ARTIGO ORIGINAL
ISSN 1677-5090 impresso
ISSN 2236-5222 digital
DOI 10.9771/cmbio.v24i2.64591
© 2025 Revista de Ciências Médicas e Biológicas

Efeitos da luz LED azul associada ao extrato de *Cocos nucifera* L. sobre estágios imaturos de *Aedes aegypti*

Effects of blue LED light associated with Cocos nucifera L. extract on immature stages of Aedes aegypti

Laís França Figueirêdo[1], Gustavo Miranda Pires Santos[2], Rodrigo Miranda Pires Santos[3], Adriano Monte-Alegre[4], Susana Carla Pires Sampaio Santos de Oliveira[5], Paulo Fernando de Almeida[6*]

[1]Bióloga, Mestranda, Universidade Federal da Bahia (UFBA); [2]Biomédico, Doutor em Biotecnologia, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Professor do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, Universidade Federal da Bahia (UFBA); [3]Engenheiro mecânico, Dourando da Universidade Federal da Bahia (UFBA); [4]Biólogo, Doutor em Parasitologia e Especialista em Entomologia Médica, Professor Associado IV de Parasitologia, Universidade Federal da Bahia (UFBA); [5]Cirurgiã Dentista, Doutora em Odontologia, Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal da Bahia (UFPB-UFBA); [6]Médico Veterinário, Mestre e Doutor em Microbiologia pela FEA/UNICAMP, PD, Microbiologia e Biotecnologia, Universidade da Flórida, Professor Titular de Microbiologia, Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Resumo

Introdução: *Aedes aegypti* é vetor de inúmeros arbovírus com impacto na saúde humana, sendo amplamente distribuído no mundo. **Objetivo:** avaliar os efeitos da luz LED azul associada ao extrato de *Cocos nucifera L*. em larvas de *Aedes aegypti*. **Metodologia:** fêmeas adultas de *A. aegypti* foram cultivadas no Laboratório de Insetos Hematófagos do Instituto de Ciências da Saúde da UFBA, sendo alimentadas com sangue (*Gallus gallus domesticus*) para obtenção de ovos. As larvas eclodidas (L1) foram incubadas em copos com água a 25 ºC até alcançarem o estágio L3. Foram formados quatro grupos experimentais, com 300 larvas L3 cada: GC (água destilada); GE (extrato da fibra do coco 15%), GLA (água destilada + LED azul), GLPI (extrato da fibra do coco 15% + LED azul). As larvas dos GLA e GLPI foram irradiadas com LED azul por 30 min, a cada 24 horas, por 2 dias. Após o período de aplicação da luz, as análises foram feitas nos tempos de 24, 48, 72 e 96 horas. Foram avaliados: ecdises (mudas dos imaturos), emergência de adultos e mortalidade. **Resultados:** as larvas do GE tiveram a metamorfose retardada. No ponto de 96 horas, o GE apresentou 92% de larvas, quando comparado ao GC, com 39,33%. No mesmo ponto, a porcentagem de pupas do GLA e GC foram similares, 42,33 e 43,00%, respectivamente, enquanto a porcentagem de adultos foi o dobro no GLA, 14,33%, em relação ao GC, 7,33%. Em 96 horas, o GLPI apresentou mortalidade de 43%, enquanto o GC 10,33% e GE 3%. **Conclusão:** o estudo evidenciou que os grupos com tratamento GLA e GLPI apresentaram taxas de mortalidade de 20,33% e 43%, respectivamente, enquanto o grupo GE obteve uma taxa de sobrevivência de 39,33% das larvas.

Palavra-chave: *Aedes aegypti;* Inativação Fotodinâmica (IFD); LED azul; *Cocos nucifera* L.

Abstract

Introduction: Aedes aegypti is a vector of numerous arboviruses that impact human health and is widely distributed worldwide. **Objective***: to evaluate the effects of blue LED light associated with Cocos nucifera L. extract on Aedes aegypti larvae.* **Methodology***: adult females of A. aegypti were cultured in the Laboratory of Hematophagous Insects of the Institute of Health Sciences of UFBA and fed with blood (Gallus gallus domesticus) to obtain eggs. The hatched larvae (L1) were incubated in cups with water at 25 ºC until they reached the L3 stage. Four experimental groups were formed, with 300 L3 larvae each: GC (distilled water), GE (15% coconut fibre extract), GLA (distilled water + blue LED), and GLPI (15% coconut fibre extract + blue LED). The larvae of GLA and GLPI were irradiated with blue LED for 30 min, every 24 h, for 2 days. After the light application period, analyses were performed at 24, 48, 72 and 96 h. It was evaluated: ecdysis (seedlings of immature), adult emergence and mortality.* **Results***: GE larvae had delayed metamorphosis. At the 96-h point, GE had 92% of larvae, compared to GC, with 39.33%. At the same point, the percentage of pupae of GLA and GC were similar, 42.33 and 43.00%, respectively, while the percentage of adults was twice as high in GLA, 14.33%, in relation to GC, 7.33%. In 96 hours, GLPI presented a mortality rate of 43%, GC presented 10.33%, and GE presented 3%. Conclusion: the study showed that the groups treated with GLA and GLPI presented 20.33% and 43% mortality rates, respectively, while the GE group obtained a survival rate of 39.33% of the larvae.*

Keywords: Aedes aegypti; Photodynamic Inactivation (PDI); Blue LED; Coco nucifera L. extract.

INTRODUÇÃO

O *Aedes aegypti,* popularmente conhecido como mosquito-da-dengue, também é capaz de transmitir inúmeros arbovírus, como o ZIKV (vírus zika), o CHIKV (vírus chikungunya) e o YEV (vírus da febre amarela), dentre outros. Esse mosquito vetor, proveniente do continente

Correspondente/Corresponding: *Paulo Fernando de Almeida – End: Av. Reitor Miguel Calmon s/n – Vale do Canela, CEP 40.110-100 – E-mail: pfatk@yahoo.com.br

africano, foi introduzido no Brasil durante o período colonial e hoje se encontra disseminado por todo o país e em quase todo o mundo[1]. No Brasil, os primeiros casos de doenças relacionadas aos arbovírus transmitidos pelo *A. aegypti* ocorreram no final do século XIX, em Curitiba (Paraná), e no início do século XX, em Niterói (Rio de Janeiro)[1], tendo aumentado desde então. Um recente Boletim Epidemiológico do Ministério da Saúde (MS) revelou um aumento nos casos de arboviroses em 2024. A incidência de dengue atingiu 3.060,7 casos/100 mil habitantes, enquanto a chikungunya registrou 114,9 casos/100 mil habitantes e a zika, 4,2 casos/100 mil habitantes, números bem superiores aos observados nas mesmas semanas dos anos anteriores[2]. Um relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) revelou que o número de casos de dengue notificados nas primeiras 23 semanas de 2024, no Brasil, chegou a 7.866.769, o que constitui um aumento de 230% em relação ao mesmo período de 2023[3].

As medidas preconizadas pela vigilância sanitária para reduzir a transmissão de arboviroses geralmente visam o controle do vetor. Para isso, costumam ser usados produtos químicos de efeito letal sobre as fases imaturas e aladas do inseto. No entanto, quando feitas de forma açodada, essas medidas de combate podem favorecer o desenvolvimento de populações de *A. aegypti* resistentes, além do impacto que os componentes químicos tóxicos podem produzir no ambiente[4,5]. Em vista disso, a priorização e o uso de compostos naturais ou intervenções físicas nos controles de vetores tornam-se arquétipos ideais para essas ações de combate.

As fototerapias têm sido as vias de controle mais estudadas nestes últimos tempos. Uma dessas abordagens originais é o uso de moléculas fotoativáveis ou fotolarvicidas[4]. Estudos recentes mostram seu potencial no controle de microrganismos e vetores. Com o uso físico de controle de patógenos ou de organismos vetores, através de fotoativos, alcança-se a redução praticamente completa dos impactos ambientais e é minimizado o aumento da resistência das populações-alvo[4,6-8]. A inativação fotodinâmica (IFD) atua envolvendo três fatores principais: o fotossensibilizador (ou corante), uma fonte de luz e o oxigênio[9-10]. Inicialmente, os fotossensibilizadores podem atuar como larvicidas, absorvendo a luz visível e produzindo oxigênio singlete ($^1O_2$) altamente reativo, que afeta drasticamente os sistemas biológicos, atacando muitas moléculas vitais simultaneamente[11].

A maior parte dos trabalhos que envolvem IFD, no entanto, está restrita ao controle de microrganismos (bactérias)[12-13]. Em 2021, uma equipe de pesquisa dedicou-se ao estudo da utilização da Inativação Fotodinâmica (IFD) em insetos Culicidae do gênero *Aedes*, especificamente da espécie *Aedes aegypti*, associando lâmpadas fluorescentes brancas com curcumina/D-manitol (DMC)[14]. Dessa forma, existem poucos estudos voltados especificamente para IFD e *A. aegypti,* sendo mais comum a ocorrência de trabalhos com dedicação exclusiva a extratos vegetais, óleos essenciais e nanopartículas[15-17].

Nesse contexto, considerando a possibilidade de contribuir nos avanços de domínios alternativos de controle com baixo impacto ambiental, o objetivo deste estudo foi avaliar o uso de luz LED azul associado ao extrato de *Coco nucifera* L. sobre larvas de *A. aegypti*.

METODOLOGIA

Obtenção das larvas

A colônia de *A. aegypti* desenvolvida no Laboratório de Insetos Hematófagos (LIH), do Instituto de Ciências da Saúde (ICS), da Universidade Federal da Bahia (UFBA), serviu de base para a obtenção das larvas do estudo. Seguindo o protocolo utilizado no LIH, fêmeas adultas foram alimentadas com sangue (*Gallus gallus domesticus*), e os ovos depositados pelas fêmeas em cartelas de papel filtro foram direcionados para eclosão. A fim de acelerar e uniformizar a eclosão das larvas, foi utilizada uma bomba de vácuo (modelo Vac26 Bivolt) conectada à câmara de um dessecador. Dentro da câmara, foram colocados copos plásticos com água destilada e os ovos do *Aedes aegypti*, por um período de 1 a 2 horas. Após a eclosão, as larvas L1 foram alimentadas com ração de peixe (Basic Alcon®) e transferidas para incubadora a 25 °C, a fim de favorecer a metamorfose dos imaturos até estágio o L3, destinado aos experimentos.

Extração da fibra do coco (*Cocos nucifera* L.)

Os resíduos da casca de coco foram cedidos por uma loja comercial situada na Região Metropolitana de Salvador, em Lauro de Freitas (BA), que vende coco *in natura*. Após a coleta, os cocos foram triturados por uma máquina de triturar coco TRC-50 8,5hpTraapp. As fibras foram levadas à estufa a 75 °C por 24 horas para secagem completa. Cerca de 5 g da massa seca foi submersa em 100 ml de solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 4%, durante 3 minutos. Em seguida, utilizou-se papel celulósico para realizar a filtração, processo que resultou na separação das partes sólidas do líquido. Posteriormente, o extrato obtido foi aquecido em banho-maria, em temperatura de 60 ºC, por um período de 1 hora. Após o aquecimento, procedeu-se à neutralização do extrato através da adição de, aproximadamente, 20ml de ácido clorídrico (HCl), até que se atingisse um pH neutro. O extrato resultante desse processo foi, então, denominado extrato bruto neutralizado (EBN).

Irradiação

Para o presente estudo, foram constituídos 4 grupos experimentais, cada um compreendendo 6 repetições, representadas por frascos de vidro com 50 larvas e 90 ml de líquido (água destilada ou extrato 15%), totalizando 300 larvas por grupo. Os grupos estabelecidos foram os seguintes: Grupo de controle (GC): larvas mantidas em água destilada, sem a aplicação de qualquer tratamento;

Grupo extrato (GE): larvas submersas no extrato da fibra do coco 15%; Grupo LED azul (GLA): larvas mantidas em água destilada e submetidas à exposição de luz LED azul; e Grupo LPI (GLPI): larvas submersas no extrato da fibra do coco 15% e submetidas luz LED azul. Nos Grupos GLA e GLPI, as larvas foram expostas à irradiação com LED azul duas vezes, por um período de 30 min, em um intervalo de 24 horas. O aparelho utilizado foi um protótipo que consiste em um conjunto de LED azul com formato quadricular (4x4cm), com aproximadamente 70 microLEDs e de comprimento de onda 420ηm ± 20ηm. Os frascos foram inspecionados diariamente, durante um período de 96 horas (4 dias), com o registro diário das ecdises. Para confirmação da mortalidade, as larvas foram individualmente estimuladas à movimentação com o auxílio de uma pipeta de Pasteur descartável. A ausência de resposta ao estímulo foi adotada como critério de mortalidade.

Análise estatística

Um banco de dados foi criado no *software* Microsoft 365 Excel. Inicialmente, foi realizada a estatística descritiva e, posteriormente, a estatística inferencial. Foram aplicados os testes ANOVA (*two-way*) e o teste de Tukey, no *software* R (versão 4.3.2). Foram considerados estatisticamente significantes valores de $p<0,05$.

RESULTADOS

As análises mostraram uma alteração no padrão de maturação dos insetos nos diferentes grupos, assim como uma importante variação na mortalidade dos estágios imaturos de *A. aegypti*.

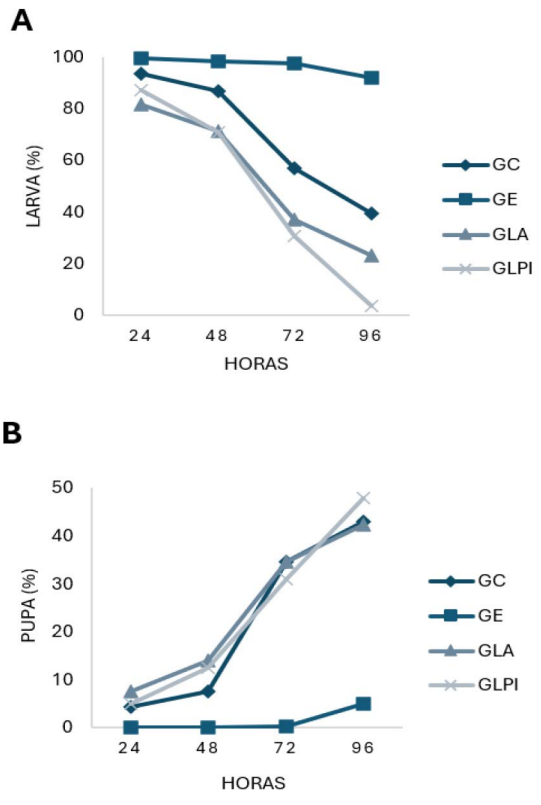
No grupo de controle (GC), os resultados obtidos, ao longo do período experimental, foram os seguintes: em 24 horas, 93,66% das larvas estavam vivas, 4,33% em fase de pupa e 2% mortas; em 48 horas, 87% das larvas estavam vivas, 7,66% em fase de pupa, 2% já haviam se tornado adultas e 3,33% estavam mortas; em 72 horas, houve uma redução no número de larvas vivas, restando 57%, enquanto 34,66% já estavam em fase de pupa, 2,66% eram adultas e 5,66% estavam mortas; em 96 horas, aproximadamente 39,33% das larvas permaneceram vivas, 43% estavam em fase de pupa, 7,33% eram adultas e a taxa de mortalidade atingiu 10,33% (Figura 1A, B, C e D).

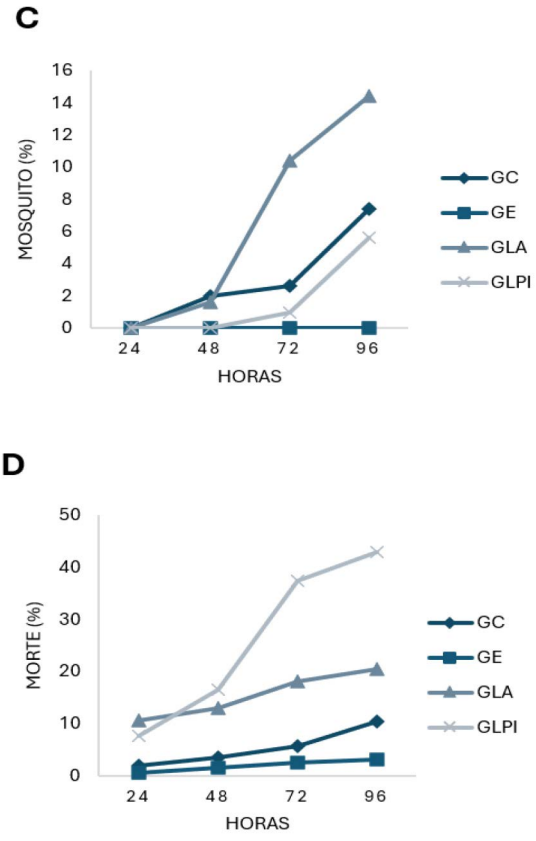
No grupo tratado com extrato da fibra do coco a 15% (GE), os resultados observados foram os seguintes: em 24 horas, 99,33% das larvas estavam vivas e 0,66% mortas; em 48 horas, aproximadamente 98,33% das larvas permaneceram vivas e 1,66% estavam mortas, apresentando um diferencial de 1% de mortalidade entre 24 e 48 horas; em 72 horas, as pupas foram contabilizadas, representando 0,33% do total, enquanto as larvas representavam 97,33%, e a taxa de mortalidade era de 2,33%. Em 96 horas, 92% dos indivíduos eram larvas, 5% eram pupas, e a taxa de mortalidade era de 3% (Figura 1A, B, C e D).

No grupo exposto à luz LED azul (GLA), os resultados foram: nas primeiras 24 horas, 81,66% das larvas estavam vivas, 7,66% se transformaram em pupas e 10,66% estavam mortas; em 48 horas, 71,33% das larvas estavam vivas, 14% se transformaram em pupas, 1,66% se transformaram em adultas e 13% morreram; em 72 horas, 37% das larvas estavam vivas, 34,66% se transformaram em pupas, 10,33% se transformaram em adultas e 18% morreram; e em 96 horas, 23% das larvas estavam vivas, 42,33% se transformaram em pupas, 14,33% se transformaram em adultas, e a taxa de mortalidade foi de 20,33% (Figura 1A, B, C e D).

A análise do grupo tratado com LED azul e extrato da fibra do coco a 15% (GLPI) revelou uma redução gradativa no percentual de larvas ao longo do período experimental: em 24 horas, 87,33% das larvas estavam vivas, 5% em fase de pupa e 7,66% mortas; em 48 horas, 71% das larvas estavam vivas, 12,66% se transformaram em pupas e 16,33% morreram; em 72 horas, 30% das larvas estavam vivas, 31% se transformaram em pupas e 37,33% morreram; e, por fim, em 96 horas, 3,33% de larvas estavam vivas, 48% das pupas foram observadas, 5,66% era de adultas, e 43% de mortalidade foi registrada (Figura 1A, B, C e D).

Figura 1 – *Avaliação do desenvolvimento do mosquito Aedes aegypti em quatro grupos experimentais (GC, GE, GLA e GLPI) ao longo de um período de 96 horas*





Legenda – A figura apresenta a distribuição dos indivíduos em cada um dos estágios de desenvolvimento: larval (A), pupal (B) e mosquito (C), além da mortalidade (D). As observações foram realizadas a cada 24 horas, permitindo a análise do progresso do desenvolvimento ao longo do tempo.

Fonte: autoria própria.

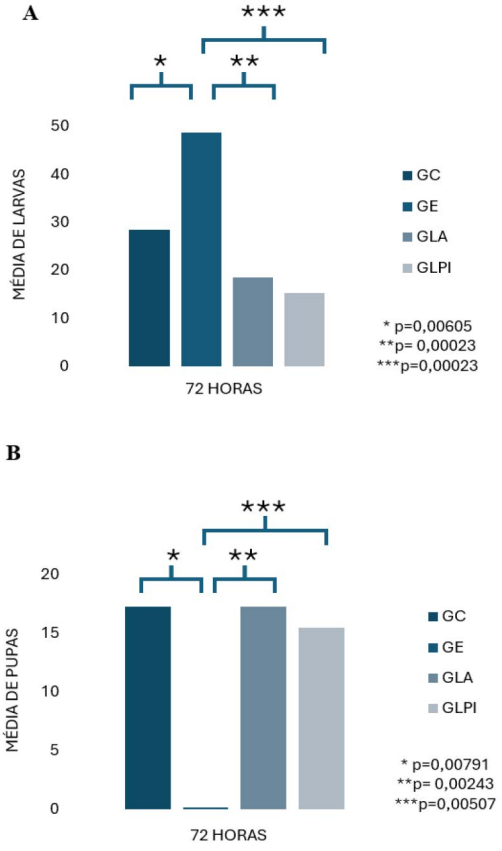
Na figura 2A, observa-se que, no período de 72 horas, o GE apresentou um número de larvas significativamente superior em relação aos demais grupos, o que sugere um efeito positivo na manutenção da viabilidade larval. Os grupos GC e GLA também exibiram um número considerável de larvas, embora em menor proporção. Em contrapartida, o grupo tratado com o extrato e LED azul, o GLPI, demonstrou a menor média de larvas. Observam-se diferenças estatísticas significativas entre os grupos.

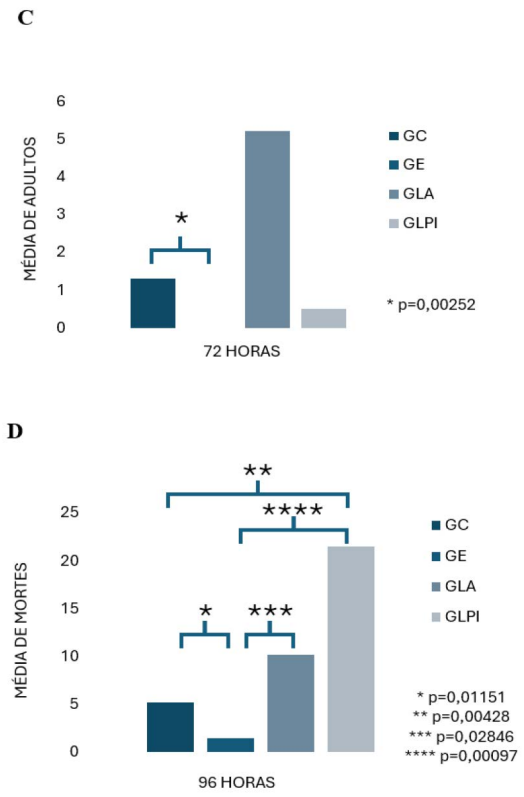
A figura 2B mostra a média de pupas em 72 horas. Os grupos GC e GLA se destacam com a maior quantidade de pupas, sugerindo que as condições, ou o tratamento desses grupos, podem ter acelerado a transição da fase larval para a fase de pupa. O grupo GLPI também apresenta uma quantidade notável de pupas, enquanto o grupo GE mostra a menor média, o que reforça o quantitativo de larvas, como se verifica na Figura 2A. As marcações estatísticas (p=0,00791, p=0,00243 e p=0,00507) reforçam a significância das diferenças entre os grupos, com destaque para a comparação entre GE e GLA.

Na figura 2C, também no tempo de 72 horas, mostra-se que o grupo GLA sobressai, com uma média de adultos consideravelmente maior em relação aos outros grupos, sugerindo que o tratamento desse grupo pode ter promovido uma metamorfose mais eficiente para a fase adulta. Os demais grupos apresentam uma média de adultos muito baixa, com destaque para o grupo GE, que não apresenta nenhum adulto nesse período. A significância estatística (p=0,00252) entre GC e GE é evidente, corroborando a observação de efeitos distintos entre os grupos.

A figura 2D revela a média de mortes em 96 horas, e o grupo GLPI se destaca com o maior número, sugerindo que o tratamento desse grupo pode ter sido eficaz. Os grupos GC e GLA apresentam uma quantidade moderada de mortes, enquanto o grupo GE demonstra o menor número de óbitos. As marcações estatísticas foram p=0,01151, p=0,00428, p=0,02846 e p=0,00097.

Figura 2 – *Comparação estatística dos tempos de desenvolvimento do Aedes aegypti em quatro grupos experimentais (GC, GE, GLA e GLPI).*





Legenda – A figura apresenta a análise estatística dos seguintes parâmetros: tempo de desenvolvimento larval, pupal e adulto (72 horas) e taxa de mortalidade (96 horas). Os resultados permitem avaliar a influência dos diferentes tratamentos experimentais sobre o ciclo de vida do mosquito.

Fonte: autoria própria.

DISCUSSÃO

A faixa espectral da Luz LED azul (comprimento de onda 420ηm ± 20ηm) foi selecionada para o estudo de fotoinativação, por possuir capacidade de absorção de outros comprimentos de onda.

No presente estudo, 300 larvas de *Aedes aegypti* foram utilizadas em cada um dos quatro grupos experimentais: controle (GC), extrato (GE), LED azul (GLA) e LPI (GLPI). As análises foram realizadas em períodos específicos de 24, 48, 72 e 96 horas após a irradiação.

Os resultados mostraram uma alteração no padrão de maturação e mortalidade dos insetos nos distintos grupos experimentais.

No último ponto experimental, 96 horas, os recipientes do grupo extrato (GE) continham 92% de larvas. Em contraste, os grupos de controle (GC) e o grupo LED azul (GLA) apresentaram uma quantidade significativamente menor de larvas, com 39,33% e 23%, respectivamente. O alto percentual de larvas observado no GE, em 96 horas, sugere que o extrato não induz a mortalidade e inibe a metamorfose.

Os resultados obtidos indicam que as diferenças evidenciadas nos distintos grupos estão voltadas, de uma parte, para a aceleração ou retardamento de metamorfose, e, de outra parte, para suas ações na letalidade ou proteção das formas imaturas de *Aedes aegypti*.

Sabe-se que os processos de metamorfose em insetos são mediados por dois hormônios principais: 20-hidroxiecdisona (20E, forma ativa da ecdisona) e o hormônio juvenil. O hormônio juvenil, em particular, é produzido pelos *corpora allata* (glândula) e é responsável por manter o organismo em seus estágios larvais[18,19]. Quando chega a hora de realizar a muda, sinais ambientais ativam células neurossecretoras, que produzem neuro-hormônio protorácico ou PTTH (*prothoracicotropic hormone*)[20]. E, quando essa concentração supera a de hormônio juvenil, ocorre o processo de muda[18,19].

Estudos preliminares, realizados no laboratório (dados não apresentados), indicam que as larvas, após incorporarem o extrato bruto do *Coco nucifera* L., apresentam as áreas dos cecos torácicos (prototórax) marcadas por uma cor vermelho-amarronzada. Considerando que a *corpora cardiacum* armazena e libera neuro-hormônios capazes de ativar HPTT, poder-se-ia supor que compostos presentes no extrato vegetal pudessem se ligar a receptores da larva, inibido a ação do HPTT ou a formação do 20-hidroxiecdisona, ao se levar em conta que, de modo incomum, no grupo extrato (GE), no tempo de 96 horas, 92% dos insetos do ainda se mantiveram em estágio larval.

Os resultados mostram que a incidência de luz LED azul, com ou sem extrato vegetal, produz mais morte das formas imaturas de *Aedes aegypti*, quando comparada ao tratamento do grupo extrato e do grupo de controle. Uma primeira justificativa para o fato pode estar relacionada ao fato de que a luz LED, nesta faixa espectral (azul), produz estresse oxidativo e necroptose[21-24], o que justificaria a mortalidade, sobretudo, na fase larvar dos mosquitos. Por outro lado, a alteração do balanço redox de citocromos, a exemplo do citocromo oxidase e fotorreceptores ligados a flavina adenina dinucleotídeo (FAD), ensejou a síntese energética e o estresse oxidativo, o que poderia justificar, de uma parte, a indução na ecdise de fase pupal para a fase adulta.

Alguns estudos já revelaram a capacidade letal da luz azul contra diferentes insetos, incluindo culicídeos, mas isso não foi feito em relação às fases imaturas de *Aedes aegypti.* Para alguns autores, os efeitos letais, em alguns organismos, seriam atribuídos à presença de porfirinas endógenas, que, ao absorverem a luz azul, interagem com o oxigênio molecular e formam radicais livres[23-25]. Estudos sobre a irradiação, em diferentes estágios de desenvolvimento da *Drosophila melanogaster* (mosca-das-frutas), sugerem que, quando os insetos são irradiados com luz azul, a energia da luz é absorvida por partes específicas da espécie, gerando danos em órgãos e tecidos, devido à formação de ROS, o que pode induzir a letalidade[24-26].

No trabalho que ora apresentamos, foi possível revelar as especificidades da luz LED azul, em ação isolada ou quando associada ao extrato de *Coco nucifera* L. e os

seus efeitos ao longo do ciclo de vida do vetor, *Aedes aegypti*. Foi evidenciada a capacidade de o extrato vegetal de *Coco nucifera* L. inibir a metamorfose em fase imatura do inseto. A pesquisa revela que a luz LED azul, tanto em combinação com o extrato de *Coco nucifera* L. quanto isoladamente, demonstrou ser um fator de mortalidade para o *Aedes aegypti*. Isso significa que a exposição à luz LED azul, de alguma forma, contribuiu para a morte desses mosquitos, seja por si só ou intensificando o efeito do extrato.

Um ponto importante a ser destacado é que a luz LED azul parece ter um efeito específico no ciclo de vida do *Aedes aegypti*. Os resultados sugerem que essa luz pode ter estimulado a ecdise, que é o processo de troca da cutícula, da fase larval para a fase pupal. Em outras palavras, a luz LED azul parece ter acelerado a transformação das larvas em mosquitos pupas.

Essa descoberta é relevante porque compreender como a luz LED afeta o *Aedes aegypti* pode abrir caminhos para o desenvolvimento de novas estratégias de controle do mosquito. Por exemplo, a luz LED azul poderia ser utilizada para interromper o ciclo de vida do mosquito, impedindo que ele chegue à fase adulta e, consequentemente, reduzindo a população de mosquitos transmissores de doenças.

Por fim, a variedade de efeitos observados no presente estudo deixa clara a importância do aprofundamento das análises, nos domínios dos processos fotodinâmicos e isolados vegetais, com vistas a se expandir a compreensão da diversidade de vias para o controle do *Aedes aegypti*.

CONCLUSÃO

O controle tradicional do *A. Aegypti*, baseado em larvicidas e adulticidas químicos, tem gerado resistência no inseto e desequilíbrios ambientais. Por isso, estudos sobre alternativas naturais e tecnológicas têm crescido, como o uso de extratos e óleos botânicos, além de tecnologias, como o uso de luzes LED.

Este estudo explorou o potencial da luz LED azul e do extrato do *Coco nucifera* L. no controle do *Aedes aegypti*, mostrando que ambos podem interferir no ciclo biológico do mosquito, causando mortalidade. No entanto, são necessários mais estudos para entender os mecanismos de ação desses recursos nos estágios imaturos do vetor.

REFERÊNCIAS

1. Instituto Oswaldo Cruz- FIOCRUZ. Dengue: vírus e vetor [Internet]. [citado 2024 Jan 22]. Disponível em: https://www.ioc.fiocruz.br/dengue/textos/aedesvetoredoenca.html

2. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Boletim Epidemiológico 11. Monitoramento das arboviroses e balanço de encerramento do Comitê de Operações de Emergência (COE) Dengue e outras Arboviroses 2024 [Internet]. 2024 jul [citado 2024 jan 10];55. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2024/boletim-epidemiologico-volume-55-no-11.pdf/view.

3. Organização Pan-Americana da Saúde. Atualização Epidemiológica – Aumento de casos de dengue na Região das Américas [Internet]. 2024 jun 18 [citado 2024 jul 16]. Disponível em português: https://www.paho.org/pt/documentos/atualizacao-epidemiologica-aumento-casos-dengue-na-regiao-das-americas-18-junho-2024

4. Souza LM de, Venturini FP, Inada NM, Iermak I, Garbuio M, Mezzacappo NF, et al. Curcumin in formulations against Aedes aegypti: Mode of action, photolarvicidal and ovicidal activity. Photodiagnosis Photodyn Ther. 2020;31:101840. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.101840

5. Margulis-Goshen K, Magdassi S. Nanotechnology: An Advanced Approach to the Development of Potent Insecticides. Advanced Technologies for Managing Insect Pests, 2013;295-314. doi: 0.1007/978-94-007-4497-4_15

6. Souza LM de, Inada NM, Venturini FP, Carmona-Vargas CC, Pratavieira S, de Oliveira KT de, et al. Photolarvicidal effect of curcuminoids from Curcuma longa Linn. against Aedes aegypti larvae. J Asia-Pac Entomol. 2019 Mar 1;22(1):151-8. doi: https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.12.016

7. Magro M, Bramuzzo S, Baratella D, Ugolotti J, Zoppellaro G, Chemello G, et al. Self-assembly of chlorin-e6 on γ-Fe2O3 nanoparticles: application for larvicidal activity against Aedes aegypti. J Photochem Photobiol B. 2019 May 1;194:21-31. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2019.03.004

8. Lima AR, Silva CM, Caires CS, Prado ED, Rocha LRP, Cabrini I, et al. Evaluation of eosin-methylene blue as a photosensitizer for larval control of Aedes aegypti by a photodynamic process. Insects. 2018 Aug 30;9(3):109. doi: https://doi.org/10.3390/insects9030109

9. Melo W de CMA de, Perussi JR. Comparando inativação fotodinâmica e antimicrobianos. Rev Ciênc Farm Básica Apli. 2012 Jul 1;33(3):331-40.

10. Garbuio M, Lima AR, Silva KJS, De Souza M, Inada NM, Dias LD, et al. Influence of temperature combined with photodynamic inactivation on the development of Aedes aegypti. Photodiagnosis Photodyn Ther. 2024 Feb 1;45:103977. doi: 10.1016/j.pdpdt.2024.103977

11. Souza LM de, Inada NM, Pratavieira S, Corbi JJ, Kurachi C, Bagnato VS. Efficacy of photogem®(Hematoporphyrin Derivative) as a photoactivatable larvicide against Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) larvae. J Life Sciences. 2017;11(2):74-81. doi: 10.17265/1934-7391/2017.02.003

12. Calin MA, Parasca SV. Light sources for photodynamic inactivation of bacteria. Lasers Med Sci. 2009 May;24(3):453-60. doi: 10.1007/s10103-008-0588-5

13. Baffoni M, Bessa LJ, Grande R, Di Giulio M, Mongelli M, Ciarelli A, et al. Laser irradiation effect on Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa biofilms isolated from venous leg ulcer. Int Wound J. 2012;9(5):517–24. doi: 10.1111/j.1742-481X.2011.00910.x

14. Mezzacappo NF, Souza LM de, Inada NM, Dias LD, Garbuio M, Venturini FP, et al. Curcumin/d-mannitol as photolarvicide: induced delay in larval development time, changes in sex ratio and reduced longevity of Aedes aegypti. Pest Manag Sci. 2021 May;77(5):2530-8. doi: 10.1002/ps.6286

15. Sugauara EYY, Sugauara E, Sugauara RR, Bortolucci W de C, Fernandez CMM, Goncalves JE, et al. Larvicidal activity of Brunfelsia uniflora extracts on Aedes aegypti larvae. Nat Prod Res. 2022 Feb 16;36(4):1031-7. doi: 10.1080/14786419.2020

16. Brandão LB, Santos LL, Martins RL, Rodrigues ABL, Rabelo E de M, Galardo AKR, et al. Larvicidal evaluation against Aedes aegypti and antioxidant and cytotoxic potential of the essential oil of Tridax procumbens L. leaves. Scientific World Journal. 2021;2021(1):2172919. doi: https://doi.org/10.1155/2021/2172919

17. Muthukumaran U, Govindarajan M, Rajeswary M. Mosquito larvicidal potential of silver nanoparticles synthesized using Chomelia asiatica (Rubiaceae) against Anopheles stephensi, Aedes aegypti, and Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae). Parasitol Res. 2015 Mar;114(3):989-99. doi: 10.1007/s00436-014-4265-2

18. Hartfelder K. Insect juvenile hormone: from" status quo" to high society. Braz J Med Biol Res. 2000;33(2):157-77. doi: https://doi.org/10.1590/S0100-879X2000000200003

19. Noriega FG. Nutritional regulation of JH synthesis: a mechanism to control reproductive maturation in mosquitoes?. Insect Biochem Mol Biol. 2004 July 1;34(7):687-93. doi: https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2004.03.021

20. Hoffmann KH, Lorenz MW. Recent advances in hormones in insect pest control. Phytoparasitica. 1998 Dec;26(4):323-30. doi: 10.1007/BF02981447

21. Bumah VV, Masson-Meyers DS, Cashin SE, Enwemeka CS. Wavelength and bacterial density influence the bactericidal effect of blue light on methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA). Photomed Laser Surg. 2013 Nov 1;31(11):547-53. doi: 10.1089/pho.2012.3461

22. Bumah VV, Masson-Meyers DS, Cashin S, Enwemeka CS. Optimization of the antimicrobial effect of blue light on methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) in vitro. Lasers Surg Med. 2015 Mar;47(3):266-72. doi: 10.1002/lsm.22327

23. Masson-Meyers DS, Bumah VV, Biener G, Raicu V, Enwemeka CS. The relative antimicrobial effect of blue 405 nm LED and blue 405 nm laser on methicillin-resistant Staphylococcus aureus in vitro. Lasers Med Sci. 2015 Dec;30(9):2265-71. doi: 10.1007/s10103-015-1799-1

24. Song W, Zhu R, Gao W, Xing C, Yang L. Blue light induces RPE cell necroptosis, which can be inhibited by minocycline. Front Med. 2022 Apr 26;9:831463. doi: 10.3389/fmed.2022.831463

25. Kam JH, Hogg C, Fosbury R, Shinhmar H, Jeffery G. Mitochondria are specifically vulnerable to 420nm light in drosophila which undermines their function and is associated with reduced fly mobility. PloS One. 2021 Sep 3;16(9):e0257149. doi: 10.1371/journal.pone.0257149

26. Shibuya K, Onodera S, Hori M. Toxic wavelength of blue light changes as insects grow. PloS One. 2018 June 19;13(6):e0199266. doi: 10.1371/journal.pone.0199266

SUBMISSÃO: 19/11/2024
ACEITE: 11/03/2025