

DISPOSITIVO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM CÂMARA CLIMATIZADA PARA CRIAÇÃO DE INSETOS

PEDRO. L. TAVARES¹, FABRÍCIO P.V. DE CAMPOS¹ ADAUTO M. TAVARES²

¹Laboratório de Eletrônica UFJF, Departamento de Circuitos Elétricos, Universidade Federal de Juiz de Fora
Rua José Lourenço Kelmer, S/n Martelos, Juiz de Fora – MG, 36036330

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Amazônia Ocidental
Rodovia AM-10, Km 29, Manaus – MG, 69010970

E-mails: pedrolaguardia@hotmail.com, fabricio.campos@ufjf.edu.br,
adauto.tavares@embrapa.br

Abstract— The present work approaches the influence of lighting in behaviour and physiology studies of insects under controlled environment, aiming to develop a complementary tool to be attached on acclimated chambers used in laboratory. The project address the importance of studies that point out an interaction between insects and the light (artificial or natural) that they are submitted to. Therefore, the device named Dimmer-Timer was invented in order to emulate key features of natural light in those chambers, and thus, to mitigate the impacts in insects under artificial light. The project scope was shaped by three main guidelines of development: quality of light spectrum, light intensity and dimmer. The light fixture was composed by an array of Light Emitting Diodes suitable for the project. The dimmer is supported by an algorithm responsible for control the light according the references of daily natural light. In addition, the intensity of light was measured and compared with standard values of incubators in market. At last, the device was attached on an adapted chamber in order to accomplish radiometric measures and enabling it for future entomology experiments.

Keywords— Artificial Light, Insects, Light-Emitting Diode, Driver for Power LEDs, Control of Light intensity, Natural light.

Resumo— O presente trabalho contempla a influência da iluminação no estudo comportamental e fisiológico de insetos observados em ambiente controlado e apresenta o desenvolvimento de um dispositivo que atua como ferramenta complementar a câmaras climatizadas usadas em laboratório. O projeto tem como base o reconhecimento da importância de estudos que indicam a interação dos insetos com a iluminação (natural ou artificial) ao qual são submetidos. Assim, o dispositivo intitulado *Dimmer-Timer* foi criado com a intenção de emular características relevantes da luz natural nestas câmaras incubadoras, visando à minimização de impactos aos insetos submetidos à luz artificial. O escopo do projeto foi modelado diante de três principais diretrizes de desenvolvimento: qualidade do espectro de frequência da luminária, intensidade de brilho e dimerização da mesma. O arranjo da luminária foi feito com LEDs adequados ao projeto. A dimerização é atendida por um algoritmo que exerce o controle de luminosidade da luminária, tendo como referência o comportamento diário da luz natural. Em adição, a intensidade de brilho da luminária foi medida e comparada com valores padrões para incubadoras de mercado. Por fim, o dispositivo foi acoplado a uma câmara adaptada para medições radiométricas e possibilitar a realização de futuros experimentos entomológicos.

Palavras-chave— Iluminação Artificial, Insetos, Diodos Emissores de Luz, Circuito de Acionamento para LEDs, Controle de Intensidade de Luz, Luz Natural

1 Introdução

Os insetos respondem a um ritmo circadiano e são altamente suscetíveis a fatores ecológicos como radiação, temperatura e umidade (Bruce-White e Shardlow, 2011). O ritmo circadiano é um mecanismo biológico que se manifesta em expressões de fenômenos rítmicos diários de ordem fisiológica e bioquímica (Saunders et al., 2002). Atualmente, as câmaras climatizadas BOD (*Biological Oxygen Demand Incubator*) possuem recursos parciais para controle destes fatores ecológicos. Este trabalho reconhece a carência de recursos nestes equipamentos para emulação da luz natural em ambientes diversificados habitados por insetos. Experimentos entomológicos são realizados sem reprodução fidedigna de elementos que caracterizam o comportamento da luz natural. Isto pode afetar significativamente a fisiologia e metabolismo dos insetos, em especial sua produção de hormônios e feromônios (Vilela e Lucia, 2001).

Os insetos ocupam uma grande diversidade de biomas e cada um destes possui suas particularidades quanto à exposição luminosa diária e composição espectral desta luz. Além disso, cada espécie de inse-

to desenvolveu, ao longo do seu processo evolutivo, respostas visuais variadas, assim como formas variadas de interação com a luz natural (Briscoe e Chittka, 2001). Neste contexto, o dispositivo apresentado no trabalho visa adicionar recursos de iluminação como dimerização e controle de intensidade máxima de luz aos modelos de BODs atuais, no intuito de emular de forma mais fidedigna o habitat natural dos insetos submetidos à luz artificial. Fato que proporciona melhora na qualidade de resultados obtidos em pesquisas com insetos criados em ambiente controlado.

Este artigo está organizado da seguinte forma: Indicação de aspectos potenciais de influência da iluminação artificial sobre os insetos, projeto da luminária à LED com seu respectivo circuito de acionamento, dinâmica do algoritmo desenvolvido para controle de luminosidade e, ao final, são apresentados resultados para validação do funcionamento do dispositivo desenvolvido.

2 Sensibilidade Luminosa em Insetos

Para o desenvolvimento do projeto foi necessário abordar as característica e comportamento visual dos insetos.

2.1 Espectros de Frequência Visível pelos Insetos

O intervalo do espectro de frequência tangível à detecção por cada espécie de inseto depende da sua sensibilidade visual. A maior parte dos insetos possui seu intervalo de detecção entre a região de 350-700 nanômetros de comprimentos de onda (Barghini, 2008), ou seja, entre a região de raios ultravioletas ao vermelho, respectivamente. Porém, algumas espécies de insetos são sensíveis, também, a frequências infravermelhas, como algumas espécies de moscas (Bruce-White e Shardlow, 2011).

A Figura 1 reúne algumas espécies de insetos com seus respectivos intervalos de sensibilidade visual. Pode-se observar uma tendência de maior sensibilidade na região de menor comprimento de onda, além de se restringir a valores inferiores a 650 nm.

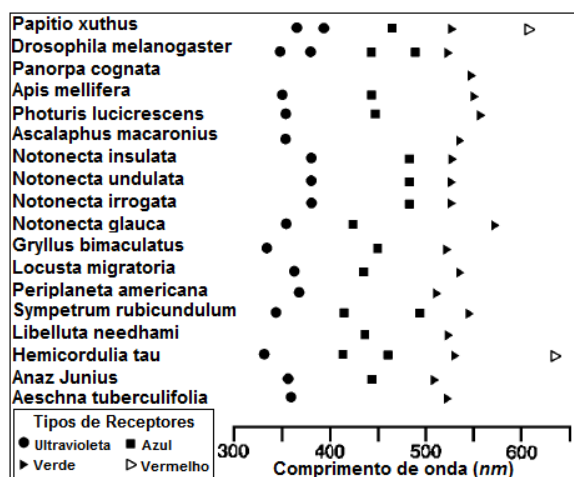


Figura 1. Sensibilidade visual de algumas espécies de insetos. Adaptado de (Briscoe e Chittka, 2001).

2.2 Aspectos da iluminação com influência em insetos

Por meio de revisão bibliográfica em entomologia, pode-se observar diversos aspectos potenciais de influência da iluminação artificial sobre os insetos. Dentre eles, os considerados de maior relevância são tratados a seguir.

A intensidade radiante da fonte de luz artificial deve ser compatível com o valor radiométrico de luz natural do bioma que deseja ser emulado. Portanto, é necessário que o dispositivo permita o ajuste de intensidade máxima luminosa ao qual o inseto será submetido na câmara.

As análises de medição foram feitas no sistema radiométrico, apropriado para a pesquisa com insetos, já que o sistema fotométrico está restrito a interação da luz pela percepção humana.

A luminária utilizada apresenta um espectro de frequência superior ao campo de visão humana, de forma a enfatizar o intervalo de 320-650 nm de luz em decorrência da maior sensibilidade visual de insetos a este intervalo.

Em um contexto ecológico, o fotoperíodo é um instrumento de identificação de regiões e estações do

ano; determinando clima, lugar e tempo com precisão matemática para os insetos. Fenômenos como crescimento, reprodução e diapausa já foram identificados como comportamentos de extrema suscetibilidade a mudanças por meio do controle de fotoperíodo (Saunders et al., 2002). Portanto, o ajuste de tempo para fotofase e escotofase deve ser flexível em referência a qualquer época do ano e em qualquer latitude (região) que se deseja emular. Correções automáticas de incremento e decremento de fotoperíodo podem ser viáveis para simular as suas alterações naturais ao longo do ano em caso de experimentos que envolvam longos períodos de confinamento.

Estudos de efeito luminoso são conduzidos em sua maioria apenas utilizando o estado dicotômico de ligado e desligado da lâmpada para emular o evento fotofase e escotofase. A dimerização no dispositivo deve seguir os padrões de crescimento e decréscimo de intensidade radiativa referente aos padrões da luz natural diária no intuito de diminuir o impacto que a luz artificial pode causar aos insetos submetidos ao ambiente controlado. Além disso, o regime de intensidade luminosa diário é imprescindível ao analisar insetos com comportamentos crepusculares.

A alimentação pela fonte luminosa não deve ser feita diretamente da rede elétrica. Este procedimento pode comprometer o comportamento de insetos que possuem um limiar superior ao humano na identificação da cintilação luminosa das lâmpadas (Shields, 1980). Assim, deve-se utilizar um circuito de acionamento para proporcionar uma alimentação em regime contínuo ou com cintilação em frequência acima das perceptíveis pelos insetos mais sensíveis.

3 Escolha do Tipo de Fonte Luminosa Aplicada

Para a escolha da fonte luminosa mais apropriada para o projeto, foi levado em consideração dois fatores principais: limitações impostas pela fisiologia do inseto listadas na sessão anterior, em conjunto com fatores limitantes de acessibilidade do produto como: preço, disponibilidade em mercado, facilidade no processo de reposição da luminária e complexidade de implementação no projeto.

Foram analisadas três tecnologias de iluminação para se utilizar no dispositivo: fluorescente, incandescente e LED.

A tecnologia fluorescente foi descartada devido à necessidade de um circuito de acionamento complexo (reator dimerizável). A dimerização da lâmpada incandescente em laboratório apresentou acentuado desvio cromático afetando drasticamente a região de espectro abaixo dos 700 nm, região de maior sensibilidade visual entre os insetos. Já o arranjo de LEDs testado apresentou desvio cromático extremamente baixo em sua dimerização. Em adição a este cenário comparativo, pode-se incluir que a resposta de fluxo radiante em função da corrente do LED é aproximadamente linear, o que facilita no controle de luminosidade do mesmo pelo dispositivo.

A tecnologia LED foi considerada a mais adequada por apresentar o maior número de características requeridas para a implementação, com sucesso, no dispositivo *Dimmer-Timer*. Pode-se ressaltar como principais características para sua escolha: o perfil espectral da luminária através de arranjo de LEDs com diferentes bandas de espectro entre UV, V e IV, baixo desvio cromático, resposta linear entre corrente e fluxo radiante, longa vida útil (até 50.000 h pelo modelo utilizado), minimizando a frequência de troca da luminária e tecnologia em expansão no mercado, oferecendo maior variedade e redução de custo.

4 Projeto do Dispositivo Proposto

O dispositivo *Dimmer-Timer* é composto por uma unidade microprocessada em conjunto com um interfaceamento feito por um circuito de acionamento e luminária acoplada em uma câmara. Este capítulo dedica-se a apresentar o desenvolvimento da luminária, adaptação de câmara e projeto de um circuito de acionamento para o arranjo de LEDs.

4.1 Projeto de Luminária

A luminária é composta por quatro LEDs visíveis de modelo K1230 e um LED ultravioleta de modelo K1946 situado ao centro do arranjo. Esta combinação objetivou uma composição espectral dentro da faixa visível dos insetos.

Tabela 1. Descrição técnica dos LEDs utilizados no arranjo.

Modelo	K1230	K1946
Fabricante	Bridgelux	Epileds
Tipo	Visível	Ultravioleta
Temperatura de cor (°K)	4000-4500	-
Fluxo luminoso (lm/W)	110-120	-
Potência nominal (W)	3	3
Corrente direta (mA)	650-700	650-700
Tensão direta (V)	3,2-3,6	3-3,3
Comprimento de onda (nm)	410-450	390-400
Ângulo de abertura (°)	140	140
Vida útil estimada (h)	50000	50000

Optou-se por não utilizar LED infravermelho pela dificuldade de se encontrar com as características técnicas semelhantes ao restante dos LEDs utilizados e sua menor relevância no arranjo devido à maioria dos insetos não possuírem sensibilidade visual para radiação no infravermelho (Briscoe e Chittka, 2001) (Barghini, 2008). Além disso, o calor gerado pela radiação infravermelha pode interferir no controle de temperatura interna da câmara.

A combinação do arranjo gerou o perfil espectral na Figura 2 que se observa em comparação à curva média de sensibilidade dos insetos e humana (Barghini, 2008).

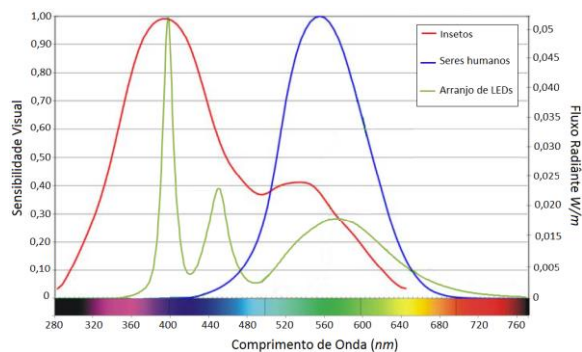


Figura 2. Comparação entre sensibilidade visual fotópica humana, dos insetos (Barghini, 2008) e a distribuição espectral gerada pelo arranjo de LEDs.

4.2 Adaptação de Câmara para o Projeto

A câmara incubadora tem como finalidade possibilitar medições radiométricas e fotométricas do sistema luminária-câmara, além de comportar insetos para futuros experimentos entomológicos com o dispositivo.

A câmara escolhida possui dimensões de 45x20,5x42 cm de modo que possa ser inserida em BOD para demais controles de temperatura e umidade. Em adição, a câmara possui um isolamento entre o dissipador dos LEDs e seu interior, para que a temperatura radiada da luminária não interfira na temperatura do interior da câmara.

4.3 Projeto de Circuito de Acionamento

O conversor *Buck*, com modulação de amplitude (AM), é responsável pelo interfaceamento entre a parte microprocessada e a luminária, efetivando o controle de luminosidade. Este conversor CC-CC foi escolhido devido sua simplicidade de desenvolvimento e sua alta eficiência energética. A Figura 3 mostra a topologia do circuito adotada:

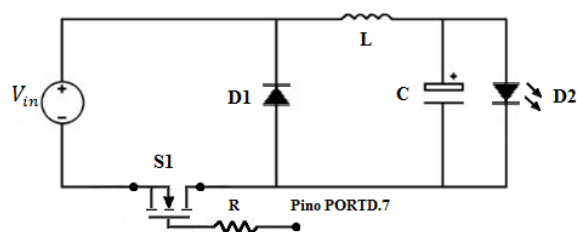


Figura 3. Topologia de conversor *Buck* com conexão ao pino de PWM da unidade microprocessada.

O modelo linear aproximado da carga de iluminação foi deduzido da curva característica do arranjo de LEDs. A curva foi analisada em osciloscópio podendo-se chegar ao modelo da Figura 4, abaixo:

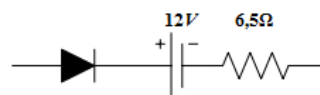


Figura 4. Modelo linear do arranjo de LEDs do projeto.

Para o dimensionamento do *Buck* e atribuições de parâmetros de entrada, foi considerado apenas a sua operação em regime permanente e modo *CCM* (*Continuous-Conduction Mode*). Os dados utilizados para dimensionamento do filtro *LC* são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores para dimensionamento de filtro *LC* do *Buck*.

Frequência de chaveamento (f_c)	57600 Hz
Tensão de entrada (V_m)	24 V
Tensão de saída (V_o)	10-17,2 V
Ripple de corrente (Δi)	20 %
Ripple de tensão (Δv)	0,50 %

Os cálculos do filtro foram determinados pelas fórmulas (1) e (2). Considerando a variação da tensão de saída, foram escolhidos dez pontos compreendidos no intervalo de operação do sistema, iniciado pela tensão de condução do arranjo de 12,5 V , até a tensão 17,2 V correspondente à corrente nominal do arranjo de 700 mA . Por fim, escolheu-se o caso com maior indutância, L , e capacitância, C , de valores 520 mH e 86,8 μF , respectivamente. Utilizou-se um capacitor de 100 μF segundo valor comercial e um indutor com valor de 530 mH , núcleo NEE-30/15/14 com gap e carretel de baquelite/fibra de vidro na prototipação do circuito.

$$L = \frac{V_o(1-D)}{\Delta i \times f_c} \quad (1)$$

$$C = \left(\frac{V_o}{\Delta V} \right) \times \left(1 - \frac{D}{8L \times f_c^2} \right) \quad (2)$$

, em que D é a razão cíclica.

5 Desenvolvimento e Implementação de Código

O código implementado executa a interface entre a operação e execução de comandos pelo dispositivo. Antes de apresentar a base dos conceitos e o desenvolvimento do código, se faz necessário uma apresentação sucinta da plataforma e hardware utilizados no processo de programação.

5.1 Ferramentas para Desenvolvimento de Código

A placa AVR EVAL BOARD, modelo AVR-E RVA, foi utilizada para testar o funcionamento do código em conjunto com os periféricos necessários para o funcionamento do dispositivo. Os recursos utilizados da placa na dinâmica de testes foram: Microcontrolador ATMEGA16X, regulador de tensão 9V/5V, conversor USB/Serial TTL FT232RL, *Real-Time Clock* (RTC), tela Lcd Alfanumérica 16x2, matriz de teclado 4x4 e chave para interrupção externa.

Utilizou-se o chip ATMEGA16X pelas restrições de memória RAM, número de pinos requeridos para execução do programa e baixo de custo.

5.2 Desenvolvimento do Código

O código foi escrito em linguagem C e compilado pelo ambiente integrado de desenvolvimento *Code-VisionAVR* para facilitar o desenvolvimento e permitir sua edição parcial na plataforma Windows.

O programa desenvolvido objetiva coordenar o processo de emulação da luz natural através do controle de regime luminoso diário (fotoperíodo) e sua variação de intensidade (dimerização) ao longo deste. Em adição, possui função de exibição de dados em tela para facilitar a operação do dispositivo e monitoramento do experimento. Pelo diagrama de blocos da Figura 4 pode-se observar a dinâmica do código.

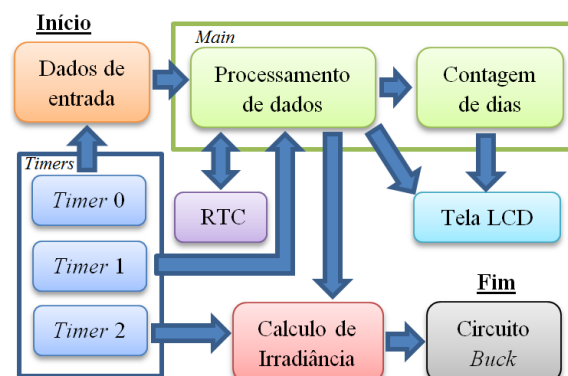


Figura 4. Diagrama de blocos do código.

O fotoperíodo e a variação de irradiância terrestre são decorrentes das suas atividades cíclicas de rotação, translação e sua inclinação em relação ao Sol. Estes dois parâmetros são dados de entrada fornecidos pelo operador. Em seguida, o programa inicializa e processa esses valores para amostrar o estado diurno ou noturno que o experimento se encontra, junto ao cálculo de irradiância instantânea por (3) de acordo com (Pereira et al., 2002), usado como referência para fazer a dimerização ao longo do dia. Assim, o dispositivo executa uma transição gradativa entre os períodos de fotofase/escotofase e proporciona a emulação de eventos crepusculares.

$$E_Z = I_{máx} \cos Z_h \quad (3)$$

, em que E_Z é a irradiância instantânea, $I_{máx}$ é a intensidade máxima ajustada na inicialização do dispositivo, e Z_h é o ângulo zenital instantâneo.

O ângulo zenital é descrito pela posição relativa do Sol em relação à superfície terrestre e é formado pela direção de incidência dos raios solares com o eixo zênite. Pela equação (3), a dimerização da luminária descreve uma curva cossenoide ao longo do dia, tendo seu crescimento na parte da manhã e decréscimo simétrico na parte da tarde. Fatores atmosféricos atenuadores de radiação foram desconsiderados para a dinâmica de dimerização do protótipo devido suas características não lineares de atenuação.

6 Resultados

Os resultados são apresentados para cada parte desenvolvida, assim como para a integralização do dispositivo a fim de validar sua funcionalidade.

6.1 Operações de Conversor Buck

A dimerização do circuito de acionamento ocorreu entre os valores de 55-72% do ciclo de trabalho para ação diurna e vespertina de iluminação. A Figura 5 corrobora a funcionalidade do circuito e mostra o comportamento dos sinais de tensão e frequência do sinal PWM e, tensão e corrente média de saída na carga. Os valores mostrados são respectivos à operação do Buck dimerizado a 63% e equivalente a 60% da capacidade de iluminação da luminária.

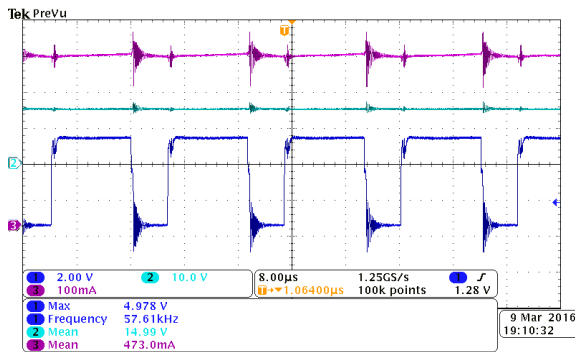


Figura 5. Buck em funcionamento com sinais de tensão máxima e frequência do sinal PWM e, tensão e corrente média de saída.

6.2 Espectroscopia óptica da câmara

Foram realizadas medidas no âmbito radiométrico e fotométrico com a câmara e o arranjo de LEDs a fim de ponderar sua flexibilidade de operação com valores de luminosidade superiores e inferiores aos 2000 lx padrão de BOD de mercado (MPOG, 2016).

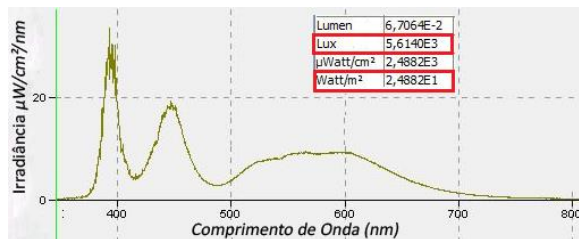


Figura 6. Simulações do código para o período de 24 horas.

Os valores registrados de irradiância e iluminância para potência nominal foram de 24,88 W/m² e 5614 lx, respectivamente. A Figura 6 foi extraída do processo experimental realizado com difusor cosenoidal CC-3-UV-S e espectrômetro CDS610.

6.3 Simulação do Código Implementado

A dimerização do sistema compreende o intervalo de 142-195 do temporizador de 8 bits utilizado para gerar o sinal PWM. Cada unidade deste interva-

lo representa um estado discretizado de iluminação totalizando 54 estados, em $I_{m\acute{a}x}=100\%$, para representação do período diurno e vespertinos da câmara. O intervalo de ação de dimerização foi escolhido atendendo à tensão de condução mínima e potência nominal do arranjo de LEDs, e o pleno funcionamento do Buck. A Figura 7 mostra quatro simulações conduzidas para validação do funcionamento do código com valores de entrada especificados pela Tabela 3.

Ressalta-se que, para a simulação, foi utilizada a hora em formato HML0 (hora média local), facilitando os cálculos e diminuindo o processamento no código. Neste formato, o tempo é dado em valor decimal, o dia se inicia na hora "0" e com meio-dia equivalente à metade do fotoperíodo.

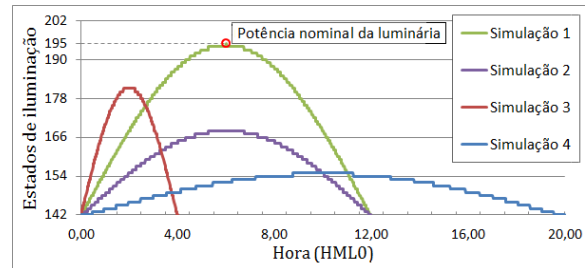


Figura 7. Simulações do código para o período de 24 horas.

Tabela 3. Dados referentes as quatro simulações executadas.

Simulação	1	2	3	4
Fotoperíodo (h)	12	12	4	20
$I_{m\acute{a}x}$ (%)	100	50	75	25
Estados de Ilu. (un.)	54	27	40	14

6.4 Teste Integrado do Dispositivo

A Figura 8 indica a resposta do fluxo radiante medido na luminária em função do controle de dimerização feito pelo Buck.

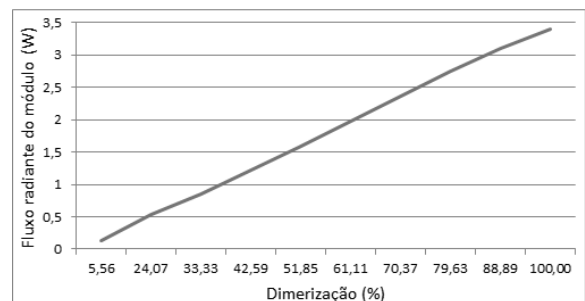


Figura 8. Fluxo radiante da luminária em função de dimerização.

A Figura 9 indica o deslocamento do ponto de cromaticidade entre uma dimerização de 5,56-100% do arranjo de LEDs. Isto equivale a uma diferença de temperatura correlata de 548 °K entre o ponto mínimo e máximo analisado pela esfera integradora. Por fim, a Figura 10 expõe o perfil espectral praticamente inalterável para o arranjo operando em cinco pontos diferentes de dimerização.

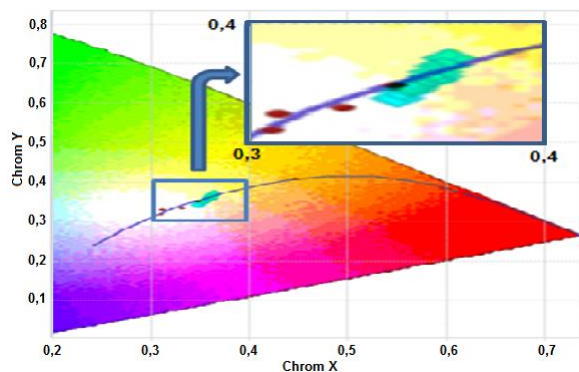


Figura 9. Deslocamento de cromaticidade indicada pela curva em ciano para dimerização entre 5,56-100%.

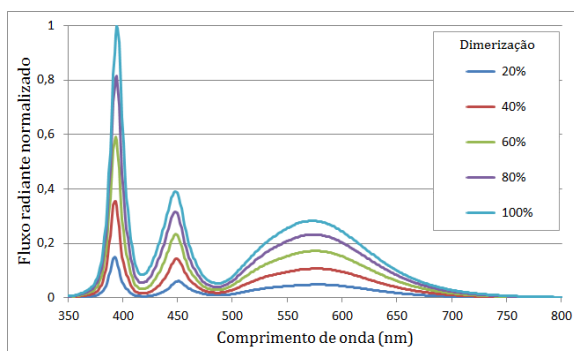


Figura 10. Distribuição espectral de potência do arranjo para dimerização de 20-100%.

7 Conclusão

Os resultados dos testes realizados com a integração das partes desenvolvidas para o dispositivo *Dimmer-Timer* se apresentam consistentes com o projeto idealizado, proporcionando criar um ambiente mais adequado em câmaras climatizadas para pesquisas entomológicas.

O arranjo de LEDs desenvolvido apresenta baixo desvio cromático relativo ao projeto e resposta linear entre controle PWM e fluxo radiante, validando assim, o controle de luminosidade para o dispositivo.

O circuito Buck adotado se mostrou efetivo no controle da potência de saída para a luminária, não se fazendo necessária a utilização de uma realimentação para sua funcionalidade no projeto.

Por insuficiência de dados em grandeza radiométrica, adotou-se a iluminância como parâmetro base para comparação entre BODs e o arranjo de LEDs projetado. Com o valor de 5614 lx, conclui-se que o arranjo atende ao padrão de luminosidade em incubadoras e proporciona uma versatilidade de operação com valor inferior, igual ou superior de iluminação.

A análise das simulações do código é suficiente para afirmar sua funcionalidade apropriada no dispositivo. Em adição, a diminuição no intervalo de atuação do PWM não descaracterizou a curva cossenoidal de variação da irradiância.

O fato de o presente projeto ser direcionado para estudos com insetos, não se restringe sua aplicação à observações com outros organismos vivos, baseado

que, estudos recentes apontam que o ciclo circadiano é proveniente da oxidação e redução cíclica de peroxirredoxinas num ciclo de 24 horas em todos os seres eucariontes (Edgar et al., 2012). Neste contexto, o dispositivo fornece recursos flexíveis para a aplicação em experimentos com outros seres vivos e/ou na utilização com outras abordagens de aplicação como, por exemplo, a criação de animais em confinamento e em zoológicos.

Agradecimentos

Agradeço à Universidade Federal de Juiz de Fora, ao orientador de projeto Dr. Fabrício de Campos, ao pesquisador da Embrapa Dr. Adauto Tavares pela ideia inovadora e ao MSc. Marlon Salmento e Dr. Alessandro Barghini pelo suporte técnico.

Referências Bibliográficas

- Barghini, A. (2008). Influência da Iluminação Artificial sobre a Vida Silvestre: técnicas para minimizar os impactos, com especial enfoque sobre os insetos. Tese de Mestrado - Universidade de São Paulo.
- Briscoe, A. and Chittka L. (2001). The Evolution of Color Vision in Insects. *Annu. Rev. Entomol.* 46:471-510.
- Bruce-White C. and Shardlow, M. (2011). A Review of the Impact of Artificial Light on Invertebrates. Buglife – The Invertebrate Conservation Trust.
- Edgar, R. S; Green, E. W; Zhao, Y; Van Ooijen G; Olmedo M; Qin, X; Xu, Y; Pan, M; Valekunja, U.K; Feeney, K.A; Maywood, E.S; Hastings M.H; Baliga N.S; Mellow, M; Millar, A.J; Johnson, C.H; Kyriacou, C.P; O’Neil, J.S and Reddy A.B. (2012). Peroxiredoxins are conserved markers of circadian rhythms. *Nature.* 485: pp. 459-489.
- Hart, D. W. (2012). *Eletrônica de Potência: Análise e Projetos de Circuitos.* McGrawHill, Nova Iorque - NY.
- Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. (2016). Estufa Incubadora BOD. Disponível em: <<http://www.comprasnet.gov.br>>. Acesso 29 de jan. 2016.
- Pereira, A. R; Angelocci, L. R and Sentelhas, P. C. (2002). *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.* Guaíba, Guaíba - RS.
- Saunders, D. S; Steel, C. G. H; Vafopoulou, X. and Lewis, R. D. (2002). *Insect Clocks.* Elsevier, Filadelfia - PA.
- Shields, E. J. (1980). Locomotory activity of Orius tristicolor under various intensities of flickering and non-flickering light. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 73: 74-77.
- Vilela, E. F and Lucia, T. M. C. D. (2001) *Feromônios de Insetos.* 2 ed. Holos, Ribeirão Preto - SP.