



REDUCTION IN ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION WITH THE USE OF LAMPS LED ON A CORE OF POULTRY RECREAT

Área temática: Gestão Ambiental & Sustentabilidade

Leocir Luiz Klering

eakonopatzki@gmail.com

Filipe Marangoni

fi.marangoni@gmail.com

Samir de Oliveira Ferreira

ferreira.samir@gmail.com

Evandro André Konopatzki

eakonopatzki@utfpr.edu.br

Resumo: In agribusiness of birds production the electricity is the second cost, second only to food. Thus, to remain competitive in the national and international scene, the use of energy management is indispensable. An action that was taken by the analyzed agribusiness, was the replacement of incandescent bulbs with LED bulbs in order to obtain lower prices for electricity. This study compared two sheds of cutting bird's with different lamps installed, incandescent and LED. The results showed that the number of lamps currently installed in the sheds no light suggested to provide the proper growth of the chicks. Also showed that investments are needed R \$ 3,160.00 in incandescent or R \$ 18,756.00 in LED lamps to suit the lighting systems to the technical recommendations. As a conclusion of this study was found to economic viability in the use of LED lamps, since the purchase price for electricity consumption would be only 12.4% of the amount spent to incandescent bulbs.

Palavras-chaves: Energy management. Energy efficiency. Lighting systems

1. INTRODUÇÃO

Em toda a região sul do Brasil há um grande número de empresas ou cooperativas do setor agropecuário que produzem e industrializam carnes (de gado, de frango e suína), também derivados do leite, legumes, hortaliças, além de grãos como soja, milho e trigo.

A cooperativa agroindustrial, objeto deste estudo, tem na sua cadeia produtiva a criação completa de frangos. Possui fábricas que produzem ração, dispõe de um matrizeiro que cria as matrizes, possui um núcleo de produção de ovos férteis para a autoprodução em seu incubatório próprio.

Os pintainhos com um dia de vida são levados aos produtores rurais, parceiros da cooperativa, e permanecem em aviários por um período de aproximadamente 45 dias. Ao atingirem o peso ideal, as aves são transferidas para a unidade industrial que finaliza a cadeia produtiva do frango.

Depois da ração, a energia elétrica é o insumo mais importante e mais consumido para que se produzam as aves que irão colocar os ovos que serão enviados para o incubatório, essas aves são denominadas matrizes (JORDAN; TAVARES, 2014).

Este trabalho foi realizado no setor de recria, onde as matrizes são recriadas para o período de produção. Neste setor de recria há uma grande importância em se controlar o nível de iluminação dos aviários, pois uma má qualidade deste componente poderá acarretar em um maior custo de produção, uma queda na qualidade do ovo e até ocorrer uma má formação do lote, conseqüentemente, poderá haver a perda parcial ou até a perda total do lote.

A cooperativa fornece produtos para o mercado nacional e as exportações chegam a Europa, Ásia, e aos países árabes. Desta forma, garantir a qualidade e diminuir o custo da produção é fundamental para manter a competitividade no cenário internacional.

De acordo com o guia técnico de Gestão Energética (ELETROBRÁS, 2005), a Gestão Energética está relacionada ao planejamento, análise, controle, comunicação e estabelecimento de ações relacionadas ao uso de energia. Uma ação que foi tomada pela agroindústria, para a redução das despesas com energia elétrica, foi a substituição de lâmpadas incandescentes (com a potência de 100 W) por lâmpadas com a tecnologia LED (com potência de 5 W).

O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade técnico-econômica na utilização de lâmpadas com a tecnologia LED (*Light Emitting Diode*) em um núcleo de recria de matrizes de uma Unidade Produtora de Pintainhos (UPP) de uma Cooperativa Agroindustrial da região oeste do Paraná.

Foi analisado se o sistema composto por lâmpadas LED seria mais eficiente do que o sistema constituído por lâmpadas incandescentes, e se as lâmpadas LED estariam constituindo uma boa iluminação para as aves.

Foram trabalhados neste artigo: a medição da iluminância no barracão onde são utilizadas lâmpadas incandescentes; a medição da iluminância no barracão onde são utilizadas as lâmpadas LED (barracões de iguais dimensões); o dimensionamento do sistema de iluminação baseado no rendimento e na potência das lâmpadas LED; e o cálculo dos indicadores TIR, VPL e *Payback* do sistema das duas opções, realizando-se a verificação da viabilidade econômica das propostas deste estudo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Levantamento de Dados dos Barracões

Os barracões que serviram para o estudo possuem 105 m de comprimento e 14 m de largura, totalizando 1470 m². Possuem 8 exaustores equipados com filtro de luz, não permitindo a passagem da luz para não influenciar na iluminância do interior do galpão, que são constituídos no sistema dark house gerando pressão negativa, não havendo a necessidade de abaixar as cortinas para refrigerar o ambiente.

A entrada de ar é feita por meio de placas evaporativas que funcionam com uma torre de resfriamento, de cor preta para dificultar a entrada de luz. As cortinas do galpão são pretas na parte interna, e na parte exterior são da cor cinza, o material é uma lona de aproximadamente 200 micras de espessura.

O teto é feito de isopainéis para controlar a entrada de calor, de cor branca e sem forro. O piso é de cor escura devido aos dejetos produzidos pelas aves. Seu sistema de iluminação original é composto por 60 lâmpadas incandescentes.

A Figura 1 apresenta um corte esquemático do galpão utilizado no estudo, com a marcação de algumas medidas, onde pode ser observada a distribuição das luminárias.

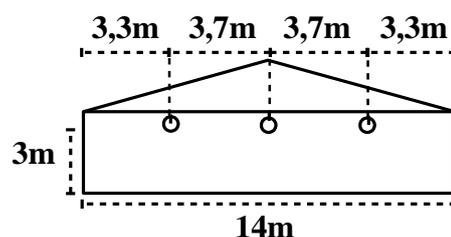


Figura 1 – Posicionamento das lâmpadas

O barracão possui 14 m de largura, as lâmpadas estão posicionadas a 3 m de altura em relação ao solo, estão a 3,3 m de distância em relação às cortinas laterais e 3,7 m é a distância entre cada fileira de lâmpadas.

As lâmpadas incandescentes instaladas são da fabricante Philips, com potência igual a 100 W, tensão utilizada de 220 V, bocal de instalação E27, com fluxo luminoso de 1340 lumens (PHILIPS, 2009).

O fabricante informa que a lâmpada incandescente possui vida útil de 10.000 h. Como as lâmpadas ficam acessas por 1882 horas no período de um lote, as lâmpadas teriam vida útil de 5,3 lotes. Como os lotes tem duração de 22 semanas, a vida útil de uma lâmpada incandescente, utilizada nesses barracões, é de 29 meses.

As lâmpadas LED, são da fabricante Inobran, com fluxo luminoso de 530 lumens, vida útil de 40.000 h e mesma conexão do bocal E27 (INOBRAN, 2014). Considerando que as lâmpadas são utilizadas pelo mesmo período que as incandescentes, a vida útil de uma lâmpada LED é de 21,2 lotes, ou seja, a vida útil de uma lâmpada LED é de 117 meses.

2.2 Cálculo Luminotécnico

A metodologia utilizada para a realização de todos os cálculos foi o método de lumens. O nível de iluminação necessário é fornecido pela empresa Cobb, que é a desenvolvedora deste tipo de frango utilizado pela cooperativa (COBB, 2014).

O índice do local (k) é obtido através da Equação (1), onde c é o comprimento do ambiente (em metros), l é a largura do ambiente (em metros) e hm é a altura medida entre o plano de trabalho e a lâmpada (em metros).

$$k = \frac{c \cdot l}{hm(c + l)} \quad (1)$$

O índice de reflexão é um fator utilizado nas tabelas de fabricantes, este índice apresenta as reflexões médias do teto, das paredes e do piso. O método de Lúmens apresenta os critérios como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Índice de reflexão das superfícies

Índice	Reflexão	Significado
1	10%	Superfície escura

3	30%	Superfície média
5	50%	Superfície clara
7	70%	Superfície branca

Fonte: Adaptado de Creder (2007).

Para a definição do fator de utilização foi adotada a tabela proposta por Cotrim (2009), que pode ser visualizada na Figura 2.

Room Index K	Refletâncias								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,60	0,53	0,49	0,47	0,53	0,49	0,47	0,49	0,46	0,45
0,80	0,59	0,55	0,53	0,58	0,55	0,52	0,54	0,52	0,51
1,00	0,64	0,60	0,58	0,63	0,60	0,57	0,59	0,57	0,56
1,25	0,68	0,65	0,62	0,67	0,64	0,62	0,64	0,62	0,60
1,50	0,71	0,68	0,66	0,70	0,67	0,65	0,66	0,65	0,63
2,00	0,75	0,73	0,71	0,74	0,72	0,70	0,71	0,70	0,68
2,50	0,78	0,76	0,74	0,76	0,75	0,73	0,74	0,73	0,71
3,00	0,79	0,78	0,76	0,78	0,77	0,75	0,76	0,75	0,73
4,00	0,81	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,77	0,77	0,75
5,00	0,82	0,81	0,80	0,80	0,80	0,79	0,78	0,78	0,76

Figura 2 – Determinação do fator de utilização
Fonte: Cotrim (2009).

O número de luminárias foi obtido através da Equação (2), na qual n é o número de lâmpadas, ϕ é o fluxo luminoso total exigido no ambiente (lm) e φ é o fluxo luminoso emitido por uma lâmpada (lm).

$$n = \frac{\phi}{\varphi} \quad (2)$$

Para realizar o cálculo do fluxo luminoso (ϕ) no ambiente foi utilizada a Equação (3). Sendo que S é a área do ambiente (m^2), E representa a iluminância (lux) desejada, μ é o fator de utilização (adimensional) e d é o fator de depreciação (adimensional).

$$\phi = \frac{S \cdot E}{\mu \cdot d} \quad (3)$$

Conforme já descrito acima o método utilizado para a realização dos cálculos foi o método de lumens, seguindo equações por ele propostas.

2.3 Medição da Iluminância Média do Barracão

A malha que definiu o número de pontos de medição foi calculada através da Equação (4) proposta pela ABNT CIE ISO 8995/1 (ABNT, 2013).

$$p = 0,2 \cdot 5^{\log(d)} \quad (4)$$

Da equação depreende-se que p é o número de pontos geradores da malha e d é a distância (comprimento ou largura do ambiente). A malha apresenta 220 pontos de medição distantes 5,16 m entre si (na direção longitudinal do barracão de medição). Os pontos próximos as laterais estão distantes 3,48 m da parede. A Figura 3 mostra a distribuição dos pontos no interior do barracão, onde é possível observar a ordem de medição, que se inicia no ponto p1 e finaliza-se no ponto p220, localizado no final da linha do p181.

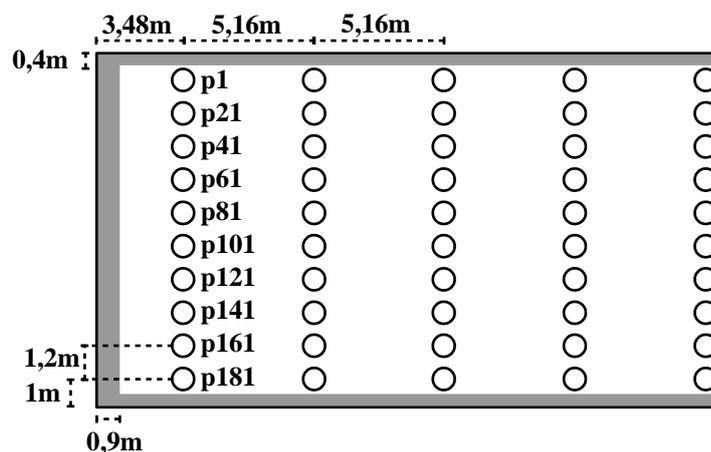


Figura 3 – Malha para a medição da limuminância

A medição da iluminância foi realizada a 50 cm de altura, por ser um valor ligeiramente superior à altura das aves, desta forma, a medição captou a quantidade de luz que chega até as aves.

Foi utilizado o aparelho Luxímetro da marca Instrutherm, modelo LD-100 de propriedade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) câmpus Medianeira.

A medição dos 200 pontos de iluminância para o sistema composto pelas lâmpadas incandescentes foi realizada no dia 27 de julho de 2014. As medições no barracão com as lâmpadas LED foram realizadas no dia 03 de agosto de 2014. Como o interior dos galpões é a prova de luz, não há interferência do ambiente externo para as medições luminotécnicas.

Após ter sido calculado o nível de iluminamento médio e o número ideal de luminárias para os dois sistemas, foi realizada a análise econômica para cada sistema.

2.4 Engenharia Econômica

Para a verificação da análise econômica do projeto levou-se em conta o custo de aquisição do material, o custo de mão de obra para realizar a adequação do sistema e a fatura de energia elétrica no período necessário para o desenvolvimento do lote.

Os custos do material e mão de obra foram orçados pela cooperativa, bem como o custo da tarifa de energia que foi disponibilizado pela empresa.

Com base na proposta, foram analisadas comparativamente as duas ocasiões apresentadas. Foram realizadas medições no sistema com lâmpadas incandescente e no sistema com lâmpadas LED.

A análise financeira foi elaborada através do *payback*, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

Para a realização dos cálculos não foi levado em consideração o valor de cablagem e o valor da instalação de lâmpadas adicionais.

Para Silva *et al* (2007), *payback*, que é o prazo de recuperação do investimento, é uma das técnicas mais utilizadas. Visa analisar propostas onde o prazo de recuperação de investimento deve ser menor que o prazo de vida útil do investimento. Para analisar duas propostas é importante comparar o tempo de retorno e de investimento.

O Valor Presente Líquido (VPL) é uma função, observada na Equação (5), utilizada para a análise de viabilidade de projetos de investimentos.

$$VPL = I + \sum_{t=1}^n \left(\frac{Rt}{(1+k)^t} \right) + \frac{Q}{(1+k)^n} \quad (5)$$

Onde *VPL* é o valor presente líquido (R\$), *I* é o investimento de capital (R\$), *Rt* é o retorno (R\$) depois de descontados os juros, *k* é a taxa de juros decimal, *Q* é o valor residual (R\$) e *t* é o tempo (em anos).

Caso a análise do VPL tomar como tempo *n* de vida útil do sistema avaliado, o valor residual *Q* é considerado nulo, tendo parte da expressão anulada e resultando, o Valor Presente Líquido na Equação (6).

$$VPL = I + \sum_{t=1}^n \left(\frac{Rt}{(1+k)^t} \right) \quad (6)$$

A Taxa Interna de Retorno (TIR) representa a quantidade de lucro que foi obtida em certo investimento. Isto é, se for transformado em uma taxa de juros esse resultado equivale ao mesmo que

aplicar o dinheiro pela taxa de juros obtida em relação ao mesmo tempo de uso (SILVA *et al*, 2007). A Equação (7) representa o cálculo para a TIR, que é obtido quando o valor presente líquido (VPL) é igualado a zero.

$$0 = VPL = I + \sum_{t=1}^n \left(\frac{Rt}{(1+TIR)^t} \right) + \frac{Q}{(1+TIR)^n} \quad (7)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A determinação do fluxo luminoso mínimo no ambiente seguiu a sequência dada pela metodologia, na qual foram obtidos os seguintes valores: o índice do local (k) foi de 4,94; o índice de reflexão do local foi 511, que representa teto claro (5), paredes escuras (1) e piso escuro (1); o valor do fator de utilização (μ) foi de 0,79 e; por fim, o fluxo luminoso total necessário (ϕ) foi de 169.159,95 lumens.

3.1 Análise Técnica do Barracão com Lâmpadas Incandescentes

O resultado do cálculo para o número de luminárias (Lumens) mostrou que para o sistema composto por lâmpadas incandescentes (atualmente com 60 lâmpadas) o número ideal deveria ser de 127 lâmpadas. Este resultado mostra que a instalação não está de acordo com a norma vigente e não atende os valores indicados pela tabela da Cobb.

A Tabela 2 apresenta alguns pontos de medições realizadas no barracão com as lâmpadas incandescentes instaladas.

Tabela 2 – Alguns pontos de iluminância medidas no sistema incandescente

PONTO	X (m)	Y (m)	LUX	PONTO	X(m)	Y(m)	LUX
P1	3,48	1	10,2	P191	55,08	11,8	20,3
P2	8,64	1	15,3	P192	60,24	11,8	17,2
P3	13,8	1	15,4	P193	65,4	11,8	20,7
P4	18,96	1	17,0	P194	70,56	11,8	19,5
P5	24,12	1	17,5	P195	75,72	11,8	19,9
P6	29,28	1	14,0	P196	80,88	11,8	19,4
P7	34,44	1	15,1	P197	86,04	11,8	21,2
P8	39,6	1	16,5	P198	91,2	11,8	22,8
P9	44,76	1	19,0	P199	96,36	11,8	17,3
P10	49,92	1	29,2	P200	101,52	11,8	8,0

Fonte: Autoria própria

O sistema de iluminação incandescente apresentou uma iluminância média de 21,5 lux. Esta medição corrobora para o entendimento de que o atual número de lâmpadas instaladas (60 lâmpadas) é menor do que o ideal (projetado), que é de 127 lâmpadas.

O interior do barracão não apresentou difusidade da luz, ou seja, o ambiente não está iluminado uniformemente. A relação entre a iluminância média medida (21,50 lux) com a iluminância máxima (36,9 lux) foi de 0,58 enquanto a relação da iluminância mínima medida (4,5 lux) com a média (21,50 lux) foi de 0,21. Para os dois casos, essa relação deveria ser não inferiores a 0,7 (conforme a norma vigente).

3.2 Análise Técnica do Barracão com Lâmpadas LED

O cálculo do número de luminárias (Lumens) para o sistema composto por lâmpadas LED mostrou que deveriam ser instaladas um total de 319 lâmpadas LED no mesmo ambiente (que atualmente possui 60 lâmpadas) para que a iluminância média e a difusidade atendessem a norma vigente.

Para o sistema LED, sendo considerado o valor de 530 lúmens como fluxo luminoso para cada lâmpada, e com a utilização de uma matriz de 107 x 3 lâmpadas, é necessária a utilização de um total de 321 lâmpadas.

Na Tabela 4 podem ser observados os valores de algumas medições de iluminância no barracão com as lâmpadas LED instaladas. Deve-se lembrar que o projeto elétrico instalado não varia, isto é, a posição das lâmpadas é a mesma para os dois sistemas (LED e incandescente).

Tabela 4 – Alguns pontos de iluminância medida no sistema LED

PONTO	X (m)	Y (m)	LUX	PONTO	X (m)	Y (m)	LUX
P1	3,48	1	2,6	P191	55,08	11,8	14,4
P2	8,64	1	6,1	P192	60,24	11,8	9,1
P3	13,8	1	6,4	P193	65,4	11,8	8,2
P4	18,96	1	7,2	P194	70,56	11,8	9,8
P5	24,12	1	6,9	P195	75,72	11,8	10
P6	29,28	1	8,3	P196	80,88	11,8	11,2
P7	34,44	1	5,1	P197	86,04	11,8	11

P8	39,6	1	6,4	P198	91,2	11,8	7,3
P9	44,76	1	8,7	P199	96,36	11,8	11,8
P10	49,92	1	8,1	P200	101,52	11,8	10,7

Fonte: Autoria própria.

O ambiente apresentou iluminância média de 11,18 lux, não está iluminado uniformemente apresentando uma relação entre a maior iluminância medida (21 lux) e a média (11,18 lux) de 0,55 enquanto a relação do menor valor de iluminância (2,4 lux) com a média foi de 0,21.

3.3 Comparação dos sistemas de iluminação Incandescente e LED

A Tabela 6 compara o número ideal de lâmpadas incandescentes e LED usando como referência a iluminância normatizada (60 lux). Apresenta também os valores de iluminância média esperada do barracão encontrada pela engenharia reversa, usando o método de Lumens com o número de lâmpadas atualmente instaladas (60 lâmpadas) e a iluminância medida nos barracões com o luxímetro.

Tabela 6 – Comparação do número de lâmpadas e de iluminância

Grandeza	Unidade	Incandescentes	LED
Número IDEAL de lâmpadas		127	320
Iluminância média ESPERADA (lumens)	LUX	28,5	11,8
Iluminância média MEDIDA	LUX	21,5	11,3

Fonte: Autoria própria.

Pode se observar que a variação entre a iluminância ideal e a iluminância medida é de 64% no barracão com lâmpadas incandescentes e de 81% no barracão com lâmpadas LED, o que revela a ineficiência técnica dos sistemas de iluminação instalados atualmente.

Outro fator importante é a comparação do iluminância esperada com a medida. É possível notar que no sistema incandescente, cuja medição foi realizada no final do lote, obteve-se um valor bem distinto entre a iluminância esperada e a medida. Esta diferença chega a 7 lux (24,5%), e isso pode ter sido ocasionado pela acumulação de poeira em volta do bulbo da lâmpada.

No sistema LED a medição foi realizada no início do lote, as lâmpadas estavam limpas e o ambiente havia sido lavado recentemente. Desta forma, houve uma pequena diferença entre a iluminância esperada e a medida, sendo de apenas 0,5 lux (4%).

3.4 Análise econômica para a implantação das lâmpadas LED

Para definir o valor de cada investimento, e conseqüentemente a viabilidade técnica, foram considerados os valores unitários das lâmpadas incandescentes e LED, mão de obra, e fatura de energia. O valor da lâmpada incandescente de 100 W é de R\$ 3,50. O valor da lâmpada LED é de R\$ 43,00. O custo de instalação de novos pontos é de R\$ 10,00. Os valores que foram utilizados para a realização dos cálculos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Comparação entre as lâmpadas

Especificação	Unidade	Incandescente	LED
Potência da lâmpada	Watts	100	5
Número de lâmpadas a serem instaladas		67	261
Número total de lâmpadas no circuito		127	321
Fluxo luminoso da lâmpada	Lumens	1340	530
Vida útil da lâmpada	Horas	10.000	40.000
Valor final de instalação	R\$	3.160,00	18.756,00
Valor final do custo com energia elétrica	R\$	6.033,00	748,00

Fonte: Autoria própria.

O custo de energia elétrica por kWh consumido é de R\$ 0,63 em horário de ponta, e de R\$ 0,14 em horário fora de ponta. Foi estimado o tempo de funcionamento das lâmpadas em 1882 horas, para o período analisado de 90 dias. Dos quais 417 horas pertencem ao horário de ponta e 1465 horas ao horário fora de ponta.

O preço dos bocais novos, a serem instalados, foi de R\$ 7,00 e o valor da mão de obra para instalação dos novos bocais foi de R\$ 10,00. Nestas condições o custo total de readequação do sistema incandescente foi estimado em R\$ 3.160,00 com um gasto de energia elétrica de R\$ 6.033,00 por lote produtivo (45 dias).

Já o custo total para mudança do sistema de incandescentes para LED foi estimado em, aproximadamente, R\$ 18.756,00 com despesa de R\$ 748,00 na fatura de energia elétrica, no decorrer do lote. A economia na fatura de energia elétrica será de R\$ 5.825,00 por lote.

Com a realização dos cálculos de *Payback*, obteve-se que o retorno do investimento se dará a partir do décimo sétimo mês.

A taxa interna de retorno TIR apresentou 3,09%am e o VPL foi de R\$ 310.644,68 durante a vida útil desta lâmpada, que é de 117 meses.

Desta forma, foi constatado que fazer a adequação dos barracões com a utilização de lâmpadas LED é técnica e economicamente viável.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este estudo mostrou que seria muito vantajoso para a agroindústria a utilização das Lâmpadas LED. A iluminância média medida no sistema incandescente foi de 21,5 lux, abaixo do sugerido pela Cobb, e para a readequação do sistema incandescente seria necessária à implantação adicional de 69 lâmpadas. Com a implantação destas lâmpadas seria atingido o número ideal de 129 lâmpadas, distribuídas em uma matriz de 43 x 3 lâmpadas.

Avaliou-se a proposta de substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED. Fez-se a simples troca das lâmpadas e foi realizada a medição, sendo que a iluminância média no sistema com LED foi de 11,3 lux, também abaixo do proposto pela Cobb.

Ao analisar e realizar o projeto com lâmpadas LED foi obtido o valor de 321 lâmpadas LED que serão necessárias para iluminar o ambiente de forma coerente com a iluminância esperada. Estas serão distribuídas em uma matriz de 107 x 3.

A análise econômica mostrou que o custo de readequação do sistema com incandescente será de R\$ 3.160,00 e com uma fatura de energia de R\$ 6.033,00 para a duração total do lote. A implantação de lâmpadas LED custará em torno de R\$ 18.756,00 com uma fatura de energia no entorno de R\$ 748,00 no período total do lote.

Conforme critérios apresentados na metodologia o sistema de iluminação projetado é economicamente viável, o *payback* será de 17 meses, com uma taxa de retorno de 3,09%.

Recomenda-se, para um próximo trabalho, que seja feita a implantação do sistema de iluminação LED em coerência com o projeto apresentado e se realizem pesquisas para demonstrar a eficiência deste sistema.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 8995-1/2013.** Iluminação em ambientes de trabalho. 2013

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS - ELETROBRÁS. **Gestão Energética:** guia técnico. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

COBB. **Guia para otimizar o desempenho de matrizes.** Fevereiro de 2014. 18 p.

COTRIM, Ademaro A. **Instalações Elétricas**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2009. 496 p.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2007. xii, 428 p.

JORDAN, Rodrigo A; TAVARES, M. H. F. Análise de sistemas de iluminação em granjas de produção de ovos férteis. **Anais do 3º encontro de energia no meio rural**. Campinas, 2003.

PHILIPS. **Guia Prático Philips Iluminação**: lâmpadas, reatores, luminárias e LEDs. Novembro de 2009. 37 p.

SILVA, Márcio Lopes da; et al . Análise do custo e do raio econômico de transporte de madeira de reflorestamentos para diferentes tipos de veículos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 6, p. 1073-1079. Dezembro de 2007.