integração vertical é um modelo de produção que possibilitou a esta cadeia a modernização a largos passos nas últimas três décadas. As edificações das granjas produtoras estão cada vez mais automatizadas e com controle de ambiência (Nääs et al., 2015; Schmidt & Silva, 2018; Feil et al., 2019).

Os avanços tecnológicos melhoraram os investimentos em automação nas instalações avícolas. Essa evolução impactou positivamente com o surgimento dos aviários *dark house* (casas escuras), que apresenta características como: maior densidade de aves por m²; maior controle do ambiente interno, principalmente no monitoramento da temperatura e da iluminação, pode ser totalmente controlado sem influência do ambiente externo, a fim de obter o melhor desempenho e bem-estar dos frangos. Por outro lado, estas instalações consomem mais energia elétrica quando comparada a outros com menor nível de tecnologia (Abreu & Abreu, 2011).

A cadeia da carne de frango brasileira cresceu 112% nos últimos anos devido ao uso eficiente da pesquisa e desenvolvimento principalmente na área da inovação tecnológica (Schmidt & Silva, 2018). As inovações tecnológicas implicam em investimentos financeiros no processo de produção para os produtores, principalmente na modernização e atualização das instalações em sistemas automatizados, como o da iluminação LED que apresenta com maior eficiência energética, vida útil longa e potencial redução no custo de produção. Neste sentido, projetos de avaliação econômica de novos investimentos em tecnologia e infraestrutura da produção são primordiais. Thomson & Corscadden (2018) consideram que a adoção de iluminação de LED (*light-emitting diode*) contribui para a eficiência energética nos aviários. Porém, Rosa et al. (2017) concluíram nos anos 2013-2014, que o investimento em um novo sistema de iluminação LED, substituindo a iluminação de lâmpadas fluorescentes compactas (LFC), não se pagava, mas caso o preço das lâmpadas de LED viessem a reduzir, o investimento poderia se tornar viável.

A tecnologia LED, entre os anos de 2010 a 2015, estava sendo testada na avicultura brasileira (Rutz et al., 2014; Rosa et al., 2017), e assim como ocorreu alguns anos antes nos Estados Unidos (EUA), o uso do LED nas granjas passou por um período de desconfiança por parte dos produtores, por seu alto preço além de apresentarem muitas falhas no ambiente úmido das granjas, tornando inviável o investimento nessa tecnologia (Linden, 2014).

Atualmente, em instalações novas, devido aos diversos benefícios que a iluminação de LED proporciona à produtividade avícola (Kim et al., 2014; Parvin et al., 2014; Pan et al., 2015; Olanrewaju et al., 2016; van der Pol et al., 2017; Archer, 2018; Li et al., 2019), os projetos luminotécnicos de granjas *dark house* são configurados para iluminação em LED. No mercado de equipamentos para o setor de avicultura foram desenvolvidas lâmpadas específicas para as condições do ambiente interno dos aviários, surgindo novas marcas e modelos com diferentes especificações, conseqüentemente aumentou a oferta deste produto e seu preço baixou. Diante disso, o uso das lâmpadas de LED alcançou estabilidade tecnológica necessária ao seu reconhecimento como iluminação eficiente e quanto ao seu impacto positivo ao meio ambiente (Thomson & Corscadden, 2018).

Na literatura científica, devido às particularidades da sensibilidade espectral das aves, muitos estudos sobre a importância da iluminação na produção de frangos de corte foram realizados nas últimas décadas. Há estudos da sua influência desde o processo de incubação, até o desempenho produtivo, fisiologia, imunidade

e bem-estar das aves (Prescott e Wathes, 1999; Prescott e Wathes, 2001; Olanrewaju et al., 2006; Olanrewaju et al., 2015; Olanrewaju et al., 2016; 2019; Mendes et al., 2013; Hirtz et al., 2017; Purswell et al., 2018).

Pesquisas que avaliam viabilidade de implantação de sistemas de iluminação em galpões geralmente são superficiais, incluindo apenas informações fornecidas por auditorias energéticas (Thomson & Corscadden, 2018), ou são realizados por fabricantes de lâmpadas (Clarke & Ward, 2017), desconsiderando que todo novo investimento deve ser avaliado também pelo ponto de vista da avaliação econômica, com o objetivo de auxiliar o produtor na tomada de decisão.

Por meio de pesquisas de preços, verificou-se que as lâmpadas de LED, utilizadas nos aviários *dark house* estudados na pesquisa de Rosa et al. (2017), apresentaram queda de preços, com a entrada de novos fabricantes no mercado nacional. Assim, atualizando os valores de preços de lâmpadas e demais custos de substituição da iluminação LFC por LED, de tarifa de energia e a Taxa Mínima de Atratividade, pode-se reavaliar o investimento a valores atuais. Em face do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar economicamente o investimento em sistema de iluminação LED de aviários *dark house*, após a estabilização dos preços e da qualidade das lâmpadas LED disponíveis no mercado nacional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Inicialmente, o referencial teórico deste estudo baseou-se em pesquisas sobre a influência da iluminação no desempenho zootécnico e no bem-estar das aves, os quais são variáveis que influenciam na produtividade de frangos de corte. Na segunda parte, apresentam-se os métodos clássicos de avaliação de investimentos, seus conceitos e aplicações, assim como métodos de simulação e avaliação de riscos envolvidos em projetos de investimentos.

2.1 Aspectos gerais da influência da iluminação no desempenho e bem-estar das aves

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). Neste contexto, 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; Archer, 2018).

Em relação ao comprimento de onda, ressalta-se que as aves possuem uma sensibilidade espectral diferente da humana (Prescott & Wathes, 1999). A luz ambiente é percebida pelas aves em cores diferentes (Rathinam & Kuenzel, 2005).

A intensidade da luz influencia o comportamento de frangos. Uma iluminação mais intensa promove o aumento da atividade, enquanto uma iluminação mais amena pode ser eficaz na redução de comportamentos agressivos em frangos (Olanrewaju et al., 2006; Kim et al., 2014). Deste modo, a intensidade da iluminação nos ambientes de criação de aves pode ser controlada utilizando como medida o lux. Lux é a unidade de medida da iluminância ou intensidade da fonte luminosa, indica o fluxo de luz da lâmpada que incide sobre uma superfície ou ambiente (Purswell et al., 2018).

De acordo com a duração e a distribuição do fotoperíodo, os programas de luz podem ser classificados em constante, intermitente e crescente (Rutz et al., 2014). 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). 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).

A iluminação pode influenciar no crescimento e características de carcaça para frangos de corte (Olanrewaju et al., 2016a,b; 2018; Purswell et al., 2018; Rogers et al., 2015a), respostas fisiológicas (Olanrewaju et al., 2015; Rogers et al., 2015b) e também o comportamento e o bem-estar no sistema de produção (Rogers

et al., 2015b). A qualidade, intensidade, fotoperíodo e cor da luz interferem no comportamento e desenvolvimento das aves (Mendes et al., 2010; Benson et al., 2013). 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).

Além da intensidade e comprimento de onda, a cor da luz também pode influenciar no comportamento das aves (Rozenboim et al., 1999; Kim et al., 2014). Espectros de luz verde aceleram o crescimento muscular e estimula o crescimento de aves jovens, enquanto a luz azulada estimula o crescimento em animais adultos (Rozenboim et al., 1999). 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).

A visão das aves é mais sensível que a humana, possuem sensibilidade entre o comprimento de onda de 475 e 650 nm (Bowmaker et al., 1997; Prescott & Wathes 1999; Purswell et al., 2018). A visão é o sentido que mais influencia no comportamento das aves (Rogers et al., 2015b; Rault et al., 2016). A alta ou baixa intensidade de luz no período de alojamento pode influenciar, positivamente ou negativamente, no comportamento das aves, comprometendo o bem-estar e consequentemente a eficiência da produção (Mendes et al., 2010; 2013; Rault et al., 2016; Purswell et al., 2018).

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). Para Hirtz et al. (2017), a similaridade do desempenho zootécnico dos frangos de corte, criados sob diferentes tipos de iluminação e cores, sugere que a utilização do LED em cores diversas pode ser para redução de custos com eletricidade sem prejudicar o resultado do lote.

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 pelo conhecimento dos efeitos dos fotoperíodos sobre o desenvolvimento funcional do olho e da visão.

Nos aviários com maior nível tecnológico, 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). Verifica-se que na produção de frangos de corte, a iluminação do ambiente pode considerada uma ferramenta de gestão, pois é um dos fatores de maior influência no desempenho zootécnico do lote.

2.2 Métodos de Avaliação Econômica de Investimentos

Instrumentos que apoiem a tomada de decisão do produtor, quanto a aceitar ou rejeitar um investimento, são primordiais na gestão da empresa rural. Neste sentido, as técnicas de avaliação de investimentos de capital cumprem este papel. Para Bordeaux-Rêgo et al, (2014), as referidas técnicas permitem averiguar as possibilidades de sucesso ou fracasso da decisão a ser tomada, na perspectiva da taxa de retorno oferecida ao potencial investidor, minimizando o quadro de incerteza das decisões financeiras, pois sempre se realizam no tempo futuro, para um cenário em que se pode mensurar seu nível de risco.

Para Ross et al. (2015), nas técnicas de avaliação para fins de decisões de investimento de capital, deve-se considerar sempre os fluxos de caixa que o projeto retornará à empresa, ou seja, somente os fluxos de caixa incrementais do projeto. Ao isolar apenas as entradas de caixa geradas pelo projeto, consegue-se determinar o VPL isolado do projeto. Considerar apenas as receitas e lucros, como na contabilidade financeira, a empresa é avaliada como um todo, dificultando a estimativa de retorno de determinado projeto.

Para uma melhor compreensão, os próximos subitens discorrem sobre os conceitos e aplicações da TMA, das principais técnicas de avaliação de investimentos, da análise de sensibilidade e da simulação de Monte Carlo.

2.2.1 Taxa Mínima de Atratividade

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) do investidor também é definida como custo de oportunidade, pois é o que custo da empresa em renunciar fluxos de caixa que não serão realizados, devido ao emprego de um ativo no projeto de investimento. Em outras palavras, TMA é o retorno requerido pela empresa, ou no caso, do produtor rural, a qual deverá ser maior que o custo de capital próprio (CCP) ou do Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC). Este custo pode ser utilizado como a TMA para que o projeto seja aceito ou rejeitado (Ross et al., 2015; Gitman, 2010).

Em projetos de investimentos com capital próprio, as duas metodologias mais aplicadas para avaliar o CCP são: o modelo de dividendos crescentes (modelo de Gordon) e o modelo de Precificação de Ativos Financeiros (CAPM) (Gitman, 2010). No entanto o modelo de dividendos crescentes apresenta a desvantagem de desconsiderar explicitamente o risco relacionado ao investimento (Ross et al., 2015).

O CAPM em sua essência aborda três variáveis: a taxa de livre de risco (R_f), o retorno médio do mercado (R_m) e o coeficiente beta estimado (β). Este modelo descreve a relação entre o retorno esperado (r_s) e o risco não diversificável da empresa. Assim, conforme aumenta o risco, como consequência há aumento do CCP. A equação básica deste modelo apresentada por Gitman (2010) é expressa por:

$$r_s = R_f + [\beta \times (r_m - R_f)]$$

em que,

R_f = taxa de retorno livre de risco; e,

R_m = retorno de mercado; retorno sobre os ativos.

O coeficiente beta é uma medida de risco não diversificável e do custo de capital próprio da empresa.

O modelo do *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) em suas primeiras aplicações (Markowitz, 1959; Sharpe, 1964; Lintner, 1965; Mossin, 1966) apresentava limitações ao ser aplicado em mercados emergentes, de modo que foram surgindo variações deste modelo mais ajustados a estes mercados, dentre os quais destacam-se: os modelos de Godfrey-Espinosa (1996); Lessard (1996); Goldman-Sachs, Mariscal e Hargis (1999); Damodaran (2002); CAPM por Benchmarking de Assaf Neto (2014); CAPM Local (L-CAPM); CAPM Local Ajustado (AL-CAPM); e CAPM Ajustado Híbrido (AH-CAPM), sendo os últimos três, desenvolvidos por Pereio (2001).

2.2.2 Técnicas de Avaliação de Investimentos

Nesta sessão são apresentadas as principais técnicas de avaliação de investimentos utilizadas no mercado, conforme a literatura consultada.

a) Valor Presente Líquido (VPL): corresponde ao valor presente das parcelas futuras de entradas no caixa, descontadas a uma taxa de desconto (Damodaran, 2014). Essa taxa de desconto também pode ser denominada de taxa mínima de atratividade, custo de capital ou custo de oportunidade. Para fins de aceitação do projeto o VPL deverá ser maior que zero (Gitman, 2010). De acordo com Gitman (2010), a expressão genérica do VPL é dada por:

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

$$\sum_{t=1}^n (FC_t \times FCP_{r,t}) - I_0 \quad (2.2)$$

Em que:

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

I_0 = investimento inicial;

FCP = entradas de caixa descontadas durante o período t ;

r = taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade;

n = vida útil do projeto.

Assim, o VPL é a diferença entre o valor presente de seus fluxos de caixa (FC_t) e o valor do investimento inicial de um projeto (I_0), descontados à taxa mínima de atratividade do empreendimento (r).

b) Taxa interna de retorno (TIR): é a taxa em que o VPL se iguala a zero. 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, no período 0 (n_0). Portanto, o projeto só deverá ser aceito se a TIR for maior que o custo do capital (Assaf Neto, 2014; Gitman, 2010). Esta condição é expressa pela equação apresentada por Gitman (2010):

$$\$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (3)$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = I_0 \quad (3.1)$$

Em que:

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

lo = investimento inicial;

n = vida útil do projeto.

c) Índice de lucratividade (IL): mensurado pela razão resultante do valor presente das entradas e das saídas de fluxo de caixa. O resultado deste índice deverá >1 para que seja considerado viável, pois os benefícios (entradas) serão maiores que os custos (saídas) considerando a TMA do projeto, logo, o VPL neste caso será positivo (Assaf Neto, 2014). A equação do IL pode ser expressa por:

$$IL = \frac{VPL}{I_0} + 1 \quad (4)$$

d) Retorno sobre o Investimento (ROI): é um conceito amplo, empregado para medir o retorno do investimento em um projeto ou de resultados operacionais da empresa (Assaf Neto, 2014). Neste trabalho, o ROI consistiu na relação entre o Lucro Operacional Líquido do projeto, representado pelo VPL dos fluxos de caixa, e o valor do investimento inicial:

$$ROI = \frac{VPL}{I_0} \quad (5)$$

e) *Payback* descontado: consiste na técnica que apura o tempo de retorno médio necessário para que os benefícios incrementais líquidos (entradas de caixa a VPL) paguem o capital investido. As principais limitações deste método é não considerar a distribuição dos fluxos de caixa durante a vida útil do projeto e os fluxos de caixa ocorridos após o período de *Payback*. Assim, o *Payback* deve ser utilizado associado a outras técnicas. Determina-se o período de *Payback* descontado pela relação entre o valor do investimento e o valor médio dos fluxos de caixa incrementais estimados (Assaf Neto, 2014).

f) Valor Econômico Adicionado (EVA): o conceito do valor econômico agregado possibilitou avaliar os investimentos além da ótica financeira, pois considera o valor adicionado ao empreendimento subtraído do seu custo de capital, ou seja, entende-se o EVA como uma medida de desempenho, pois seu resultado é o lucro econômico da empresa (Carvalho, 2002). Para Damodaran (2014), esta medida representa o valor excedente em dólar que o investimento retornou a empresa. A expressão genérica do EVA é dada por:

$$EVA = \text{Lucro Operacional} - (\text{Custo de Oportunidade do Capital Total} \times \text{Capital Total})$$

Em análises de investimentos com capital próprio será considerado o custo de capital próprio e o valor a ser reinvestido pela empresa.

2.2.3 Métodos de Simulação e Avaliação de Riscos

As abordagens probabilísticas utilizadas em avaliações de riscos inerentes ao investimento são: Análise de Cenários, Árvores de Decisão e Análise de Sensibilidade pela Simulação de Monte Carlo. Ambas têm em comum o risco de um ativo contido em uma variável de saída. No entanto, as duas primeiras avaliam os

cenários de riscos discretos, enquanto que pela simulação é possível examinar os efeitos de riscos contínuos. Assim, devido às iterações da simulação, o resultado se aproxima mais da probabilidade real do evento futuro, sendo considerada uma abordagem mais completa para mensuração do risco (Damodaran, 2009).

As variáveis que impactam o fluxo de caixa, e os resultados obtidos com a aplicação das técnicas de análise de investimentos descritas no item anterior, possuem caráter determinístico. Enquanto, a análise de sensibilidade e a simulação de Monte Carlo, permitem uma análise probabilística do comportamento das variáveis e seus possíveis resultados. Desta maneira, obtém-se a distribuição da influência de uma alteração pré-determinada, em uma ou mais variáveis de entrada (*inputs*), sobre o valor das variáveis de saída (*outputs*), e não apenas uma estimativa pontual (Acuña et al., 2018; Talavera et al., 2011; Damodaran, 2009).

A simulação ou Método de Monte Carlo possibilita visualizar a incerteza nas variáveis incontáveis que mais impactam o resultado do VPL, visando observar seu comportamento em um ambiente de risco (Martínez-Paz et al., 2014). Geralmente apura-se a sensibilidade dos resultados do Valor Presente Líquido (VPL) do ativo avaliado, diante das variações das variáveis passíveis de maiores incertezas, com o objetivo de minimizar riscos do investimento (Casarotto Filho e Kopittke, 2010; Gitman, 2010).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto à abordagem esta pesquisa caracteriza-se por quantitativa e quanto aos objetivos é descritiva-exploratória. Os procedimentos técnicos adotados foram pesquisa bibliográfica e documental do estudo de caso desenvolvido (Gil, 2009).

Este estudo compreende uma atualização da pesquisa de Rosa et al. (2017), considerando o mesmo objetivo, mas com atualização de preços. O estudo citado avaliou a viabilidade de investimento com capital próprio em sistema de iluminação LED, em caso de substituição de iluminação LFC pré-existente. Neste estudo, foram avaliados dois aviários *dark house*, localizados em uma propriedade da região de Itaquiraí – MS, longitude 54° 11' 6" W, latitude 23° 28' 26" S, com orientação Leste-Oeste. As dimensões dos aviários são 150 x 15m, 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.

Os dados de consumo de energia elétrica do sistema de iluminação foram coletados nos painéis de controle dos aviários durante o período de 12 meses, correspondendo a 6 ciclos de criação de frangos de corte. Dados técnicos referentes à produção foram obtidos dos relatórios gerenciais da integradora.

Em pesquisa de mercado, verificou-se que surgiram novos fornecedores de lâmpadas próprias para avicultura. Foi possível obter dois orçamentos de lâmpadas LED de especificações técnicas e preços diferentes. Como no estudo de Rosa et al. (2017) o valor da lâmpada foi determinante para a inviabilidade econômica do projeto, optou-se por avaliar duas opções de projetos de investimentos, ambos denominados de LED1 e LED2.

Ambos os aviários possuíam as mesmas características estruturais, porém uma das instalações apresentava sistema de iluminação convencional (LFC) e a outra apresentava o sistema em teste com iluminação LED, e que permitiu a obtenção do histórico de consumo de um ano (2013-2014) dos dois tipos de iluminação, correspondendo a seis ciclos de criação de frangos de corte.

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

3.1 Sistema de iluminação

Os programas de luz utilizados nos dois projetos durante o desenvolvimento da pesquisa constam na Tabela 1.

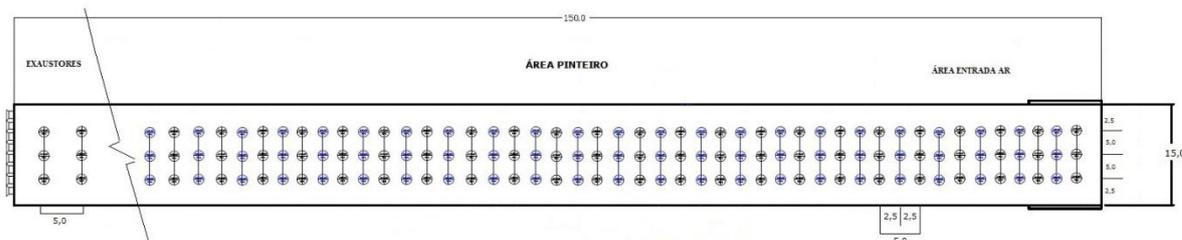
Tabela 1. Programa de Luz utilizado nos aviários *dark house* avaliados

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: Relatórios internos do integrado (2019)

Cada aviário possuía 144 lâmpadas, conforme ilustrado na Figura 1. O aviário de iluminação LED1 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.

Figura 1. Planta da iluminação dos aviários avaliados



Fonte: Relatórios internos do integrado (2019)

Os dados técnicos das lâmpadas estão apresentados juntos às tabelas disponíveis no item resultados.

3.2 Análise de Viabilidade Econômica

A análise da viabilidade econômica dos projetos de substituição de iluminação LFC por LED foi realizado em quatro etapas: 1) definição da Taxa Mínima de Atratividade; 2) elaboração do fluxo de caixa das duas opções projetos de investimento; 3) aplicação das técnicas de avaliação de investimentos; e, 4) simulação do risco dos projetos pelo Método de Monte Carlo, conforme detalhado a seguir.

3.2.1 Taxa Mínima de Atratividade

A taxa mínima de atratividade do projeto foi definida pelo modelo CAPM Global ou por benchmarking, o qual utiliza como referência empresas do mesmo setor (Assaf Neto, 2014). Considerando que o mercado avícola brasileiro é globalizado e de capital aberto, estas empresas possuem maior liquidez e menor volatilidade, este modelo é adequado para este fim, desde que acrescentado o Risco Brasil. O modelo, de acordo com Assaf Neto (2014) compõe-se das seguintes variáveis:

a) Taxa livre de risco (R_f): determinada pelas taxas de juros médias dos títulos públicos de longo prazo de economias de livres de risco;

b) Coeficiente beta (β): utiliza-se uma amostra de betas de empresas do mesmo setor semelhantes, tanto operacionalmente, como financeiramente. Determinado o beta médio, o mesmo é utilizado como medida de risco e do custo de capital próprio da empresa em avaliação;

c) Prêmio pelo risco de mercado ($R_m - R_f$): se dá pela diferença entre o retorno da carteira de mercado (R_m) e a taxa de ativos livres de risco do mercado que se pretende determinar o prêmio.

Assim, o CAPM por benchmarking ajustado às condições brasileiras pode ser acrescentado o fator Risco Brasil, como também, pelo fato de a estimativa dos fluxos de caixa serem em valores reais é necessário

ajustar a taxa pela diferença entre a estimativa de inflação do Brasil e Estados Unidos, cuja expressão de cálculo é dada a seguir:

$$\bar{R} = [R_f + \beta \times (R_m - R_f)] + \text{RISCO}_{\text{BR}} + \text{INF}_{\text{BR}} - \text{INF}_{\text{USA}} \quad (1)$$

Em que:

R = Retorno esperado;

R_f = taxa livre de risco;

β = beta do setor;

(R_m - R_f) = prêmio pelo risco de mercado;

RISCO_{BR} = taxa de risco Brasil.

INF_{BR} = Estimativa de inflação para o Brasil;

INF_{USA} = Estimativa de inflação para os Estados Unidos.

3.2.2 Fluxo de Caixa e Avaliação Econômica

Após a determinação do custo de capital próprio, estimaram-se os fluxos de caixa incrementais dos dois projetos. A economia de energia gerada, e o valor economizado com a substituição periódica de lâmpadas LFC (em média 11 lâmpadas ao mês), foram considerados como benefícios (entradas de caixa).

Estimados os fluxos de caixa foram aplicadas as técnicas de avaliação econômica aos projetos: VPL, TIR, IL, ROI, *Payback* descontado e o EVA dos projetos analisados.

Em análises de investimento com capital próprio, temos o EVA expresso por:

$$\text{EVA} = \{[(\text{NOPAT}/\text{CP}) \times 100] - \text{CPC}\} \times \text{CP}$$

Em que:

EVA = *Economic Value Added*;

NOPAT = *Net Operating Profit After Taxes*;

CP = Capital Próprio;

CPC = Custo do Capital Próprio;

Após a avaliação dos investimentos pelos métodos determinísticos, simulou-se a contraparte probabilística do risco dos investimentos por meio da análise de sensibilidade do VPL pelo Método de Monte Carlo.

3.2.3 Método de Monte Carlo

Com o objetivo de simular os possíveis resultados do VPL do investimento a partir de alterações probabilísticas, realizou-se a simulação de Monte Carlo por meio do aplicativo @RISK, versão 7.5, desenvolvido pela Palisade Corporation.

Na modelagem da simulação de Monte Carlo observa-se de forma mais usual as distribuições triangular e normal. Na distribuição triangular definem-se em três parâmetros seus valores mínimo, máximo e a moda do input incerto, enquanto que na distribuição normal é necessário conhecer a média e desvio padrão das variáveis cujo comportamento será simulado (Lukuyu et al., 2019).

Neste estudo, avaliou-se o risco com 100.000 iterações para as variáveis consideradas *inputs* com incerteza com o objetivo de verificar o comportamento da variável *output*, neste caso, o valor do VPL. Para cada input está associada uma distribuição de probabilidade e seus respectivos parâmetros. Nesse estudo, optou-se pela análise de sensibilidade do VPL em função de alterações nas seguintes variáveis.

Tabela 2 – Distribuição de probabilidade e parâmetros das variáveis *inputs* com incerteza dos investimentos avaliados em cada cenário (valores monetários em U\$).

Variáveis	Distribuição	Mínimo		Mais provável		Máximo	
		LED 1	LED 2	LED 1	LED 2	LED 1	LED 2
Preço da lâmpada	Triangular	9,06	17,19	8,15	15,47	7,25	13,75
Tarifa de energia							
por kWh	Normal	$\mu = 0,1805$	$\sigma = 0,1805$	$\mu = 0,0191$	$\sigma = 0,0191$	-	-
Mão de obra instalação	Triangular	517,73	517,73	569,51	569,51	647,17	647,16
Material elétrico	Triangular	336,53	310,64	310,64	336,53	388,30	284,75
Investimento	Triangular	2.148,07	2978,59	2.386,75	3309,55	2.625,42	3640,51

Fonte: Elaborado pelos autores.

A estimativa de consumo de energia elétrica dos aviários, o levantamento do valor de investimento a valores atuais (2019) do projeto de iluminação por lâmpadas de LED, a elaboração do fluxo de caixa incremental estimado com base no período de um ano de dados primários coletados, e as técnicas de avaliação econômica possibilitaram a reavaliação econômica do projeto avaliado anteriormente por Rosa et al. (2017).

4 RESULTADOS

Todos os valores monetários deste estudo foram convertidos em dólar comercial médio do mês 06/2019, fixado em R\$ 3,863. Os orçamentos coletados, para fins de obtenção dos valores de investimento inicial dos projetos avaliados, foram sintetizados na Tabela 3.

Tabela 3. Descrição dos orçamentos para projetos de investimentos avaliados

	Características	LED1	LED2	LFC	
Dados Técnicos das lâmpadas	Potência - Watts	5	10	15	7
	Dimenzável	Sim	Sim	Não	Não
	Fluxo luminoso - lm	370	900	950	357
	Vida Útil - Horas	30.000	25.000	8.000	8.000
	Vida Útil - anos (aprox. 6mil h/ano)	5	4	1,3	1,3
	Garantia fabricante - meses	24	18	3	3
	Valor Unitário das Lâmpadas - U\$	9,06	17,19	2,72	3,08
	Orçamento do Projeto (em U\$)	Quantidade de Lâmpadas	144	132	57
Valor total de Lâmpadas		1.304,69	2.268,91	154,93	268,00
Valor do Dimmer para Controle		227,80	212,27	0,00	0,00
Diferença de Instalação Elétrica		854,26	828,37	0,00	0,00
Valor Total do sistema		2.386,75	3.309,55	154,93	268,00

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Como as características das lâmpadas orçadas e preços são bem diferentes, optou-se por avaliar os projetos separadamente, em vez de considerar uma média de preços. O projeto LED1 foi composto por 144 lâmpadas LED, modelo bulbo de 5 W, desenvolvida especialmente para produção animal, as quais atendem perfeitamente o programa de iluminação exigido pela integradora, assim nesta opção, utilizar-se-ia os mesmos pontos de luz já existentes. Já o projeto LED2 foi composto por 132 lâmpadas, conforme projeto luminotécnico

do fabricante, pois elas entregam mais lúmens, tornando desnecessária a utilização de todos os pontos de luz, assim uma pequena adaptação nos pontos de luz seria necessária.

Previram-se a troca de todos os soquetes E27 para ambas as lâmpadas, visto que é exigência do fabricante para manutenção da garantia das mesmas. O soquete é em plástico injetado e desenvolvido para uma melhor vedação. O valor dos soquetes está incluso no item "Diferença de Instalação Elétrica", o qual é composto por materiais e mão de obra. Outro valor considerado foi o preço do *dimer* (regulador de intensidade luminosa), que é o equipamento responsável pelo controle de iluminação (0 a 100%).

Na tabela 4, pode-se verificar a estimativa de consumo de energia elétrica dos projetos LED1 e LED2, baseada nos dados de consumo da lâmpada LED e LFC das granjas pesquisadas por Rosa et al. (2017). O custo com energia foi atualizado para atender ao objetivo do presente estudo e apresentado em dólar para facilitar comparação com estudos de outros países. A diferença de consumo de 72,73% menor para o LED representa U\$709,16 de economia anual com eletricidade.

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

LED 9W										
Lote	CG	kWh	CI kWh	% de CI	DA	IL	Linh.	Aves alojadas	Aves abatidas	
1	8.650		279	3,23	47	-	cobb	31.500	30.543	
2	10.728		282	2,63	48	8	cobb	31.500	29.868	
3	11.935		273	2,29	45	7	cobb	30.375	27.650	
4	10.107		282	2,79	48	23	hubbard	31.500	30.381	
5	8.216		283	3,44	48	18	hubbard	30.700	29.857	
6	7.989		285	3,57	49	14	hubbard	31.000	29.390	
Total	57.625		1.684		285	70		186.575	177.689	
Média	9.604		281	2,99	47,5	14		31.096	29.615	
Custo energia (US\$)			9.099,47		Custo de energia por cabeça de frango (em US\$)				0,05121008799	
LFC										
Lote	CG	kWh	CI kWh	% de CI	DA	IL	Linh.	Aves alojadas	Aves abatidas	
1	9.403		1031	10,96	48	-	cobb	32.000	30.190	
2	11.492		1045	9,09	49	6	cobb	31.500	30.136	
3	12.706		1044	8,22	49	7	cobb	31.500	29.352	
4	10.873		1046	9,62	49	19	hubbard	31.500	30.236	
5	8.953		1018	11,37	47	18	hubbard	30.375	29.507	
6	8.696		991	11,40	45	14	hubbard	31.500	30.414	
Total	62.123		6.175		287	64		188.375	179.835	
Média	10.354		1029	10,11	47,8	12,8		31.396	29.973	
Custo energia (US\$)			9.809,74		Custo de energia por cabeça de frango (em US\$)				0,05454856471	

Fonte: Adaptado de Rosa et al. (2017)

A diferença de kWh que o sistema em LED economizou, assim como o valor com substituição de lâmpadas LFC que o produtor deixaria de custear, apurou-se como benefícios incrementais no caixa do produtor.

O período dos projetos foi relacionado à vida útil de cada lâmpada. Assim, como o LED1 tem vida útil conforme o fabricante de 30.000 h a um consumo médio de 6.175 h anuais, foi estimado o período aproximado de 5 anos de vida útil deste projeto, conforme demonstrado abaixo (Tabela 5).

Tabela 5. Fluxos de Caixas dos projetos de investimentos avaliados a valores presentes líquidos

FLUXO DE CAIXA PARA ILUMINAÇÃO COM LED 1										
Ano	CI em LFC (em kWh)	CI em LED (em kWh)	Diferença (em kWh)	Economia com energia (em US)	Economia com subst. de LFC (em US)	Benefícios (em US)	CS de LED (em US)	Invest. (em US)	FC Líquido	FC Acumulado
0	6.175	1.684	4.491					-2.386,75	-2.386,75	-2.386,75
1	6.175	1.684	4.491	709,17	384,84	1.094,01			1.094,01	-1.292,74
2	6.175	1.684	4.491	709,17	384,84	1.094,01			1.094,01	-198,73
3	6.175	1.684	4.491	709,17	384,84	1.094,01	108,72		985,28	786,55
4	6.175	1.684	4.491	709,17	384,84	1.094,01	108,72		985,28	1.771,83
5	6.175	1.684	4.491	709,17	384,84	1.094,01	108,72		985,28	2.757,11

FLUXO DE CAIXA PARA ILUMINAÇÃO COM LED 2										
Ano	CI em LFC (em kWh)	CI em LED (em kWh)	Diferença (em kWh)	Economia com energia (em US)	Economia com subst. de LFC (em US)	Benefícios (em US)	CS de LED (em US)	Invest. (em US)	FC Líquido	FC Acumulado
0	6.175	1.684	4.491					-3.325,08	-3.325,08	-3.325,08
1	6.175	1.684	4.491	709,17	384,84	1.094,01			1.094,01	-2.231,08
2	6.175	1.684	4.491	709,17	384,84	1.094,01	103,13		990,87	-1.240,20
3	6.175	1.684	4.491	709,17	384,84	1.094,01	206,26		887,74	-352,46
4	6.175	1.684	4.491	709,17	384,84	1.094,01	206,26		887,74	535,28

CI = Consumo iluminação; CS = custo com substituição; FC = Fluxo de caixa.

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Depois da mão de obra, a eletricidade é o custo que mais impacta as despesas mensais do produtor, sobretudo em instalações *dark house*. Apesar do custo de iluminação representar uma pequena parcela do custo de eletricidade por cabeça de frango, cada centavo (em R\$) de incremento da renda do produtor, considerando a produtividade média dos aviários apresentada na Tabela 4, representa US\$ 462,00 de economia anual com energia elétrica.

Destaca-se o custo de substituição das lâmpadas após o período de garantia do fabricante. Para o LED1 foi considerado o custo de substituição de 12 lâmpadas anuais a partir do terceiro ano, pois conforme relatado por Rosa et al. (2017), foi observado a falha de 2 lâmpadas em média por lote. Já para o LED2, considerou-se no período 2, após os 18 meses de garantia, a falha de 6 lâmpadas, e para os períodos restantes 12 lâmpadas.

A taxa mínima de atratividade (TMA) do projeto foi determinada pelo custo de capital próprio, o qual foi obtido pelo método CAPM por *benchmarking*. Como o projeto avaliado é do setor avícola, o cálculo do beta que compõem a fórmula do CAPM foi determinado pelo beta médio de duas empresas de capital aberto do mesmo setor de atividade, quais sejam a JBS S/A e a BRF S/A. Posto isso, a TMA assumiu as seguintes premissas em sua composição:

a) A taxa livre de risco global (Rf): representa a taxa de retorno sobre um ativo livre de risco. Neste caso foi considerada a taxa dos títulos públicos americanos com prazo de resgate em 10 anos (T-bonds), a qual estava fixada em 2,02% ao ano, obtida em 31/07/2019 (Federal Reserve, 2019).

b) O beta médio das empresas comparáveis foi obtido pela regressão entre as variações diárias das respectivas ações e as variações diárias do índice IBOVESPA da B3 no período de 01/08/2016 a 31/07/2019. Para a JBS S/A obteve-se o beta = 0,8361 e para a BRF, o beta = 0,6992, definindo o beta médio em 0,7676. (Investing.com, 2019).

c) O retorno da carteira de mercado (Rm): foi utilizado o retorno médio anual do índice *Standard & Poor's 500* (S&P 500) para o período 2004 a 2019 (Investing.com, 2019).

d) O risco do país: considerou-se o índice EMBI+ ou comumente denominado como Risco-Brasil. Este índice foi criado em 1993 pelo banco JP Morgan, com o objetivo de medir as oscilações de mercados emergentes, pois mede desempenho diário de títulos destes países e serve como medida de risco. Baseia-se nos bônus de títulos de dívida dos países emergentes (Ipeadata, 2019). Na estimativa do custo de capital deste estudo a taxa de Risco-Brasil utilizada foi de 2,67%, obtida em 31/07/2019, de acordo com o Ipeadata (2019).

e) A estimativa para a taxa de inflação no Brasil e EUA, foram respectivamente: 3,22% e 1,81% ao ano, tendo como referência 31/07/2019 (Investig.com, 2019).

Considerando-se as referidas taxas assumidas aplicadas ao Modelo CAPM, obteve-se a TMA de 10,17% ao ano (a.a), como segue:

$$\bar{R} = [R_f + \beta \times (R_m - R_f)] + \text{RISCO}_{\text{BR}} + \text{INF}_{\text{BR}} - \text{INF}_{\text{USA}}$$

$$\text{TMA} = 2,02\% + 0,7676 (7,32\% - 2,02\%) + 2,67\% + 3,22\% - 1,81\%$$

$$\text{TMA} = 10,17\% \text{ a.a}$$

Após a determinação da TMA foi possível obter os resultados dos demais indicadores propostos, conforme segue:

Tabela 6. **Resultados das Técnicas de Avaliação de Investimentos**

	VPL	IL	ROI	TIR	Payback	EVA
LED1	1.772,11	1,74	74,25%	34%	2,5	1.588,09
LED2	-69,76	0,97	-2,92%	7%	>4,0	-351,90

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A Tabela 7 demonstra os fluxos de caixa a valor presente para determinação do período de *payback*.

Tabela 7. **Fluxo de caixa a valor presente e período de *payback* dos projetos avaliados**

LED1					LED2				
Ano	Fluxo de caixa	VP do Fluxo de Caixa	Saldo do Invest. a VP	Payback	Ano	Fluxo de caixa	VP do Fluxo de Caixa	Saldo do Invest. a VP	Payback
0	-2.386,75	-2.386,75	-2.386,75	-	0	-3.309,55	-3.309,55	-3.309,55	-
1	1.094,01	1015,70	-1.371,05	1,00	1	1.094,01	1015,70	-2.293,86	1,00
2	1.094,01	942,99	-428,06	1,00	2	990,87	854,10	-1.439,76	1,00
3	985,28	788,48	360,43	0,54	3	887,74	710,43	-729,33	1,00
4	985,28	732,04	1.092,47		4	887,74	659,57	-69,76	1,00
5	985,28	679,64	1.772,11		-	-	-	-	-
Saldo	2.757,11	1.772,11		2,54	Saldo	550,81	-69,76		4,00

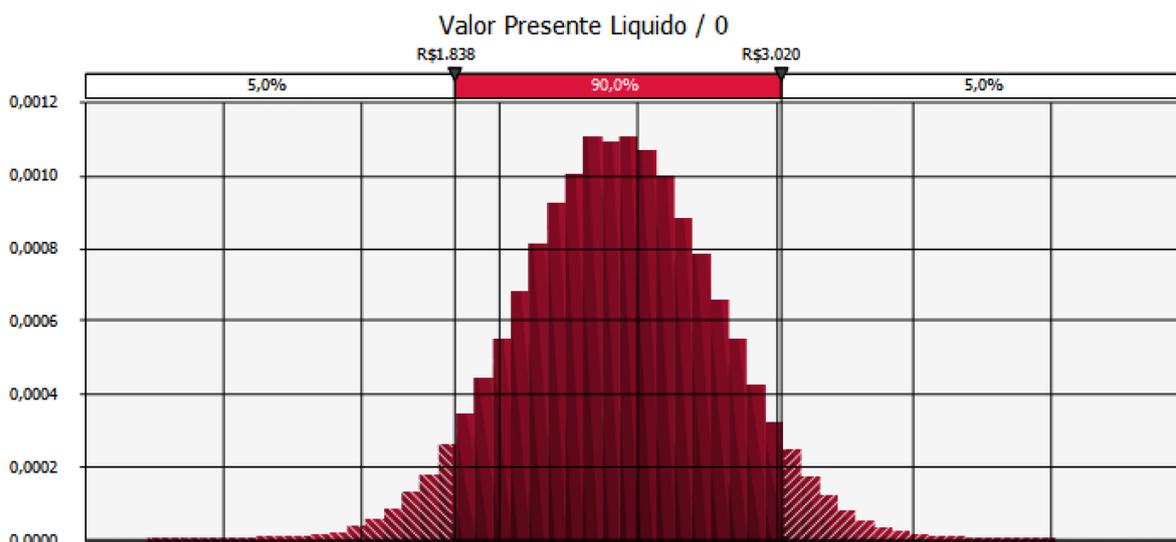
Fonte: Dados da pesquisa (2019)

O projeto LED1 obteve VPL de US\$ 1520,35 e demais indicadores indicando viabilidade econômica do projeto. O Valor Econômico Agregado ao final do período será de US\$ 1.277,62.

O projeto LED2 apresentou indicadores que o inviabilizam economicamente: VPL negativo; IL <1; ROI negativo; TIR (7%) menor que a TMA (7,71%); período de *payback* superior à vida útil do projeto; e, EVA negativo, o que significa que o projeto está destruindo valor do empreendimento.

Os resultados da simulação do projeto LED 1 indicam inexistência de probabilidade do VPL ser negativo, e a probabilidade do VPL situar-se entre US\$ 1838,00 e US\$ 3.020,00. A distribuição da probabilidade está ilustrada na Figura 2.

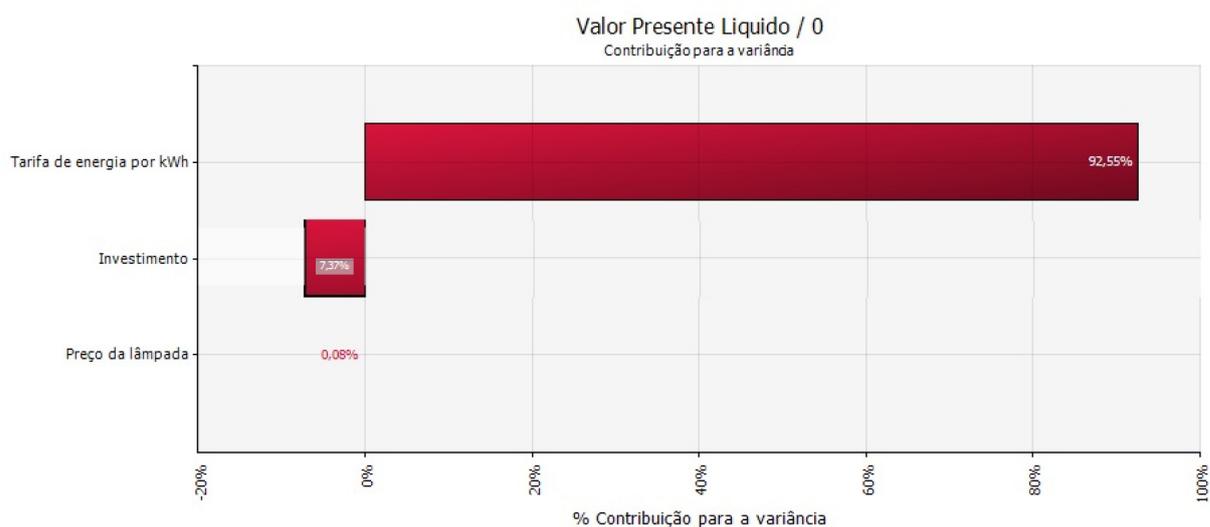
Figura 2. Simulação do VPL para o Projeto LED 1



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Das variáveis incontroláveis consideradas *inputs* com incerteza, no LED1 destaca-se a tarifa de energia elétrica contribuindo com 92,55% do impacto sobre a variação do VPL. O valor do investimento contribui com 7,37% do impacto e o preço da lâmpada tem impacto insignificante (Figura 3).

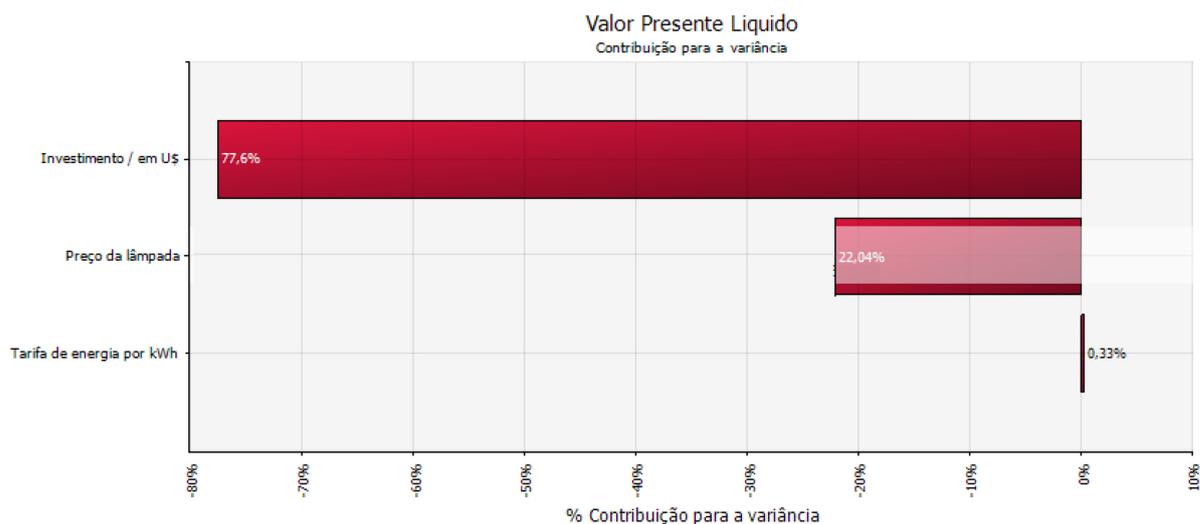
Figura 3. Contribuição das variáveis inputs com incerteza na variância do VPL do Projeto LED 1



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Para o projeto LED 2, a simulação resultou em VPL negativo em toda a distribuição dos possíveis resultados. Neste caso, o valor total do investimento contribui para 77,6% do impacto sobre o VPL, seguido do preço da lâmpada com 22,04% da contribuição. A tarifa de energia elétrica apresenta impacto irrelevante neste projeto, conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4. Contribuição das variáveis inputs com incerteza na variância do VPL do Projeto LED 2



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

5 DISCUSSÃO

De acordo com os dados de consumo da granja pesquisa, o LED entregou 72,73% de economia de energia em relação ao sistema LFC comparado. Este resultado esteve acima do percentual de economia informado por Watkins (2011), o qual indicou que o LED poderia economizar até 60% em comparação com as antigas incandescentes, as quais já estão fora do mercado brasileiro desde 2010. Segundo Benson et al. (2013), o consumo do LED em condições de alojamento foi 33% menor que a incandescente.

Observa-se que a tarifa de energia para o estado federativo em que se realizou o estudo (MS) aumentou aproximadamente 60% em cinco anos. A tarifa utilizada por Rosa et al. (2017) era de US\$ 0,098 (R\$ 0,38) e passou para US\$ 0,158 (R\$ 0,61). O aumento do custo de energia eleva os benefícios esperados, pois a economia que o sistema de iluminação LED proporciona será ainda maior.

A análise de sensibilidade do preço da lâmpada LED apresentada por Rosa et al. (2017), a qual indicaram que a partir da redução de 35% do preço da lâmpada, o projeto passaria a ser viável, corroborou com o presente estudo, pois verificou-se que a diminuição do valor da lâmpada, nos patamares estimados, resultou em viabilidade econômica do projeto de menor investimento inicial (LED1), passando a apresentar VPL sensível ao valor tarifa de energia elétrica, de acordo com os resultados simulados.

A decisão de investir na substituição de equipamentos é considerada crítica devido a sua irreversibilidade, visto que não tem liquidez e compromete o capital de giro (Casarotto Filho e Kopittke, 2010; Gitman, 2010). Neste sentido, Rosa et al. (2017) consideram que os resultados da avaliação de investimentos e dos riscos envolvidos auxiliam na tomada de decisão tanto os avicultores, como as integradoras.

Watkins (2011) observa que melhorias na iluminação não devem ser apenas benéficas para as aves, mas também eficientes no consumo de energia para minimizar os custos de produção. Bailey et al. (2008) verificaram o uso e o interesse de produtores rurais em opções de energia eficiente e renovável em fazendas canadenses. Os agricultores que já utilizavam iluminação eficiente apresentavam maior probabilidade de estarem interessados em implementar opções para eficiência energética ou em adotar tecnologias de energia renovável, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável no setor pecuário.

Outra opção a ser considerada para o desenvolvimento sustentável nos sistemas de produção é a utilização de lâmpadas que tenham logística reversa ou que sejam totalmente recicláveis. O descarte inadequado de lâmpadas fluorescentes apresenta risco ao meio ambiente e à saúde pública por contribuir com o aumento da liberação de mercúrio (Mombach et al., 2008; Brasil, 2010; Silva, 2013; Bacila et al., 2014; Rebelatto et al., 2016; Silva et al., 2016; Lima & Alves, 2018). O mercúrio é considerado um poluente tóxico,

bioacumulativo e persistente na superfície terrestre, conseqüentemente a reciclagem de lâmpadas fluorescentes que contenham mercúrio seria o mais recomendado para minimizar os impactos ambientais (Pawlowski, 2011). Uma alternativa às lâmpadas fluorescentes, com menor impacto ao ambiente e com eficiência energética, são as lâmpadas de LED.

Diante do exposto, verifica-se que os métodos de avaliação econômica de investimentos e de riscos devem ser utilizados na definição do projeto de iluminação em LED das granjas avícola, a fim de se obter a maior eficiência energética da produção e o maior valor econômico agregado para o produtor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisar a eficiência energética da lâmpada, sem considerar a avaliação econômica do capital investido, é insuficiente para se determinar a viabilidade da implantação de sistema de iluminação LED em aviários que já possuem iluminação LFC. Os resultados indicam que projetos bem planejados e que avaliem o risco envolvido podem trazer retornos econômicos consideráveis ao produtor.

Pelo ponto de vista da sustentabilidade ambiental, a utilização do LED é a melhor alternativa, pelo fato de reduzir o consumo de energia elétrica e de gerar menos resíduo no seu descarte.

Espera-se que este estudo possa auxiliar produtores de frango de corte e integradoras na tomada de decisão envolvendo substituição de iluminação, assim como de equipamentos em geral. Cabe ressaltar, que aumentar a rentabilidade da atividade avícola é requisito essencial para manter a competitividade da cadeia no mercado nacional e internacional.

Estudos similares devem ser aplicados à avicultura de postura, considerando que a climatização desta atividade consome mais energia que a avicultura de corte.

REFERÊNCIAS

- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. (2018). *Relatório Anual 2018*. Disponível em <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. (2019). *Exportações de carne de frango crescem 64% em junho*. Disponível em <http://abpa-br.com.br/noticia/artigos/todas/exportacoes-de-carne-de-frango-crescem-64-em-junho-2828>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- Abreu, V. M. N., & de Abreu, P. G. (2011). Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 1-14. Suplemento Especial.
- Acuña, E., Rubilar, R., Cancino, J., Albaugh, T.J., Maier, C.A. (2018). Economic assessment of Eucalyptus globulus short rotation energy crops under contrasting silvicultural intensities on marginal agricultural land. *Land use policy*, 76, 329-337.
- Archer, G. S. (2018). Color temperature of light-emitting diode lighting matters for optimum growth and welfare of broiler chickens. *Animal*, 12(5), 1015-1021.
- Assaf Neto, A. (2014). *Finanças corporativas e valor*. (7. ed.) São Paulo: Atlas.
- Bacila, D. M., Fischer, K., & Kolichski, M. B. (2014). Estudo sobre reciclagem de lâmpadas fluorescentes. *Eng. Sanit. Ambient*, 19(spe), 21-30.
- Bailey, J. A., Gordon, R., Burton, D., & Yiridoe, E. K. (2008). Factors which influence Nova Scotia farmers in implementing energy efficiency and renewable energy measures. *Energy*, 33(9), p. 1369-1377.
- Benson, E. R., Hougentogler, D. P., McGurk, J., Herrman, E., & Alphin, R. L. (2013). Durability of incandescent, compact fluorescent, and light emitting diode lamps in poultry conditions. *Applied Engineering in Agriculture*, 29(1), 103-111.

- Bordeaux-Rêgo, R., Paulo, G.P., Spritzer, I.M. de P.A., Zotes, L.P. (2014). *Viabilidade econômico-financeira de projetos*, (3. ed.). Rio de Janeiro: FGV.
- Brasil. Lei 12.305, 2 de ago. (2010). *Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 03 de agosto de 2019.
- Bowmaker, J. K., Heath, L. A., Wilkie, S. E., & Hunt, D. M. (1997). Visual pigments and oil droplets from six classes of photoreceptor in the retinas of birds. *Vision research*, 37(16), 2183-2194.
- Carvalho, J. V. (2002). *Análise econômica de investimentos: EVA - Valor Econômico Agregado*. Rio de Janeiro: Qualimark.
- Casarotto Filho, N., Kopittke, B.H., (2010). *Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisões, estratégia empresarial*, 11. ed. São Paulo: Atlas.
- Clarke, S., & Ward, P. (2017). *Lighting for poultry with light emitting diodes*. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Disponível em: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/17-019.htm>. Acesso em: 02 ago. 2019.
- Damodaran, A. (2014). *Avaliação de investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo*. (2 ed.) Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Damodaran, A. (2009). *Gestão Estratégica do Risco*. Porto Alegre: Brookman.
- Federal Reserve (2019). Selected Interest Rates (Daily) - H.15. Disponível em [federalreserve.gov/releases/h15/](https://www.federalreserve.gov/releases/h15/). Acesso em: 31 jul. 2019.
- Feil, M., Sgavioli, S., Domingues, C., Nääs, I., Moura, J., & Garcia, R. (2019). Evolução da produção e exportação de frangos de corte no estado do Mato Grosso do Sul. *Ars Veterinaria*, 35(1), 26-32.
- Gil, A. C. (2009). *Como elaborar projetos de pesquisa*. (4. ed.). São Paulo: Atlas.
- Gitman, L. J. (2010). *Princípios de Administração Financeira*. (12 ed.). São Paulo: Pearson Education do Brasil.
- Godfrey, S.; Espinosa, R. (1996). A practical approach to calculating costs of equity for investments in emerging markets. *Journal of Applied Corporate Finance*, Fall, 80-89.
- Hirtz, L. K., Rodrigues, R. O., Leiva, T., Martins, M. F., Leigh, M. B., Firman, J. F., ... & McFadden, T. B. (2017). Effects of different pen lighting Sources on growth, feed efficiency and gene expression in blood and liver of broiler chickens. *Journal of Animal Science*, 95(suppl_4), 253-254.
- Ipeadata - Laboratório de Ciência de Dados do Ipea. (2019). Disponível em www.ipeadata.gov.br. Acesso em: 31 jul. 2019.
- Investing.com (2019). Principais Índices Mundiais. Disponível em br.investing.com/indices/major-indices. Acesso em: 9 set. 2019.
- Kim, C., Lee, S. R., & Lee, S. J. (2014). Effects of light color on energy expenditure and behavior in broiler. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(7), 1044.
- Lessard, D. (1996). Incorporating country risk in the valuation of offshore projects. *Journal of Applied Corporate Finance* 9, p. 52-63.
- Lewis, P., & Morris, T. (2006). *Poultry lighting: the theory and practice*. Andover: Northcot, 168 p.
- Li, G., Li, B., Zhao, Y., Shi, Z., Liu, Y., & Zheng, W. (2019). Layer pullet preferences for light colors of light-emitting diodes. *Animal*, 13(6), 1245-1251.
- Lima, F., & Faccin, A. C. T. M. (2019). O processo de reestruturação da avicultura no Mato Grosso do Sul: a relação entre as empresas JBS e BRF e os produtores integrados. *Geosul*, 34(71), 197-212.

- Lima, J. P., & Alves, A. P. F. (2018). Logística reversa pós-consumo de lâmpadas fluorescentes: uma survey online com consumidores da cidade de Osório/RS. *Revista Gestão Premium*, 8(1), 40-59.
- Linden, J. (2014). *Update: LEDs for Broiler House Lighting*. The Poultry Site. Disponível em: <https://thepoultrysite.com/articles/update-leds-for-broiler-house-lighting>. Acesso em: 20 jul. 2019.
- Lintner, J. (1965). The valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *Review of Economics and Statistics*, 47(1), p. 13-37.
- Lukuyu, J.M., Blanchard, R.E., Rowley, P.N., (2019). A risk-adjusted techno-economic analysis for renewable-based milk cooling in remote dairy farming communities in East Africa. *Renew. Energy*, 130, 700–713
- Mapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2018). *Projeções do Agronegócio: Brasil 2017/18 a 2027/28*. Projeções de longo prazo. Brasília.
- Markowitz, Harry M. (1959). *Portfolio Selection: Efficient diversification of investments*. Copyright by Cowles Foundation for Research in Economics at Yale University.
- Mariscal, J.; Hargis, K. (1999). A long-term perspective on short-term risk. *Goldman Sachs Portfolio Strategy*, October 26, pp.1-23.
- Martínez-Paz, J., Pellicer-Martínez, F., Colino, J., (2014). A probabilistic approach for the socioeconomic assessment of urban river rehabilitation projects. *Land use policy*, 36, p. 468–477.
- Mendes, A. S., Paixão, S. J., Restelatto, R., Morello, G. M., Jorge de Moura, D., & Possenti, J. C. (2013). Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(1), 62-70.
- Mendes, A. S., Reffati, R., Restelatto, R., & Paixão, S. J. (2010). Visão e iluminação na avicultura moderna. *Current Agricultural Science and Technology*, 16(1-4), 05-13.
- Mombach, V. L., Riella, H. G., & Kuhnen, N. C. (2008). O estado da arte na reciclagem de lâmpadas fluorescentes no Brasil: parte 1. *Revista Acta Ambiental Catarinense*, 5(1/2), 43-53.
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a Capital Asset Market. *Econometrica*, 34, p. 768-783.
- Nääs, I. A., Mollo Neto, M., Canuto, S. A., Waker, R., Oliveira, D. R. M. S., & Vendrametto, O. (2015). Brazilian chicken meat production chain: a 10-year overview. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 17(1), p. 87-94.
- Olanrewaju, H. A., Wongpichet, S., Thaxton, J. P., Dozier 3rd, W. A., & Branton, S. L. (2006). Stress and acid-base balance in chickens. *Poultry science*, 85(7), 1266-1274.
- Olanrewaju, H. A., Purswell, J. L., Collier, S. D., & Branton, S. L. (2015). Effects of color temperatures (Kelvin) of LED bulbs on blood physiological variables of broilers grown to heavy weights. *Poultry science*, 94(8), 1721-1728.
- Olanrewaju, H. A., Purswell, J. L., Collier, S. D., & Branton, S. L. (2016a). Effects of light sources and intensity on broilers grown to heavy weights: Hematophysiological and biochemical assessment. *Int. J. Poult. Sci*, 15, p. 384-393.
- Olanrewaju, H. A., Miller, W. W., Maslin, W. R., Collier, S. D., Purswell, J. L., & Branton, S. L. (2016b). Effects of light sources and intensity on broilers grown to heavy weights. Part 1: Growth performance, carcass characteristics, and welfare indices. *Poultry science*, 95(4), 727-735.
- Pan, J., Yang, Y., Yang, B., Dai, W., & Yu, Y. (2015). Human-Friendly Light-Emitting Diode Source Stimulates Broiler Growth. *PLoS One*, 10(8): e0135330.
- Parvin, R., Mushtaq, M. M. H., Kim, M. J., & Choi, H. C. (2014). Light emitting diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for immunity and meat quality of poultry. *World's Poultry Science Journal*, 70(3), 557-562.

- Pawlowski, L. (2011). Effect of mercury and lead on the total environment. *Environmental Protection Engineering, 37*(1), p. 105-117.
- Prescott, N. B., & Wathes, C. M. (1999). Spectral sensitivity of the domestic fowl (*Gallus g. domesticus*). *British Poultry Science, 40*(3), 332-339.
- Prescott, N. B., & Wathes, C. M. (2001). Light, poultry and vision. In: 6th International Symposium in Livestock Environment, Louisville, *Proceedings...* ASAE. Publication Number 701.
- Purswell, J. L., Olanrewaju, H. A., & Linhoss, J. E. (2018). Effect of light intensity adjusted for species-specific spectral sensitivity on live performance and processing yield of male broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research, 27*(4), 570-576.
- Rault, J. L., Clark, K., Groves, P. J., & Cronin, G. M. 2016. Light intensity of 5 or 20 lux on broiler behavior, welfare and productivity. *Poultry science, 96*(4), p. 779-787.
- Rathinam, T., & Kuenzel, W.J. (2005). Attenuation of gonadal response to photostimulation following ablation of neurons in the lateral septal organ of chicks. *Brain Research Bulletin, 64*, p. 455-461.
- Rebelatto, P. H., Fagundes, A. B., Pereira, D., Beuren, F. H., de Campos, D. B., & da Silva, M. C. (2016). Sistemas de logística reversa em implantação no Brasil: Uma análise comparativa dos acordos setoriais de embalagens plásticas de óleos lubrificantes e lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista. *Revista Espacios, 37*(24).
- Rogers, A. G., Pritchett E. M., Alphin R. L., Brannick E. M., & Benson E.R. (2015a). I. Evaluation of the impact of alternative light technology on male broiler chicken growth, feed conversion, and allometric characteristics. *Poult. Sci. 94*, p. 408-414.
- Rogers, A. G., E. M. Pritchett, R. L. Alphin, E. M. Brannick, and E. R. Benson. (2015b). II. Evaluation of the impact of alternative light technology on male broiler chicken stress. *Poult. Sci., 94*, p. 331-337.
- Rosa, C. O., Garcia, R. G., Costa, J. D., Nääs, I. D. A., & Lima, N. D. S. (2017). Análise econômica da implantação de um sistema de iluminação LED em aviário dark house: um estudo de caso. *Custos e @gronegocio on line, 13* (Edição Especial), 2-19.
- Ross, S. A., Westerfield, R. W., Jaffe, J., & Lamb, R. (2015). *Administração financeira*. Porto Alegre: AMGH.
- Rozenboim, I., Robinzon, B., & Rosenstrauch, A. (1999). Effect of light source and regimen on growing broilers. *British Poultry Science, 40*(4), p. 452-457.
- Rutz, F., Silva, F. H. A., & Nunes, J. K. (2014). 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*. (2. ed.). Campinas: Facta, p. 225-250.
- Sharpe, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. *Journal of Finance, 19*(3), 425-442. DOI: 10.2307/2977928
- Schmidt, N. S., & Silva, C. L. D. (2018). Pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural, 56*(3), 467-482.
- Silva, F. R. (2013). Impactos ambientais associados à logística reversa de lâmpadas fluorescentes. *InterfacEHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, 8*(1), p. 42-69.
- Silva, A. R., Chaves, G. D. L. D., & Ghisolfi, V. (2016). Os obstáculos para uma efetiva política de gestão dos resíduos sólidos no Brasil. *Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, 13*(26), 211-234.
- Talavera, D.L., Muñoz-Cerón, E., De La Casa, J., Ortega, M.J., Almonacid, G. (2011). Energy and economic analysis for large-scale integration of small photovoltaic systems in buildings: The case of a public location in Southern Spain. *Renew. Sustain. Energy Rev. 15*, p. 4310-4319.

Thomson, A., & Corscadden, K. W. (2018). Improving energy efficiency in poultry farms through LED usage: a provincial study. *Energy Efficiency*, 11(4), 927-938.

Van der Pol, C. W., Van Roover-Reijrink, I. A., Aalbers, G., Kemp, B., & van den Brand, H. (2017). Incubation lighting schedules and their interaction with matched or mismatched post hatch lighting schedules: Effects on broiler bone development and leg health at slaughter age. *Research in Veterinary Science*, 114, 416-422.

Watkins, S. (2011). *Poultry lighting: LED bulbs provide energy savings and durability*. Division of Agriculture, Research & Extension, University of Arkansas System. Disponível em: <http://poultryscience.uark.edu/4474.php>. Acesso em: jul./ 2019.