

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

BENEDITA MARIA COSTA NETA

**EFICIÊNCIA DA TECNOLOGIA LED (LIGHT-EMITTING DIODE) NA
CAPTURA DE MOSQUITO DO GÊNERO *ANOPHELES* (DIPTERA:
CULICIDAE) VETORES DA MALÁRIA**

SÃO LUÍS

2017

BENEDITA MARIA COSTA NETA

**EFICIÊNCIA DA TECNOLOGIA LED (LIGHT-EMITTING DIODE) NA
CAPTURA DE MOSQUITO DO GÊNERO *ANOPHELES* (DIPTERA:
CULICIDAE) VETORES DA MALÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof^o Dr. José Manuel Macário Rebêlo
Coorientador: Prof^o Dr. Francinaldo Soares Silva

SÃO LUÍS

2017

Costa-Neta, Benedita Maria.

EFICIÊNCIA DA TECNOLOGIA LED LIGHT-EMITTING DIODE NA
CAPTURA DE MOSQUITO DO GÊNERO ANOPHELES DIPTERA: CULICIDAE
VETORES DA MALÁRIA / Benedita Maria Costa-Neta. - 2017.
89 f.

Coorientador(a): Francinaldo Soares Silva.

Orientador(a): José Manuel Macário Rebêlo.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Ciências da Saúde/ccbs, Universidade Federal do Maranhão,
São Luís, 2017.

1. Anofelino. 2. Armadilha luminosa. 3. Atração. 4.
Diodo emissor de luz. 5. Intensidade luminosa. I.
Rebêlo, José Manuel Macário. II. Silva, Francinaldo
Soares. III. Título.

BENEDITA MARIA COSTA NETA

**EFICIÊNCIA DA TECNOLOGIA LED (LIGHT-EMITTING DIODE) NA
CAPTURA DE MOSQUITO DO GÊNERO *ANOPHELES* (DIPTERA:
CULICIDAE) VETORES DA MALÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde.

Linha de Pesquisa: Investigação Clínica e Laboratorial de Doenças Infecciosas e Parasitárias

Data: 29/03/2017

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof^o Dr. José Manuel Macário Rebêlo
Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia)

Coorientador: Prof^o Dr. Francinaldo Soares Silva
Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia

Memória: Prof^a Dra. Lucilene Amorim Silva
Doutora em Patologia

Titular: Prof^a Dra. Eloisa da Graça do Rosário Gonçalves
Doutora em Medicina Tropical

Externo: Prof^o. Dr. José Bento Pereira Lima
Doutor em Biologia Parasitária

A Deus pelo presente da vida autor do meu destino.

Aos meus queridos pais, Raimundo e Maria das Neves (*In memoriam*), pelo apoio, dedicação, incentivo e amor incondicional ao longo da minha vida.

Aos meus irmãos, em especial Roquildes (*In memoriam*), pela amizade e companheirismo de sempre.

Aos meus sobrinhos presentes divinos que encantam a minha vida.

Aos meus tios, Maria das Dores e Edson, pelos ensinamentos e incentivos.

Aos meus mestres, Francinaldo Silva e José Manuel Macário, pelos ensinamentos e amizade.

Ao meu amor, Jefferson Brito, pessoa com quem amo partilhar a vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade e felicidade de poder realizar mais um sonho em minha vida e por todas as conquistas alcançadas até aqui.

Aos meus orientadores e mestres Prof^o Dr. José Manuel Macário Rebêlo e Prof^o Dr. Francinaldo Soares Silva, pelo belíssimo exemplo de seres humanos que são, venho aqui expressar minha profunda gratidão, agradeço os seus ensinamentos, conselhos, paciência, carinho, amizade, compressão e incentivo que me fizeram crescer cientificamente e pessoalmente, além da confiança depositada em mim. Tenho a honra de chama-los de meus mestres e pais científicos.

A minha família que esteve ao meu lado em todos os momentos nessa trajetória. Aos meus pais, Maria das Neves (*In memoriam*) e Raimundo Freire, pelo seu amor incondicional e cuidados dedicados durante toda minha trajetória. Além de todos os esforços para que eu alcançasse todos os meus objetivos, meu eterno agradecimento, dedico mais essa conquista a vocês, assim como todas as que virão (AMO-OS)!!!!

Ao meu amor e amigo Jefferson Brito, por fazer meus dias mais felizes, a quem eu adoro compartilhar cada momento da vida. Agradeço pelo companheiro que és, pelo carinho, amor, cuidado, compressão, dedicação e preocupação com meu bem estar, além dos momentos inesquecíveis de estudos e discussão dos artigos científicos!!! Valeu a pena cada minuto, estamos colhendo os primeiros frutos!!! (TE AMO)!!!

Aos meus irmãos, Rognúbia, Francisco, Inácio e em especial ao meu querido irmão Roquildes (*In memoriam*), pelo companheiro, carinho, amizade e incentivo durante todos os momentos dessa trajetória. Aos meus sobrinhos, Ana Cristina, Rafaela e Klaus, presentes divinos que encantam minha vida. As minhas cunhadas, Yasmim, Nuberlene, Gláucia pela amizade.

Aos meus queridos tios, especialmente as minhas tias Maria das Dores e Maria Eunice e meu tio Edson, pelos ensinamentos, dedicação, conselhos e acolhimentos nos seus lares quando mais precisei. A minha amiga e sogra Úrçula Brito, pela amizade, carinho e cuidado.

Ao Sr. Benedito e a sua esposa D. Maria e seu filho Eduardo por permitirem a realização deste trabalho em sua propriedade, além da amizade e carinho.

Aos integrantes do Laboratório de Entomologia Médica (LEME) do CCAA/UFMA, Apoliana Araújo, Jefferson Brito, Abdias Ribeiro, Islana Pontes, João Vitor Aguir, Emilly Lobo, Maria Ataídes, Nicéia Lopes, Elvis Lennon e Luzivan, pelos muitos momentos vivenciados em campo e laboratório. Especialmente Apoliana Araújo e Abdias Ribeiro, pela amizade, companheirismo e principalmente pela contribuição nas coletas de campo e laboratório que foram essenciais para a concretização desse estudo. Agradeço também ao João Vitor, Islana e Augustinho, pela assistência durante as identificações das espécies.

A minha amiga Daiana Paulino, pela amizade, dedicação e principalmente pela disponibilidade de ajudar durante a leitura, formatação da dissertação (MUITO OBRIGADA).

Aos meus queridos amigos Professor Francinaldo e sua esposa Claudia, pelo carinho, amizade e pelos momentos maravilhosos proporcionados em sua casa.

Aos companheiros do Laboratório de Entomologia e Vetores (LEV), Mariza, Gustavo, Joudellys, Augustinho, Ciro e Jorge pela assistência durante as dúvidas na elaboração da dissertação.

As professoras da banca de qualificação, Lucilene Amorim e Patrícia Albuquerque, pelas contribuições essenciais para a melhoria do meu estudo. Agradeço aos professores Ciro dos Santos e Alcione Miranda pela assistência durante as análises estatísticas.

A minha turma 2015.1, em especial as minhas amigas, Kelly, Luciana, Janete, Mariane, Marlise, Sandra pelas conversas, grupos de estudos, amizade, alegrias e momentos inesquecíveis que passamos juntas.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ciências da Saúde. A coordenação do Programa de Pós Graduação em Ciências da Saúde, em especial a Prof^a Dra. Flávia Nascimento e a secretária Ana Lúcia.

As instituições de fomento Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvido Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pela bolsa concedida e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo recurso disponibilizado para a realização do projeto. E a todos diretamente ou indiretamente contribuíram para a minha formação.

Meus sinceros agradecimentos!

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram
conquistadas do que parecia impossível.”*

(Charles Chaplin)

RESUMO

O uso diodo emissor de luz (LED) foi avaliado como atrativo para insetos vetores e tem apresentado varias vantagens sobre a lâmpada incandescente convencional, favorecendo o uso da tecnologia LED como uma fonte de luz alternativa para a amostragem de mosquitos de importância médica. Além disso, outros estudos foram realizados a fim de examinar a resposta a diferentes comprimentos de onda, entretanto dados sobre o uso de LED e sua intensidade luminosa para atrair mosquitos anofelinos são escassos. Esse estudo teve como propósito avaliar a eficácia de LEDs e a influência da intensidade da luz nas capturas de mosquitos anofelinos, diante das fases lunares, em área peridomiciliar no Nordeste do Maranhão. No primeiro ensaio as lâmpadas incandescentes convencionais utilizadas em armadilhas luminosas do tipo CDC foram substituídas por LEDs de 5 mm (verde: 520 nm; azul: 470 nm) para avaliar a resposta de mosquitos anofelinos às fontes de luz alternativas, a lâmpada incandescente foi utilizada como controle. Para testar a influência da fase lunar, as coletas foram realizadas sob as quatro fases lunares durante o período de estudo. No segundo ensaio foi analisado a influência da intensidade luminosa nas capturas de mosquitos, foram utilizadas seis armadilhas luminosas com diferentes intensidades de luz: verde (10.000mCD, 15.000mCD, 20.000mCD) e azul (4.000mCD, 12.000mCD, 15.000mCD). Como resultado do primeiro ensaio, um total de 1.845 espécimes e oito espécies foram coletados. As espécies mais frequentes foram *Anopheles evansae*, representando 35,2%, seguido por *An. triannulatus* s.l. (21,9%), *An. goeldii* (12,9%) e *An. argyritarsis* (11,5%). O LED verde foi à fonte de luz mais eficaz, tendo atraído 43,3% dos indivíduos, seguido do LED azul (31,8%) e o controle (24,9%). As armadilhas com LED foram mais atrativas do que o controle, independentemente da fase lunar. Em todos os testes, as capturas foram mais eficientes quando os LEDs foram usados para atrair os mosquitos anofelinos do que quando utilizou-se o controle. Como resultado do segundo ensaio, um total de 1.650 espécimes e cinco espécies de mosquitos anofelinos foram capturados. A armadilha com LED azul atraiu mais indivíduos (953) do que o verde (697). Quanto às intensidades de luz, o LED verde de 20.000mCD obteve maior atratividade com 39,2% em relação às demais intensidades. Enquanto o LED azul de 15.000mCD atraiu 50,2% dos indivíduos capturados. A eficiência dos LEDs melhora os resultados de captura com luz, sugere-se o uso de LEDs como atrativo para mosquitos anofelinos e deve ser levado em consideração nas atividades de monitoramento de populações de mosquitos. Além disso, a intensidade luminosa é um fator importante para aumentar o desempenho da armadilha luminosa na atração dos mosquitos, quanto mais intensa a luz, mais insetos são atraídos. Portanto, a intensidade luminosa dos LEDs é um importante atributo para amostragem de insetos vetores.

Palavras-chave: Armadilha luminosa. Diodo emissor de luz. Anofelino. Atração. Intensidade luminosa.

ABSTRACT

The use of LEDs was evaluated as attractants for insect vectors and there are several advantages over the standard incandescent lamp favoring the use of LED technology as alternative light source for sampling medically important mosquitoes. Therefore, other studies were conducted in order to evaluate the response to the different wavelengths; however data on the use of LEDs and light intensity to attract anopheline mosquitoes are scarce. This study main purpose was to evaluate the efficiency of LEDs and the influence of the light intensity in the captures of malaria vectors upon the lunar phases, in a peridomiciliary area in northeastern Maranhão, Brazil. In the first essay, incandescent lamps routinely used in CDC-type light traps were replaced for 5 mm LEDs (green – 520 nm; blue – 470 nm) to evaluate the response of anopheline mosquitoes to those alternative light sources. However, the incandescent lamp was used as control. To test the influence of moonlight, the collections were undertaken under the four lunar phases during the study period. In the second essay, it was analyzed the influence of light intensity on the captures of mosquitoes, six light traps with LEDs of different light intensities were used: green (10,000 mCD, 15,000 mCD and 20,000 mCD) and blue (4,000 mCD, 12,000 mCD and 15,000 mCD). As a result in the first essay, 1,845 specimens and eight species were sampled. The most frequent species were *Anopheles evansae*, accounting for 35.2%, followed by *An. triannulatus* s.l.(21,9%), *An. goeldii* (12,9%) and *An. argyritarsis* (11,5%). The green LED was the most efficient light source, it had attracted 43.3% of the individuals, followed by the blue LED (31.8%) and the control (24.9%). The LED traps were more attractive than the control, regardless the lunar phase. In all tests, the captures were more efficient when LEDs were used to attract the anopheline mosquitoes than when the control was used. As a result in the second essay, a total of 1,650 specimens and five species of anopheline mosquitoes were sampled. The blue LED attracted more individuals (953) than the green one (697). According to the light intensity, the green LED 20.000mCD had a greater attractiveness showing 39.2% increase related to the others intensities. While the blue LED 15.000mCD has attracted 50.2% of the specimens captured. The efficiency of LEDs improves light trapping results and it is suggested that the use of LEDs as an attractant for anopheline mosquitoes should be taken into consideration when monitoring mosquito populations. Thus, the light intensity was a very important factor in enhancing the light trap performance in attracting the mosquitoes; more intense the light, more insects attracted. However, the light intensity is an important attribute for sampling more efficiently insect vectors.

Key words: Light trap. Light-emitting diode. Anofelino. Attraction. Light intensity

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Características gerais da fêmea do mosquito anofelino: corpo coberto de escamas (a), escamas tarsais (b), escamas nas asas (c).	21
Figura 2. Mapa da distribuição global das espécies vetores da malária.....	24
Figura 3. Diferentes criadouros naturais de larvas de anofelinos.....	25
Figura 4. Ciclo de vida do plasmódio da malária.....	28
Figura 5. Distribuição dos casos de malária nos anos 2000 a 2012 no Brasil.....	31
Figura 6. Barraca de Shannon (a), Armadilha do tipo CDC (b), Isca humana (c), armadilha BG- sentinel (d)	34
Figura 7. Armadilha do tipo HP com fonte luminosa LED verde.....	35
Figura 8. Localização da área de estudo, fazenda Vila Emídio no Município de Chapadinha- MA	38
CAPÍTULO I: LED (LIGHT-EMITTING DIODE) MELHORA A CAPTURA DE MOSQUITO ANOFELINO POR ARMADILHA LUMINOSA	50
Figura 1. Números de indivíduos capturados em armadilha luminosa do tipo CDC usando diodo emissor de luz e lâmpada incandescente como controle.....	67
Figura 2. Números de indivíduos capturados em armadilhas luminosas do tipo CDC usando diodo emissor de luz e lâmpada incandescente durante as fases lunares	68
CAPÍTULO II: EFEITO DA INTENSIDADE LUMINOSA DOS LEDS NA CAPTURA DE ANOFELINOS (DIPTERA: CULICIDAE)	74
Figura 1. Números de indivíduos capturados em armadilha luminosa CDC modificada com LEDs azuis com diferentes intensidades	80
Figura 2. Números de indivíduos capturados em armadilha luminosa CDC modificada com LEDs verdes e com diferentes intensidades	80
Figura 3. Número de indivíduos capturados com armadilha luminosa CDC modificada com LED azul com diferentes intensidades, teste de correlação de Pearson: 0,8 a 1 fortemente positiva; 0,5 a 0,8 moderada positiva; 0,1 a 0,5 fraca positiva e 0 nula.	81
Figura 4. Número de indivíduos capturados com armadilha luminosa CDC modificada com LED verde com diferentes intensidades	81

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: LED (LIGHT-EMITTING DIODE) MELHORA A CAPTURA DE MOSQUITO ANOFELINO POR ARMADILHA LUMINOSA	50
Tabela 1. Espécies anofelinos capturados com armadilha luminosa do tipo CDC usando diodos emissores de luz e lâmpada incandescente como controle em uma área pecuária do Nordeste do Brasil	69
Tabela 2. Média do número das quatro espécies de anofelinos mais frequentes (\pm SEM) capturadas com armadilhas luminosas do tipo CDC modificadas em uma área pecuária do Brasil	70
Tabela 3. Média do número de mosquitos (\pm SEM) coletados em diferentes fases lunares com armadilhas luminosa do tipo CDC em uma área pecuária do Brasil	71
Tabela 4. Coeficiente do modelo de regressão de Poisson multivariada e seus respectivos intervalos de confiança (IC)	72
CAPÍTULO II: EFEITO DA INTENSIDADE LUMINOSA DOS LEDS NA CAPTURA DE ANOFELINOS (DIPTERA: CULICIDAE)	74
Tabela 1. Números de espécimes de anofelinos capturados com armadilhas luminosas com LED (Light- Emitting Diode/ Diodo Emissor de luz) azul em uma área rural do Nordeste do Brasil	79
Tabela 2. Números de espécimes de anofelinos capturados com armadilhas luminosas com LED (Light- Emitting Diode/ Diodo Emissor de luz) verde em uma área rural do Nordeste do Brasil	79

LISTA DE ABREVIACOES

ITT – Ifakara Tent Trap

CDC – Centers for Disease Control and Prevention

MLB – Mosquito Landing Box

RB- Resting Box

LEDs- Light Emitting Diodo

ACTs – Artemisinina

AL – Artemether – Lumefantrina

DHA – PPQ – Diidroartemisinina – Piperaquina

AS/AQ – Artesunato – Amodiaquina

AS/MQ – Artesunato – Mefloquina

OMS – Organização Mundial de Saúde

WET- Window Exit Trap

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Os anofelinos vetores da malária	21
2.1.1 Distribuição e taxonomia.....	21
2.1.2 Habitat.....	23
2.1.3 Hábitos e comportamentos alimentares.....	26
2.2 Importância médica dos anofelinos	26
2.2.1. A malária.....	26
2.2.2 Sinais e sintomas da malária.....	29
2.2.3 Prevenção e tratamento.....	29
2.2.4 Aspectos epidemiológicos.....	30
2.3 O controle vetorial da malária	31
2.3.1 Controle químico.....	32
2.3.2 Técnicas de captura do vetor.....	32
2.3.3 Desafios e perspectivas.....	34
3 OBJETIVOS	36
3.1 Geral	36
3.2 Objetivos Específicos	36
4 MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1 Área de estudo	37
4.2 Delineamento experimental	37
4.3 Escolhas das cores dos LEDs	37
4.4 Descrição da armadilha	38
4.5 Amostragem I	39
4.6 Amostragem II	39
4.7 Identificação das espécies de anofelinos	39
4.8 Análise estatística I	40
4.9 Análise estatística II	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
CAPÍTULO I: LED (LIGHT-EMITTING DIODE) MELHORA A CAPTURA DE MOSQUITO ANOFELINO POR ARMADILHA LUMINOSA	50
INTRODUÇÃO	52

MATERIAL E MÉTODOS.....	54
Estudo da área.....	54
Modificação das armadilhas luminosas.....	55
Coleção de anofelinos.....	56
Análises estatísticas.....	56
RESULTADOS.....	57
DISCUSSÃO.....	58
AGRADECIMENTOS	
REFERÊNCIAS CITADAS	
CAPÍTULO II: EFEITO DA INTENSIDADE LUMINOSA DOS LEDS NA CAPTURA DE ANOFELINOS (DIPTERA: CULICIDAE)	74
1 INTRODUÇÃO.....	75
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	76
2.1 Área de estudo.....	76
2.2 Delineamento experimental.....	76
2.3 Amostragem.....	77
2.4 Identificação das espécies de anofelinos.....	77
2.5 Análises estatísticas.....	78
3 RESULTADOS.....	78
4 DISCUSSÃO.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXO	

1 INTRODUÇÃO

A malária é transmitida ao homem através da picada de mosquitos Culicídeos (Diptera: Nematocera) do gênero *Anopheles* Meigen (1818) da subfamília Anophelinae (REINERT, 2009). Este gênero é composto atualmente por aproximadamente 465 espécies distribuídas nas regiões tropicais e temperadas do mundo. Destas, 70 são vetores competentes capazes de transmitir parasitas da malária aos seres humanos, e 41 são consideradas espécies de vetores dominantes (SINKA et al., 2012).

No Brasil, a malária é endêmica nos nove estados da região amazônica, incluindo o Maranhão. Dentro dessa grande região, as áreas que favorecem a propagação do vetor e a transmissão da doença incluem assentamentos rurais, áreas indígenas, garimpos, viveiros artificiais, ocupação intensa e desorganizada nas periferias das cidades, entre outras (MS 2013; 2015).

As espécies de anofelinos mais importantes na epidemiologia da malária no Brasil são: *An. darlingi* (Root, 1926), *An. aquasalis* (Curry, 1932) *An. albitarsis* s.l. (Lynch-Arribáizaga, 1878) *An. cruzii* (Dyar & Knab, 1908) e *An. bellator* (Dyar & Knab, 1906) (DEANE, 1986; DEANE, 1989). No Maranhão, são conhecidas 24 espécies, o que representa aproximadamente 43,6% da fauna brasileira. Das espécies encontradas destacam-se *An. darlingi* e *An. aquasalis* como principais vetores na região (REBÊLO et al., 2007).

Atualmente, encontram-se disponíveis diversas técnicas de captura de anofelinos, as quais são classificadas em três categorias: biológicas, físicas e químicas. Estas podem ser utilizadas em combinação para melhorar a eficiência. As técnicas biológicas necessariamente envolvem isca humana ou animais, muitas vezes combinadas com as técnicas físicas: barraca de Shannon, *Ifakara Tent Trap* (ITT) e armadilhas luminosas do tipo CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) (GAMA et al., 2007; GOVELLA et al., 2011; GAMA et al., 2013; LIMA et al., 2014).

As técnicas químicas incluem as substâncias atrativas como CO₂, suor, odores de animais entre outras e quando combinadas com *Mosquito Landing Box* (MLB) e *Resting Box* (RB) BG sentinel, MM-X trap podem ser utilizadas como técnicas de captura para anofelinos, contribuindo assim com o controle vetorial da malária (KWEKA et al., 2009; KWEKA et al., 2013; GAMA et al., 2013; LIMA et al., 2014). Um dos métodos considerados mais eficazes é a isca humana, porém expõe o coletor ao perigo de se infectar por diferentes agentes etiológicos (GAMA et al., 2013).

Dentre as técnicas físicas, a mais utilizada na atualidade é a armadilha luminosa do tipo CDC que tem como princípio básico atrair os insetos até um foco luminoso (SUDIA & CHAMBERLAIN, 1962; SERVICE, 1963; PUGEDO et al., 2005). Essa armadilha foi testada extensivamente e usada como uma ferramenta no monitoramento de importantes populações de Diptera. Uma das principais vantagens das armadilhas luminosas é a diminuição da exposição do coletor ao risco de contrair infecções transmitidas por vetores durante o inquérito entomológico, um problema ético durante as capturas com isca humana na vigilância da malária (DAVIES et al., 1995; COSTANTINI et al., 1998; MAGBITY et al., 2002).

Vários fatores podem afetar a eficiência da armadilha luminosa como iluminação ambiental, diferentes comprimentos de onda, intensidade luminosa, movimento do ar, altura e cor da armadilha, etc. (BARR et al., 1960, 1963; WILTON & FAY, 1972; ALAN et al., 1987; NOWINSZKY, 2004; SHONE et al., 2006). Em vista de tais restrições, foram propostas várias modificações para melhorar os métodos de captura com o uso de armadilhas luminosas (BURKETT et al., 2001; KLINE, 2006; BARNARD et al., 2011; OBENAUER et al., 2013). A iluminação ambiental é um dos fatores mais importantes que afetam à eficiência da armadilha luminosa. Neste contexto, a influência das fases lunares tem um efeito competitivo sobre a atratividade destas armadilhas (BISHOP et al., 2000; NOWINSZKY, 2004).

Na impossibilidade de se utilizar iscas humanas em inquéritos entomológicos, o uso de armadilha luminosa tem funcionado com excelente desempenho na captura de vários dípteros nematóceros, como maruins (Ceratopogonídeos) e flebótomos (Psicodídeos) (COSTA et al., 2013). Estes são insetos noturnos, porém algumas espécies de maruins são diurnas e parte das espécies de flebotomíneos tem atividade crepuscular e apresentam fototropismo positivo. No entanto, a utilização de lâmpada incandescente gera um fator limitante, o gasto com pilhas e a fragilidade, sendo facilmente danificada. O uso de LEDs (Light-Emitting Diodes) ou diodos emissores de luz, como fonte luminosa em substituição à lâmpada incandescente convencional, traz muitas vantagens, uma vez que, é resistente, durável e seu custo é bem menor (BURKETT et al., 1998; COHNSTAEDT et al., 2008).

Diferentemente da lâmpada incandescente das armadilhas luminosas convencionais, os LEDs podem emitir isoladamente uma porção do espectro luminoso, apresentando cores monocromáticas que variam de 350 nm a 700 nm, incluindo o ultravioleta, importante na atração de anofelinos. A lâmpada incandescente emite 94% da sua luz na área do infravermelho, invisível aos insetos. Além disso, os LEDs são econômicos e podem substituir

as lâmpadas incandescentes e diminuir os gastos com pilhas ou baterias devido à menor demanda de energia, além de possuírem maiores intervalos de funcionamento, proporcionando inúmeros estudos fotobiológicos com essa tecnologia (COHNSTAEDT et al., 2008).

O incremento da eficiência das armadilhas luminosas tipo CDC com a utilização de LEDs foi demonstrado na captura de alguns tipos de insetos vetores. Nesses estudos, os insetos foram atraídos por uma fonte de cor específica, demonstrando haver uma preferência por uma determinada faixa do espectro luminoso, sendo que tais resultados variam a depender da espécie e do ambiente estudado (BISHOP et al., 2004; HOEL et al., 2007; SILVA et al., 2014; SILVA et al., 2016; KIM et al., 2016).

Jenkins & Young (2010) demonstraram que espécies de *Culicoides* foram mais atraídas pelo LED ultravioleta e branco, mas tais resultados podem variar de acordo com a espécie e a distribuição geográfica. Bishop et al. (2004) verificaram que o verde é mais atrativo para espécies de *Culicoides*. Resultados diferentes foram demonstrados por Tchouassi et al. (2012), quando notaram que as lâmpadas incandescentes foram mais atrativas em relação aos LEDs, no entanto, os fatores ambientais podem ter contribuído para redução e intensidade da luminosidade dos LEDs.

Vários estudos foram conduzidos a fim de conhecer a resposta de mosquitos a diferentes comprimentos de onda ou intensidades de luz, buscando uma fonte de luz alternativa como atrativo (BARR et al., 1960; WILTON & FAY, 1972; BURKET et al., 1998; BENTLEY et al., 2009; SILVA et al., 2014), no entanto os dados sobre a preferência de comprimentos de onda de mosquito anofelino são limitados.

Os primeiros estudos com a utilização de LEDs em substituição a lâmpada incandescente no Brasil com insetos vetores, verificaram que as cores mais atrativas foram os LEDs verde e azul, quando comparados com a lâmpada incandescente (SILVA et al., 2014; SILVA et al., 2015 ab; SILVA et al., 2016). Tais resultados demonstram que os LEDs podem contribuir no monitoramento de insetos de importância médica, principalmente em áreas endêmicas.

No Brasil, até o momento, não existe trabalho específico para a captura de anofelinos com o emprego da tecnologia LED, em armadilhas luminosas, nem mesmo para avaliar a atratividade e especificidade de cada fonte luminosa e seu rendimento diante das fases lunares. Vale ressaltar que essa armadilha não é empregada frequentemente em inquéritos entomológicos com anofelinos, portanto os LEDs podem ser uma alternativa a mais nas

capturas com CDCs (RUBIO-PALIS et al., 2012; SILVA et al., 2015ab; SILVA et al., 2016). Diante disso, há uma necessidade de se conhecer o padrão de atração das diferentes espécies de vetores em diferentes áreas geográficas para um melhor entendimento e controle destes insetos (BISHOP et al., 2004; HOEL et al., 2007; SILVA et al., 2016).

Considerando que os anofelinos possuem hábitos crepusculares e noturnos e que várias espécies parecem modificar a sua atividade, como adultos, diante das diferentes fases lunares (RUBIO-PALIS, 1992; GUIMARÃES et al., 2000), destaca-se a importância do estudo com a utilização de LEDs no monitoramento das espécies vetores da malária. Mesmo no Brasil, onde a malária é endêmica, trabalhos dessa natureza são escassos. Em um experimento utilizando armadilha luminosa do tipo CDC com o uso de lâmpada incandescente e isca humana para a captura de anofelinos, a espécie *A. nuneztovari* apresentou diferença significativa no número de indivíduos coletados durante a fase da lua nova em relação à lua cheia, evidenciando a preferência do vetor por noites mais escuras (RUBIO-PALIS, 1992). Comportamento similar foi observado por Guimarães et al. (2000) quando realizou captura de mosquitos nas quatro fases lunares.

Nos estudos com mosquito, de um modo geral, as armadilhas são instaladas em locais próximos de abrigos de animais domésticos, os quais invariavelmente funcionam como fonte de atração para esses insetos hematófagos. Desta forma, esses estudos mostram que animais domésticos desempenham grande relevância epidemiológica, pela atração e conservação das espécies de mosquitos em ambientes antrópicos. Em uma pesquisa realizada na China, em três áreas endêmicas de malária, foram utilizados animais domésticos como iscas para atrair e capturar espécies de mosquitos. Nessa pesquisa, os porcos, bezerros e cabras conseguiram atrair mais mosquitos do que outros animais, demonstrando assim a importância desses hospedeiros para o monitoramento de espécies vetores em áreas endêmicas (LIU et al., 2011). Em adição, estudos demonstram que dentre os estímulos que propiciam a busca pelo hospedeiro sanguíneo, os odores dos animais são fundamentais para atrair mosquitos (COSTANTINI et al. 1993; COSTANTINI et al., 1998).

Nesse mesmo contexto, os abrigos de animais domésticos desempenham papel importante para atrair e manter população de dípteros nesses anexos das habitações. A captura com utilização de armadilha luminosa tem demonstrado resultados satisfatórios nesses locais, já que estudos dessa natureza contribuem para o monitoramento epidemiológico (HOEL et al., 2007; SILVA et al., 2012). Um estudo recente de Silva et al. (2016), demonstrou que

chiqueiros são excelentes locais para a captura de flebotomíneos com emprego de armadilhas luminosas modificadas com LEDs, por oferecer recursos alimentares para fêmeas.

A utilização de LED pode ajudar na orientação dos programas de monitoramento de insetos vetores. É possível usar cores de forma mais eficazes para capturas de mosquito, em especial, os vetores da malária e avaliar a atratividade dos LEDs em comparação com lâmpada incandescente. Portanto, o LED é uma tecnologia eficiente, de baixo custo e amplamente disponível, que pode auxiliar no controle do vetor da malária e desta forma contribuir para estudos futuros sobre ecoepidemiologia dessa endemia que afeta vários países e, principalmente, o Brasil e o Estado do Maranhão (COHNSTAEDT et al., 2008).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Os anofelinos vetores da malária

Os anofelinos são insetos de grande interesse na saúde pública, pois muitas espécies são responsáveis pela transmissão do protozoário do gênero *Plasmodium* causador da malária. As principais espécies de anofelinos responsáveis pela transmissão da malária estão incluídas nos subgêneros *Nyssorhynchus* e *Kerteszia* e é devido a essa importância que são as mais estudadas na América, além disso, as fêmeas destes mosquitos são as únicas capazes de transmitir a malária aos seres humanos (Figura 1) (DEANE, 1986; CONSOLI & LOURENÇO DE OLIVEIRA, 1994).

Os vetores da malária são mosquitos (Diptera: Culicidae) do gênero *Anopheles* Meigen, subgêneros *Anopheles*, *Cellia*, *Nyssorhynchus* e *Kerteszia*. As principais espécies vetoras responsáveis pela transmissão do plasmódio no Brasil são: *An. darlingi*, *An. aquasalis*, *An. albitarsis* s.l., *An. cruzii* e *An. bellator* (DEANE, 1986; DEANE, 1989; CONSOLI & LOURENÇO DE OLIVEIRA, 1994; ROSA-FREITAS et al., 1998; FERREIRA & LUZ, 2003). No Maranhão, as duas principais espécies capazes de transmitir o plasmódio são *An. darlingi* e *An. aquasalis* (REBÊLO et al., 2007).

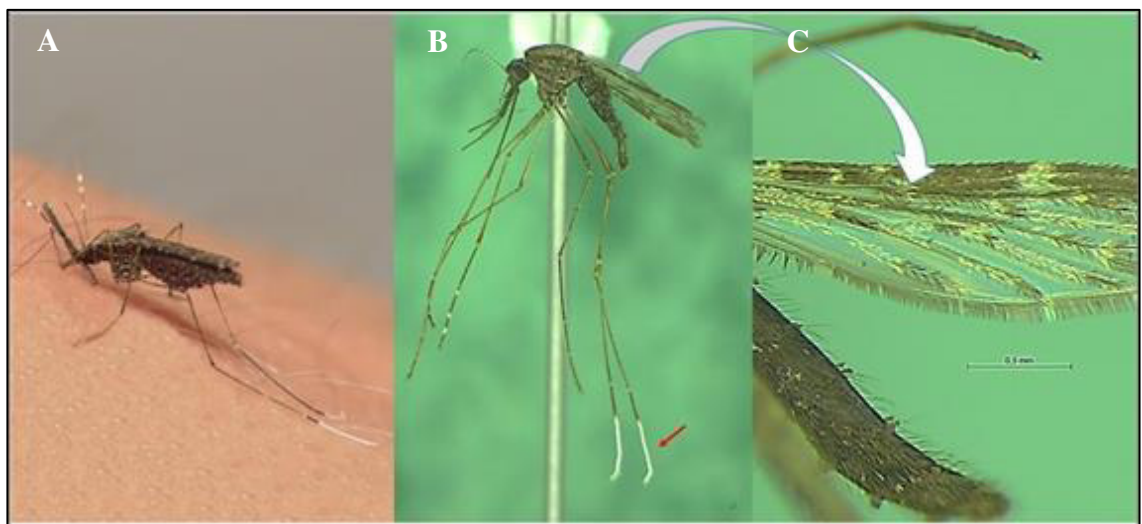


Figura 1. Características gerais da fêmea do mosquito anofelino: corpo coberto de escamas (a), escamas tarsais (b), escamas nas asas (c).

Fonte: <http://anm.org.br/conteúdo/view.asp?id=2429&descrição>.

2.1.1 Distribuição e Taxonomia

Os anofelinos pertencem à ordem Diptera, família Culicidae, subfamília Anophelinae e ao gênero *Anopheles*. A subfamília Anophelinae é composta por 485 espécies e constituída

por três gêneros: *Anopheles* Meigen (472 espécies), *Bironella* Theobald (8 espécies), *Chagasia* Cruz (5 espécies) (HARBACH & KITCHING, 2016).

O gênero *Anopheles* é dividido em sete subgêneros: *Anopheles* Meigen (185 espécies), *Nyssorhynchus* Blanchard (39 espécies), *Cellia* Theobald (224 espécies), *Kerteszia* Theobald (12 espécies), *Sthethomyia* Theobald (5 espécies), *Lophopodomomyia* Antunes (6 espécies), *Baimaia* (1 espécie) e *Christya* Theobald (2 espécies). O gênero *Anopheles* apresenta distribuição cosmopolita, *Bironella* é restrito a região da Australásia e o *Chagasia* está limitado à região Neotropical (RUEDA et al., 2008; HARBACH & KITCHING, 2016).

Atualmente, o gênero *Anopheles* é composto por mais de 465 espécies reconhecidas, distribuídas nas regiões tropicas e temperadas do mundo. Dessas, cerca de 70 espécies são vetores competentes capazes de transmitir o parasita da malária aos seres humanos (SINKA et al., 2012).

Os anofelinos possuem ampla distribuição geográfica (Figura 2). E a distribuição dessas espécies está diretamente relacionada com as condições ambientais. Além disso, a importância da transmissão ocorre por causa dos hábitos alimentares das fêmeas de mosquitos anofelinos. Dentre as principais espécies vetores responsáveis pela transmissão da malária no continente africano estão: *An. gambiae* (Giles,1902), *An. arabiensis* (Patton, 1905) e *An. funestus* (Giles,1900), sendo que as duas primeiras espécies são consideradas as mais importantes na epidemiologia dessa endemia. Quanto à distribuição a espécie *An. gambiae* foi encontrada em região de clima tropical úmido e *An. arabiensis* em áreas secas de savanas do continente (KISZEWSKI et al., 2004; TONNANG et al., 2010).

Nas Américas, a espécie *An. darlingi* é considerado o principal vetor da malária, sendo encontrado nas regiões tropicas e subtropicais nas Américas Central e do Sul, desde o Sul do México até o Norte da Argentina. Enquanto *An. aquasalis* encontrada nas zonas costeiras da América do Sul (SINKA et al., 2012).

Os principais vetores da malária no Brasil são: o *An. darlingi*, que ocorre principalmente no interior no país, apresenta preferência por áreas com grandes rios e próximas das florestas. Enquanto o *An. aquasalis* apresenta distribuição no litoral brasileiro, devido à preferência por águas com salinidade. A espécie *An. albitarsis* s.l. possui ampla distribuição, *An. cruzii* e *An. bellator* ocorrem na Mata Atlântica (DEANE, 1986; MENDOZA & LOURENÇO DE OLIVEIRA, 1996; TADEI et al., 1998).

No Maranhão foram registradas 24 espécies do gênero *Anopheles* (REBELO et al., 2007). Dessas espécies, apenas cinco são vetores responsáveis pela a transmissão da malária e

estão inseridas no subgênero *Nyssorhynchus* e *Kerteszia*. As espécies envolvidas na conservação da malária na região da Amazônica pertencem ao subgênero *Nyssorhynchus*, tais como *An. darlingi*, *An. aquasalis*, *An. albitarsis* s.l., além dessas são encontradas naturalmente infectadas *An. deaneorum* (Rosa-Freitas, 1989), *An. oswaldoi* (Peryassú, 1922), *An. nuneztovari* (Gabaldon, 1940), *An. triannulatus* s.l. (Neiva & Pinto 1922), *An. braziliensis* (Chagas, 1907) entre outras (DEANE, 1986; CONSOLI & LOURENÇO DE OLIVEIRA, 1994; ROSA-FREITAS et al. 1998).

A espécie *An. darlingi* é o principal vetor da malária no território brasileiro. Além disso, apresenta várias características que favorecem a transmissão dessa endemia, visto que a presença dessa espécie está localizada em diversos locais da região da Amazônica. Vale ressaltar que *An. darlingi* apresenta maiores taxas de sobrevivência em relação as outras espécies (KISEWSKI et al., 2004). Em relação às espécies descritas no Brasil do subgênero *Kerteszia* destaca-se *An. cruzii* (Dyar & Knab, 1908), *An. bellator* (Dyar & Knab, 1906) e *An. homúnculo* (Komp 1937) (DEANE, 1986; CONSOLI & LOURENÇO DE OLIVEIRA, 1994; ROSA-FREITAS et al. 1998).

2.1. 2 Habitat

O conhecimento da biologia dos mosquitos e da inter-relação com o meio em que se desenvolvem é fundamental para investigar outras medidas de controle. Além disso, os criadouros são essenciais para o desenvolvimento de programas de monitoramento e controle da população de larvas de mosquitos, sendo os criadouros preferenciais de anofelinos caracterizados por apresentar águas límpidas com certa profundidade e ambiente sombreado, com vegetal flutuante e com pouco teor de sais minerais e matéria orgânica (CONSOLI & LOURENÇO DE OLIVEIRA, 1994).

Nesse contexto, os criadouros de anofelinos podem ser constituídos por grandes lagos ou lagoas, remansos de rios e córregos, represas artificiais, valas de irrigação, alagados, manguezais, pântanos, entre outros (figura 3). É importante o conhecimento dos tipos de ambientes aquáticos e a ocorrência do vetor da malária nesses locais (FERREIRA & LUZ, 2003).

Os abrigos de anofelinos são ambientes constituídos por arbustos e lugares de vegetação densa, oco de árvores, espaços sob-raízes e troncos caídos, ou sob-rochas, em grutas ou buracos de animais (FERREIRA & LUZ, 2003).

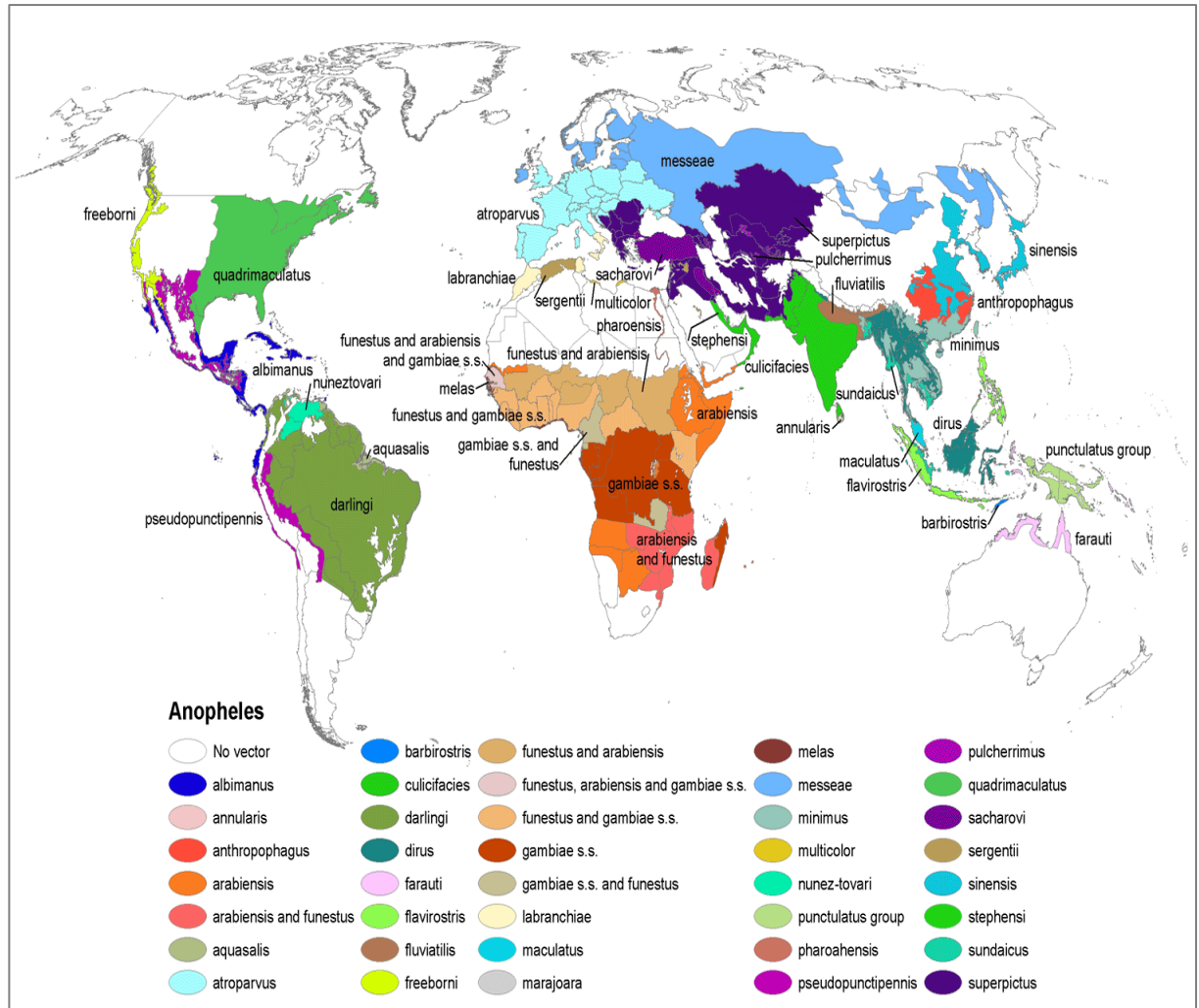


Figura 2. Mapa da distribuição global das espécies vetores da malária.
Fonte: Whopes 2005.

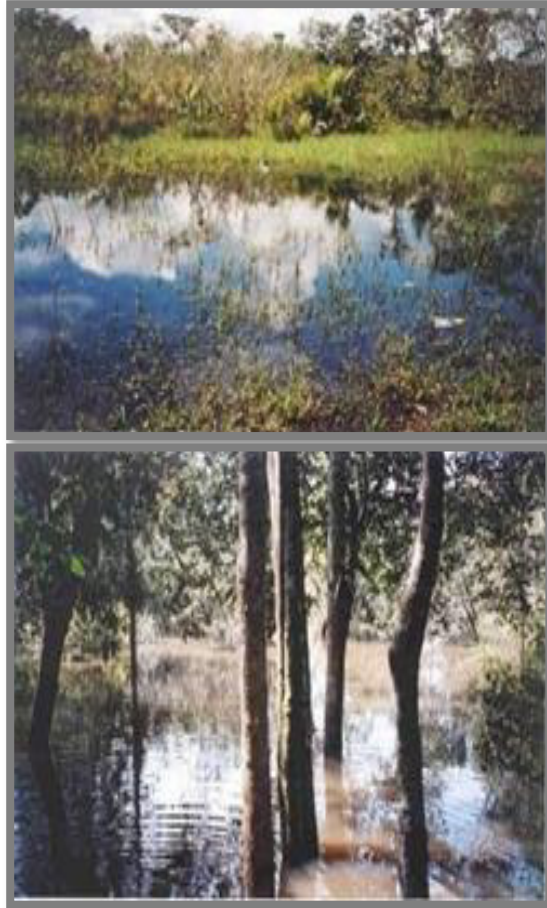


Figura 3. Diferentes criadouros naturais de larvas de anofelinos.
Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAezr8AA/aula-11-plasmodium-sp-malaria>

2.1.3 Hábitos e comportamentos alimentares

Quanto ao hábito, são crepusculares e noturnos, de modo que durante o dia costumam permanecer de repouso em lugares quentes, úmidos e sombreados, abrigados da luz excessiva, do vento e dos predadores naturais (FERREIRA & LUZ, 2003). Ao crepúsculo, as fêmeas abandonam seus abrigos em busca de fontes para seu repasto sanguíneo. O macho e a fêmea alimentam-se de açúcares, porém a hematofagia é praticada apenas pelas fêmeas que necessitam para o desenvolvimento dos ovários e maturação dos óvulos (CONSOLI & LOURENÇO DE OLIVEIRA, 1994; GODFRAY, 2013).

As fêmeas de anofelinos alimentam-se do sangue de uma diversidade de animais, desde mamíferos até aves, sendo que algumas espécies vetores apresentam especificidade quanto à preferência pela fonte sanguínea (LYIMO & FERGUSON, 2009).

A presença de hospedeiro é crucial para a reprodução das fêmeas, uma vez que o hábito hematofágico estabeleceu uma intensa dependência entre hospedeiro e inseto. Os insetos desenvolveram meios de detectar cairomônios derivados do ar expirado ou de voláteis derivados da pele dos hospedeiros e desta forma contribuindo para o sucesso reprodutivo dos mesmos (MEIJERINK et al., 2000).

Na busca por recursos essenciais para sobrevivência dos insetos vetores, tais como hospedeiros adequados para o repasto sanguíneo, parceiros para o acasalamento e sítios de oviposição, as fêmeas de mosquitos orientam-se por meio de substâncias químicas como exemplo plumas de odores (cairomônios) (TAKKEN, 1991; ZWIEBEL & TAKKEN, 2004; OKUMU et al., 2010b; VERHULST et al., 2011).

2.2 Importância médica dos anofelinos

Os mosquitos pertencentes ao gênero *Anopheles* desempenham papel importante na saúde pública, pois são responsáveis pela transmissão de agentes patogênicos. Os anofelinos são os únicos capazes de transmitir o protozoário do gênero *Plasmodium* causador malária. Vale ressaltar que muitas espécies de anofelinos são vetores importantes na epidemiologia, dentre elas destaca-se *An. darlingi*, *An. aquasalis*, *An. albitarsis* s.l., *An. cruzii* e *An. bellator* (DEANE, 1986; 1989; CONSOLI & LOURENÇO DE OLIVEIRA, 1994; ROSA-FREITAS et al., 1998).

2.2.1 A malária

A malária é uma doença infecciosa febril aguda, cujo agente etiológico é parasita do gênero *Plasmodium*. A transmissão ocorre por meio da picada da fêmea de anofelino infectada com protozoários do gênero *Plasmodium*. Essa infecção ocorre quando a fêmea se alimenta do sangue infectado contendo as formas gametocísticas do hospedeiro vertebrado (Figura 4) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010).

No Brasil, três espécies de plasmódios que estão envolvidas na transmissão de malária em seres humanos são: *P. falciparum*, *P. vivax* e *P. malariae*, visto que as duas primeiras espécies são as mais importantes e predominantes no país. A espécie *P. ovale* ocorre principalmente no continente africano, sendo responsáveis por grande parte dos casos de malária nessa região (FRANÇA et al., 2008; PARISE, 2009, MINISTERIO DA SAÚDE, 2014).

Plasmodium vivax é responsável pela forma mais branda da doença, não atinge mais que 1% do total das hemácias e raramente é mortal, porém, é mais complicada de ser tratada. Essa forma de infecção é mais frequente no Brasil, possuindo ampla distribuição mundial, é mais prevalente na maioria das regiões endêmica fora do continente africano (FRANÇA et al., 2008; PARISE 2009).

A espécie de *P. falciparum* é a forma mais agressiva, multiplica-se mais rapidamente, ataca de 2% a 25% das hemácias, podendo desenvolver o que se chama de malária cerebral, responsável pela maioria dos casos letais da doença (PARISE 2009; FRANÇA et al., 2008).

Nos últimos anos, o Brasil tem apresentado redução no número de casos de malária, em 2014 foi registrado o menor número de casos dos últimos 35 anos. Esse resultado só foi possível por causa da parceria dos municípios, estados e do Ministério da saúde, mesmo com todos os avanços, ainda precisa melhorar os métodos de prevenção e controle dessa endemia (MINISTERIO DA SAÚDE, 2014).

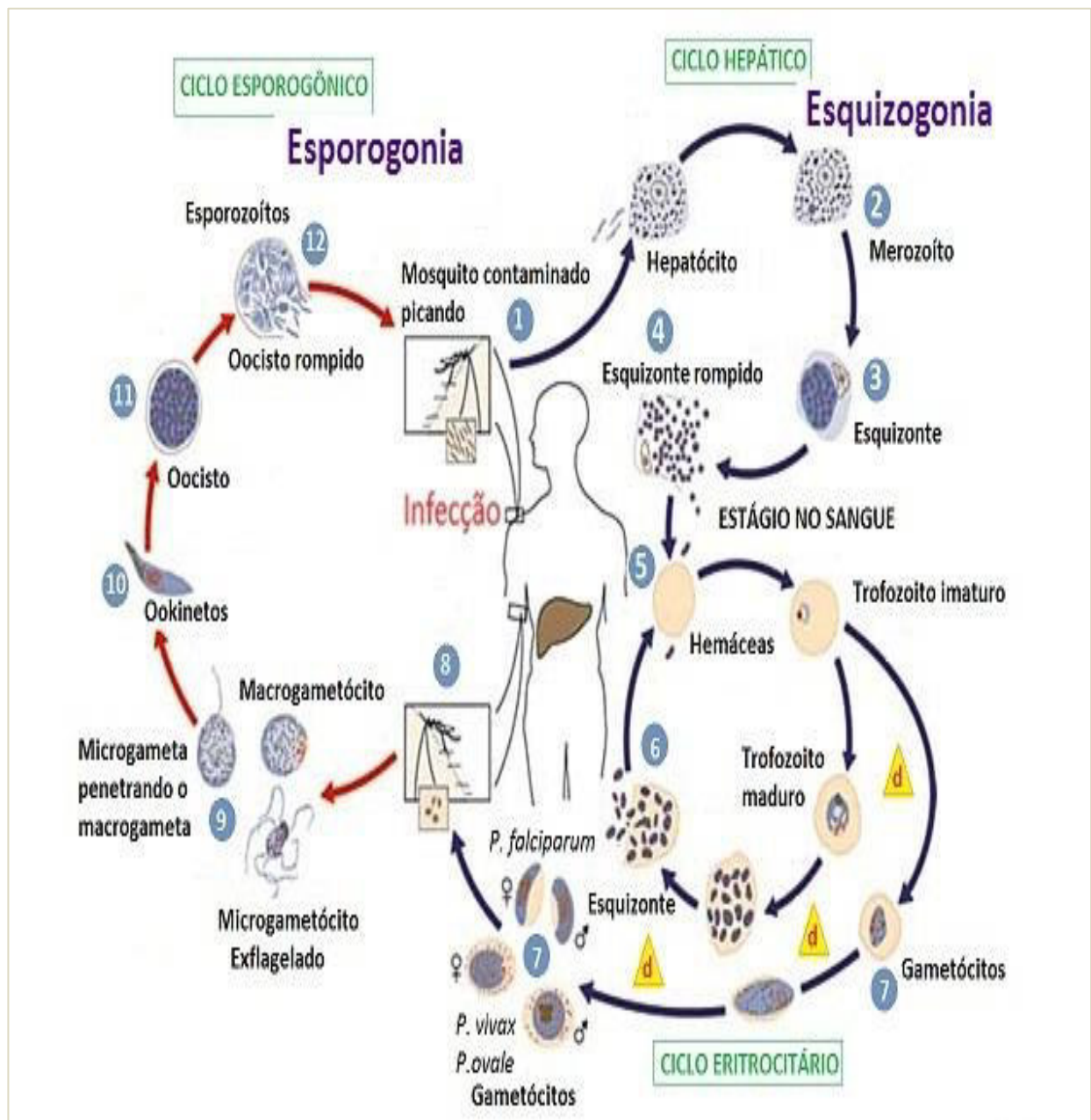


Figura 4. Ciclo de vida do plasmódio da malária.

Fonte: <http://www.medicinageriatrica.com.br/wp-content/uploads/2013/03/malariac.jpg>

2.2.2 Sinais e sintomas da malária

Os principais sintomas que a malária apresenta são: febre, calafrios, suor intenso, dor de cabeça, dores musculares, náuseas, vômitos, tosse, falta de apetite, dor abdominal, diarreia, podendo ocorrer juntamente com esses sintomas um quadro de anemia decorrente da destruição dos glóbulos vermelhos do sangue pelos protozoários. Cabe ressaltar que a febre é um dos sintomas característico dos pacientes positivos para malária (PARISE, 2009; TAHITA et al., 2013; VITOR-SILVA et al., 2016).

Segundo Parise (2009) é de suma importância conhecer o histórico de pacientes febril com a migração de pessoas em áreas endêmicas, visto que a maioria dos casos importados de malária está relacionada com o fluxo de pessoas nessas áreas. Desta forma é importante detectar os primeiros sinais e sintomas específicos da doença, para que os mesmos possam ser orientados no tratamento dessa endemia.

De acordo com Tahita et al. (2013) o índice de infecção em mulheres grávidas é mais prevalente em países endêmicos, e os principais sintomas são a febre e a dor de cabeça. Cabe ressaltar, que independentemente dos sinais e sintomas, os casos de mulheres grávidas assintomáticas devem ser levados em consideração para o diagnóstico da infecção. Outro estudo evidenciou que a febre e a dor de cabeça são sintomas relevantes que devem ser utilizados para fazer o rastreamento do diagnóstico de malária clínica, principalmente em crianças menores de cinco anos de idade (MUTANDA et al., 2014).

2. 2. 3 Prevenção e tratamento

Os estudos em prol da criação de uma vacina contra a malária foram intensos em anos anteriores, no entanto não foi possível ainda o desenvolvimento de vacina para controlar essa enfermidade que afeta muitas pessoas no mundo. Diante desse dilema, o Ministério da Saúde juntamente com a Organização Mundial de Saúde desenvolveram medidas preventivas que ajudam a diagnosticar precocemente os doentes bem como o tratamento das pessoas infectadas, além do monitoramento e controle dos vetores (WHO, 2012).

Para o tratamento de malária não complicada da espécie *Plasmodium falciparum* são recomendados cinco tipos de terapias de combinação de Artemisinina (ACTs): Artemeterlumefantrina (AL), Diidroartemisinina-piperquina (DHA- PPQ) e derivados de Artemisinina, que são Artesunato-Amodiaquina (AS/AQ) e Artesunato-Mefloquina (AS/MQ)

(BRETSCHER et al., 2014). Outro estudo evidenciou que o tratamento à base de Artesunato + Amodiaquina reduziu os níveis de prevalência de malária em criança (AHORLU et al., 2012).

2. 2. 4 Aspectos epidemiológicos

A malária é uma das doenças mais preocupantes da saúde pública em âmbito global, sendo considerada uma das principais causas de mortalidade em vários países. Segundo os dados da organização mundial de saúde (OMS) no ano de 2013, foram registrados 198 milhões de casos e 584 mil óbitos no mundo. O continente africano é uma das regiões que mais sofre as consequências dos altos índices dessa doença, pois cerca de 90% de todas as mortes por malária foram em crianças menores de 5 anos de idade, sendo as maiores vítimas dessa endemia (WHO, 2013; 2014).

De acordo com os últimos dados da organização mundial da saúde, ocorreu uma redução dos índices de casos de malária a nível mundial, pois as medidas de intervenções dos órgãos de saúde em prol da erradicação dos casos da doença têm contribuído bastante para os baixos índices. No entanto, apesar de várias medidas adotadas, uma das regiões do planeta que ainda mais sofre com essa enfermidade é a África que apresenta alta taxa de endemismo de malária (WHO, 2014).

Os estudos demonstram que nas últimas décadas, o Brasil obteve avanço significativo na luta contra a malária. Apesar de todos os progressos conquistados o número de casos registrados ainda é elevado. Os maiores registros de incidência de malária no Brasil estão restritos ao bioma amazônico, representado por 99,8% do total de casos dessa endemia (figura 5). A região Amazônica apresenta uma série de fatores que favorecem a propagação do vetor e desta forma dificultam a utilização de procedimento de controle do vetor (OLIVEIRA- FERREIRA et al., 2010).

Em contrapartida, a região amazônica caracteriza-se como um *hot spot* da malária no Brasil em decorrência de vários fatores como o desmatamento, a migração humana desordenada, a resistência do parasita aos medicamentos, além das mudanças no comportamento das espécies vetores da malária (BOUSEMA et al., 2010).

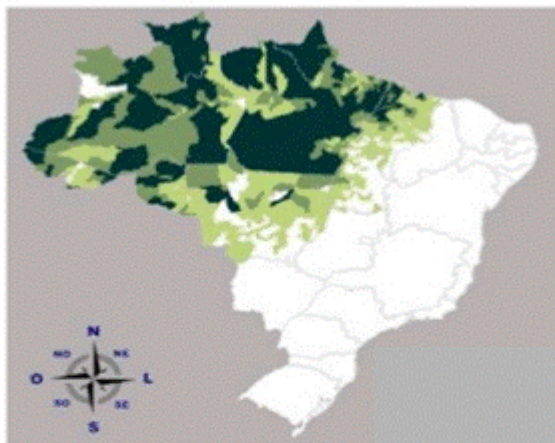
O estado do Maranhão apresenta condições ambientais que facilitam a propagação do vetor e assim aumentando a probabilidade de ocorrer à disseminação de malária em seu território. Os planos de controle dessa endemia levados a efeito entre 1999 e 2007 foram bem

sucedidos, apesar dos entraves apontados na política de controle da malária no estado, a redução de 89,1% na incidência da doença foi à maior entre todos os estados amazônicos (SILVA et al., 2009).

Nos últimos anos o número de casos de malária no Maranhão diminuiu consideravelmente, porém ainda todas as regiões do estado registraram a ocorrência de casos da doença, principalmente as regiões oeste e norte (SILVA et al., 2016).

Distribuição da Malária, 2000 vs 2012

IPA da Amazônia - 2000



615.000 casos

IPA do Brasil - 2012



241.000 casos

Fonte de dados: SISMAL, SIVEP-Malária e SINAN

Baixo risco: $IPA < 10$, Médio risco: $10 \leq IPA < 50$, Alto risco: $IPA \geq 50$

SVS Secretaria de Vigilância em Saúde

Ministério da Saúde
BRASIL
PAZ E SAÚDE PARA TODOS

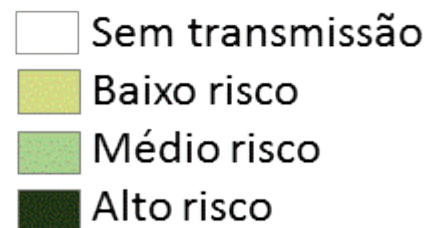


Figura 5. Distribuição dos casos de malária nos anos 2000 a 2012 no Brasil.

Fonte: Sismal, sivep-malária e sivan.

2.3 O controle vetorial da malária

Em todas as ocasiões, a vigilância entomológica constitui uma estratégia fundamental no sentido de manter as populações desses vetores em baixa. O monitoramento vetorial enquadra-se dentro das táticas mais utilizadas pela vigilância epidemiológica, visando

realizar o rastreamento e identificar possíveis focos de transmissão da doença (REBÊLO et al., 2007). Além de fornecer informações sobre a distribuição e o número de espécies presentes em cada localidade (WILLIAMS et al., 2012).

O monitoramento dos mosquitos é uma ferramenta essencial para a identificação de transmissão do patógeno (DRAGO et al., 2012). Controlar o vetor da malária ainda é uma das formas mais eficientes utilizadas em muitos países (GODFRAY, 2013). Os principais métodos usados no controle de mosquitos são por meio de pulverização de inseticidas e mosquiteiros impregnados com inseticidas (OKUMU et al., 2010a; WHO, 2013). Entretanto, esses métodos podem causar resistências fisiológicas e comportamentais nos mosquitos (GATON et al., 2013). Novos estudos evidenciam a incansável busca dos pesquisadores por novas armadilhas para a captura de anofelinos.

2.3.1 Controle químico

As principais ferramentas utilizadas para a redução da transmissão da malária em áreas endêmicas do continente africano tem sido a utilização de redes de longa duração tratada com inseticidas, mosquiteiros tratados com inseticidas e pulverização residual interna. Apesar de todos os esforços para controlar os vetores da malária, muitas espécies estão desenvolvendo resistência aos piretróides, o que representa uma grande ameaça para as medidas de estratégias de controle da malária (WANJALA et al., 2015).

Os métodos mais indicados para o controle vetorial da malária no Brasil têm sido constituídos, principalmente com o uso de redes de longa duração tratada com inseticidas e pulverização residual interna. No entanto não há informações disponíveis sobre o impacto dessas medidas na eliminação de populações de anofelinos e redução dos níveis de transmissão do parasita da malária (MARTINS-CAMPOS et al., 2012).

2.3.2 Técnicas de captura do vetor

Pesquisas evidenciam a dificuldades de desenvolver métodos eficazes para atração de vetores da malária (RUBIO-PALIS et al., 2012; GAMA et al., 2013). Dentre as várias formas de coletas utilizadas para captura de anofelinos estão: A armadilha luminosa CDC e a barraca de Shannon (Figura 6). Estas armadilhas possuem atração luminosa e são generalistas e se tornam pouco eficientes para a captura de anofelinos antropófilos, pois a utilização da luz atrai também anofelinos zoófilos, o que não é de interesse para o monitoramento das espécies

vetores da malária (MAGBITY et al., 2002). A atração humana ainda é uma das técnicas considerada eficaz para a coleta de anofelino (Figura 6) (MAGBITY et al., 2002).

Nesse contexto, outra técnica que apresentou resultados promissores foi a *Ifakara Tend Trap* (ITT) em comparação a isca humana e *Resting Box* padronizado (RB). No entanto para que a mesma funcione é necessária à presença de uma pessoa como atrativo, apesar de não ficar exposto ao risco de contaminação igual à atração humana, mas por questões éticas ainda está sujeito à modificação em virtude da utilização do atrativo humano (SIKULU et al., 2009).

Pesquisas avaliando técnicas de atração de *Anopheles* constataram que a CDC, *Window exit trap* (WET) e RB apresentaram rendimento baixo comparado com as armadilhas ITT e isca humana. É importante ressaltar que a eficiência das técnicas utilizadas depende do complemento de alguns atrativos para melhorar o desempenho da mesma, para que a mesma possa ser comparada com a atração humana e ITT (GOVELLA et al., 2011).

Estudos mostram que *Resting Box* (RB) iscada com diferentes odores de animais e sintéticos (CO₂) foram mais atrativos para a coleta de mosquito. Segundo Kweka et al. (2009) o RB iscada com urina bovina foi mais eficiente na captura de *A. arabiensis* quando comparada a isca humana. Resultado diferente foi encontrado por Kweka et al. (2013) que verificaram que o RB iscada a CO₂ foi menos atrativo na captura de anofelinos em relação a armadilha do tipo CDC, porém existem vários fatores que estão envolvidos na eficiência do método utilizado, como fatores ambientais e comportamentais das espécies da área em estudo.

Atualmente uma das tecnologias que apresentou resultados significativos foi a *Mosquito Landing Box* (MLB) uma ferramenta que associada com atraentes sintéticos, mostrou-se eficaz na captura de mosquitos e com o aprimoramento essa técnica pode futuramente ser indicada como uma ferramenta para o monitoramento vetorial de anofelinos (MATOWO et al., 2013).

A utilização de atraentes sintéticos tornou-se uma alternativa para melhorar a eficiência dos métodos utilizados na captura de anofelinos. Um estudo avaliando a eficiência da BG-sentinel e Mosquito Magnet-X associados a atraentes sintéticos observaram que a BG-sentinel foi superior na captura de mosquito quando comparada a MM-X (SCHMIED et al., 2008). Os primeiros testes com a BG-sentinel no Brasil para capturar *An. darlingi* não foram eficientes. Diante desse resultado, os autores fizeram modificações físicas e adaptação na BG-sentinela, logo após os testes, observaram que protótipo BG-malária apresentou resultados semelhante à isca humana (GAMA et al., 2013).



Figura 6. Barraca de Shannon (a), Armadilha do tipo CDC (b), Isca humana (c), armadilha BG- sentinel (d).

Fonte: Sudia & Chamberlain 1962, Service 1963, Ministério da Saúde 2001, www.bg-sentinel.com.

2.3.3 Desafios e perspectivas

O grande desafio do momento para os pesquisadores é a criação de um método eficiente para utilização no inquérito entomológico e monitoramento de espécies vetores da malária (RUBIO-PALIS et al., 2012; GAMA et al., 2013). Diante dessa realidade, inicia-se os estudos com a utilização de LEDs para atração de insetos vetores em substituição a luz incandescente. Essa tecnologia tem demonstrado bons resultados na atração de vários insetos vetores de importância médica (COHNSTAEDT et al., 2008; SILVA et al., 2015ab; 2016). Nesse contexto, a presente pesquisa dá início aos primeiros estudos para a avaliação dos LEDs na atratividade de espécies de anofelinos no Brasil.



Figura 7. Armadilha do tipo HP com fonte luminosa LED verde.
Fonte: Costa-Neta

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar a aplicação da tecnologia LED na captura dos anofelinos vetores da malária (Diptera: Culicidae) em área rural do nordeste do estado do Maranhão.

3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Avaliar a atratividade dos LEDs em armadilhas luminosas mediante a substituição das lâmpadas incandescentes convencionais;
- ✓ Determinar uma fonte luminosa específica para captura de anofelinos;
- ✓ Investigar a eficiência das fontes luminosas na captura de anofelinos diante das fases lunares;
- ✓ Averiguar o efeito de diferentes intensidades luminosas dos LEDs nas capturas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado no município de Chapadinha, localizado a 3°44'17" LS e 43°20'29" LW, abrangendo uma área de 3.247,383 km². A área do experimento situa-se no povoado São Raimundo, na fazenda Vila Emídio, localizada a 32 km da sede do município (Figura 8). A área possui altitude de 100 m acima do nível do mar, apresentando clima tropical semi-úmido com temperatura média variando de 28°C a 30°C e precipitação média anual de 1600 a 2000 milímetros. A estação seca estende-se de agosto a novembro e a chuvosa de dezembro a julho (NOGUEIRA et al., 2012).

4.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi realizado em duas áreas (Áreas I e II) da fazenda distantes 110 metros uma da outra. A área I possui 16 x 25 metros e caracteriza-se por ser um espaço aberto com a presença de um chiqueiro (onde as armadilhas foram instaladas), galinheiros, curral (bovino) e estábulo (equinos). A área II mede 20 x 26 m, sendo representada por apenas um chiqueiro, sem a presença de outros animais nas proximidades. Em ambos os locais havia a presença de palmeiras (*Attalea phalerata* Mart.) no interior e fora currais (SILVA et al., 2012; SILVA et al., 2016).

A área II apresenta um fragmento de mata localizado nas proximidades que juntamente com as palmeiras contribuem para o sombreamento do ambiente. A seleção da área de estudo teve como finalidade avaliar a atratividade dos LEDs na captura de espécies de anofelinos no Município de Chapadinha-MA, conseguinte, priorizou-se a presença de ambientes com coleções de águas e a presença de animais de médio porte, favorecendo a presença de anofelinos. No sentido de padronizar a pesquisa, optou-se pelos suínos abrigados em chiqueiros (SILVA et al., 2012; SILVA et al., 2016). A partir desses resultados o próximo passo será testar os LEDs em áreas endêmicas da malária.

4.3 Escolhas das cores dos LEDs

A escolha das cores dos LEDs foi feita a partir de um teste piloto utilizando oito armadilhas HP, das quais sete foram modificadas. As armadilhas modificadas tiveram suas lâmpadas incandescentes convencionais substituídas por LEDs de cinco mm e de alto brilho,

das seguintes cores: azul, verde, branco, violeta, vermelho e um LED emissor infravermelho, uma armadilha com lâmpada incandescente foi utilizada como controle. A partir desse teste foi selecionada os LEDs com as cores verde e azul que destacaram-se como fonte de luz mais atrativos para mosquito, além da lâmpada incandescente utilizada como controle.



Figura 8. Localização da área de estudo, fazenda Vila Emídio no Município de Chapadinha- MA.

4. 4 Descrição da armadilha

As coletas foram realizadas com seis armadilhas luminosas do tipo HP – Hoover Pugedo (PUGEDO et al., 2005), quatro das seis HP foram modificadas de acordo com Silva et al. (2015b) e as outras duas armadilhas não foram modificadas para serem utilizadas como controle. Nas quatro armadilhas modificadas trocou-se a lâmpada incandescente pelo LED, duas com LED azul e duas com LED verde. Os LEDs são de cinco mm e de alto brilho, tanto na cor azul (470nm, 6,000mCD, 20-30°, 20mA, 72 mW) quanto verde (520nm, 15,000mCD, 20-30°, 20mA, 72mW) e a lâmpada incandescente possui 150mA e 3V. Para avaliação da intensidade luminosa dos LEDs as armadilhas foram modificadas de acordo com Silva et al.

(2015b). Três armadilhas com o LED verde (520nm) com as intensidades 20.000m CD, 15.000 mCD e 10.000 mCD, e três armadilhas com o LED azul (470 nm) com as intensidades 4.000 mCD, 12.000 mCD e 15.000 mCD.

4.5 Amostragem I

O experimento foi realizado três vezes por semana em cada fase lunar (quarto crescente, cheia, quarto minguante e nova) de julho a setembro de 2015 e fevereiro a março de 2016, totalizando doze coletas em cada fase e quarenta e oito noites, no total. As coletas foram realizadas das 18:00 h às 6:00 horas com intervalos de um a dois dias a cada coleta. Os dados das fases da lua foram obtidos do site www.timeanddate.com (22/07/2015) localizado em São Luís capital do estado a 198 km da área de estudo.

As armadilhas foram dispostas a 1,5 metros acima do solo, três foram alocadas na área I e três na área II com LED azul, LED verde e lâmpada incandescente, totalizando seis armadilhas. Foram colocadas três armadilhas em cada abrigo em pontos estratégicos denominados A, B, C, com a distância entre 8 a 10 metros de cada ponto, distribuídos em formato triangular em cada chiqueiro. Em cada noite de coleta, houve o rodízio das fontes luminosas em todos os pontos. Os arranjos de montagem e posicionamento das armadilhas de luz foram os mesmos do trabalho anterior de Silva et al. (2016) que avaliaram o uso de LEDs como uma fonte de luz alternativa para a amostragem de flebotomíneos. No total foram realizadas 94 coletas, sendo 46 na área I e 48 na área II, e o esforço de captura foi de 3.384 horas.

4.6 Amostragem II

As coletas foram realizadas em dias alternados na semana, das 18:00 às 6:00 horas, no período de julho a outubro de 2016. As armadilhas foram dispostas a 1,5 metros acima do solo, três armadilhas com LEDs de cor verde e intensidades diferentes foram alocadas na área I e três na área II com LED de cor azul com diferentes intensidades. Foram colocadas três armadilhas em cada abrigo em pontos estratégicos com a distância de 8 metros entre cada ponto, distribuídos em formato triangular em cada chiqueiro. Em cada noite de coleta, houve o rodízio das fontes luminosas em todos os pontos. Compreendendo 15 noites, num total de 1080 horas nos dois abrigos.

4.7 Identificação das espécies de anofelinos

Após cada coleta os insetos foram transportados para o Laboratório de Entomologia Médica-UFMA (LEME), onde foram sacrificados com acetato de etila ($C_4H_8O_2$), e em seguida retirados dos recipientes de filó, triados e transferidos para potes de plásticos devidamente etiquetados, e posteriormente as espécies foram identificadas no LEME e no Laboratório de Entomologia e Vetores-UFMA (LEV) de acordo com (CONSOLI & LOURENÇO DE OLIVEIRA, 1994). Abreviações de gêneros e subgêneros seguem Reinert (2009). Para os exemplares que não apresentavam caracteres como escamas nas asas e tarsos posteriores não foi possível identificar à nível de espécie. As espécies de anofelinos identificadas encontram-se na coleção entomológica da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

4.8 Análise estatística I

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi realizado para avaliar a normalidade da distribuição dos dados. Os testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney foram empregados para comparar a abundância de indivíduos nas fontes luminosas e avaliar as comparações entre os pares, além da influência das fases lunares nas capturas, respectivamente. A significância estatística foi encontrada quando $p < 0,05$. Tais análises foram realizadas por meio Software Prisma (GraphPad – San Diego, CA). Para análise da correlação entre as fontes luminosa natural e artificial utilizou-se o teste de regressão de Poisson no Software Stata 12.

4.9 Análises estatísticas II

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi realizado para avaliar a normalidade da distribuição dos dados. Os testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney foram empregados para avaliar a anormalidade da distribuição de dados. Quando o critério de normalidade não foi atendido, os dados foram transformados em Log_{10} antes da análise. Em caso da distribuição normal foi utilizado o teste de análise de variância e T de Student. Foram feitas também a correlação de Pearson para relacionar as duas variáveis (número de indivíduos e a intensidade luminosa). A significância estatística foi encontrada quando $p < 0,05$. Tais análises foram realizadas através do Software Prisma (GraphPad – San Diego, CA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHORLU, C. K.; KORAM, KWADWO. Intermittent preventive treatment for children (IPTC) combined with timely home treatment for malaria control. **Malaria journal**, v.11, n.1, p. 2, 2012.
- ALAN, S. A.; DAY, J. F; EDMAN, J. D. Visual ecology of biting flies. **Annal Review of Entomology**, v.32, p. 297-316, 1987.
- BARNARD, D. R.; KNUE, G. J.; DICKERSON, C. Z.; BERNIER, U. R.; KLINE, D. L. Relationship between mosquito (Diptera: Culicidae) landing rates on a human subject and numbers captured using CO₂-baited light traps. **Bulletin of Entomological Research**, v. 101, p. 277–285, 2011.
- BARR, A. R.; SMITH, T. A.; BOREHAM, M. M. Light intensity and the attraction of mosquitoes to light traps. **Journal of Economic Entomology**, v. 53, n. 5, p.876-880, 1960.
- BARR, A. R.; SMITH, T. A.; BOREHAM, M. M.; WHITE, K. E. Evaluation of some factors Affecting the efficiency of light traps in collecting mosquitoes. **Journal of Economic Entomology**, v. 56, n. 2, p.123-127, 1963.
- BENTLEY, M. T.; KAUFMAN, P. E.; KLINE, D. L.; HOGSETTE, J. A. Response of adult mosquitoes to light-emitting diodes placed in resting boxes and in the field. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 25, n. 3, p. 285–291, 2009.
- AL BISHOP, A. L.; MCKENZIE, H. J.; BARCHIA, I. M.; SPOHR, L. J. Moon phase and other factors affecting light-trap catches of *Culicoides brevitarsis* Kieffer (Diptera: Ceratopogonidae). **Australian Journal of Entomology**, v. 39, p.29-32.
- BISHOP, A. L.; WORRALL, R.J.; SPOHR, L.J.; MCKENZIE, H.J.; BARCHIA, I, M. Improving light-trap efficiency for *Culicoides* spp. With light-emitting diodes. **Epidemiology Vectors**, v.40, n.3, p. 266-269, 2004.
- BOUSEMA, T.; DRAKELEY, C.; GESASE, S.; HASHIM, R.; MAGESA, S.; MOSHA, F.; OTIENO, S.; CARNEIRO, I.; COX, J.; MSUYA, E.; KLEINSCHMIDT, I.;MAXWELL, C.; GREENWOOD, B.; RILEY, E.; SAUERWEIR, R.; CHANDRAMOHAN, D.; GOSLING, R. Identification of Hot Spots of Malaria Transmission for Targeted Malaria Control. **The Journal of Infectious Diseases**, v. 201, n.11, p. 1764- 1774, 2010.
- BRETSCHER, M. T.; GRIFFIN, J.; HUGO, P.; BAKER, M.; GHANI, A.; OKELL, L. A comparison of the duration of post-treatment protection of artemether-lumefantrine, dihydroartemisinin-piperaquine and artesunate-amodiaquine for the treatment of uncomplicated malaria. **Malaria journal**, v.13. n. 1. p.1, 2014.

BURKETT, D. A.; BUTLER, J.; KLINE, D. L. Field evaluation of colored light-emitting diodes as attractants for woodland mosquitoes and other diptera in north central florida. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 14, n. 2, p. 186- 195, 1998.

BURKETT, DA., LEE, K. J.; LEE, K. W.; KIM, H. C.; LEE, H. I.; LEE, J. S.; SHIN, E. H.; WIRTZ, R. A.; CHO, H. W.; CLABORN, D. M.; COLEMAN, R. E.; KLEIN, T. A. Light carbon dioxide, and octenol-baited mosquito trap and host-seeking activity evaluations for mosquitoes in a malarious area of the republic of korea. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v.17, n. 3, p.196-205, 2001.

COHNSTAEDT, L.; GILLEN, J. I.; MUNSTERMANN, L. E. Light-Emitting Diode technology improves insect trapping. **Journal American Mosquito Association**, v. 24, n.2, p. 331-334, 2008.

CONSOLI, R. A. G. B.; LOURENÇO DE OLIVEIRA, R. Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: **Editora Fiocruz**, p. 224, 1994.

COSTA, J. C.; LOROSA, E. S.; MORAES, J. L. P.; REBÊLO, J. M. M. Espécies de *Culicoides* (Diptera; Ceratopogonidae) e hospedeiros potenciais em área de ecoturismo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Brasil. **Pan- Amaz Saúde**, v. 4, n. 3, p. 11-18, 2013.

COSTANTINI, C.; GILSON, G.; BRADY, J.; MERZAGORA, L.; COLUZZI, M. A new odour- baited trap to collect host- seeking mosquitoes. **Parasitologia**, v. 35, p. 5-9, 1993.

COSTANTINI, C.; SAGNON, N.; TORRE, A. D.; DIALLO, M.; BRADY, J.; GIBSON, G.; COLUZZI, M. Odor-mediated host preferences of west african mosquitoes, with particular reference to malaria vectors. **American Society of Tropical Medicine Hygiene**, v. 58, n. 1, p. 56-63, 1998.

DAVIS, J. R.; HALL, T.; CHEE, E.; MAJALA, A.; MINJASS, J.; SHIFF, C. J. Comparison of sampling anopheline mosquitoes by light-trap and human-bait collections indoors at Bagamoyo, Tanzania. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 9, p. 249-255, 1995.

DEANE, L. M. A cronologia da descoberta dos transmissores da malária na Amazônia brasileira. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, v. 84, p. 149-156, 1989.

DEANE, L. M. Malaria vectors in Brasil. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, v.81, p. 5-14, 1986.

DRAGO, A.; MARINI, F.; CAPUTO, B.; COLUZZI, M.; TORRE, A. D.; POMBIL, M. Looking for the gold standard: assessment of the effectiveness of four traps for monitoring mosquitoes in Italy. **Journal of Vector Ecology**, v. 37, n. 1. p- 117- 123, 2012.

FERREIRA, S. R.; LUZ, E. Malária no Estado do Paraná – Aspectos históricos e prognose. **Acta Biologica Paranaense**, v. 32, n. 1-4, p. 129- 156, 2003.

FRANÇA, T. C. C.; SANTOS, M. G.; FIGUEROA-VILLAR, J. D. Malária: aspectos históricos e quimioterapia. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1271-1278, 2008.

GAMA, R. A.; ANDRADE, A. J.; ANDRADE, M. R.; RESENDE, M. C.; EIRAS, A. E. Avaliação da armadilha HP iscada com diferentes taxas de liberação de octenol na captura de

anofelinos (Diptera: Culicidae) em Brejo do Mutambal. Município de Varzelândia, Estado de Minas Gerais. **Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.40, n.4, p.408-410, 2007.

GAMA, R. A.; DA SILVA, I. M.; GEIER, M.; EIRAS, A. E. Development of the bg-malaria trap as an alternative to human-landing catches for the capture of *anopheles darlingi*. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, v. 108 n.6, p. 763-771, 2013.

GATTON, M. L.; CHITNIS, N.; CHURCHER, T.; DONNELLY, M. J.; GHANI, A. C.; GADFRAY, H. C. J.; GOULD, J.; HASTINGS, L.; MARSHAEL, J.; RANSON, H.; ROWLAND, M.; SHAMAN,.; LINDSAY, S. W. The importance of mosquito behavioral adaptations to malaria control in Africa. **Evolution**, v. 67, n. 4, 2013.

GODFRAY, H. C. J. Mosquito ecology and control of malaria. **Journal of Animal Ecology**, v. 82, p. 15- 25, 2013.

GOVELLA, N. J.; CHAKI, P. P.; MPANGILE, J. M.; KILLEEN, G. F. Monitoring mosquitoes in urban Dar es Salaam: Evaluation of resting boxes, window exit traps, CDC light traps, Ifakara tent traps and human landing catches. **Parasites & Vectors**, v.4, n.40, p. 2-12, 2011.

GUIMARÃES, A. E.; GENTILE, C.; LOPES, C. M.; MELLO, R. P. Ecology of mosquitoes (diptera: culicidae) in areas of serra do mar state park, state of são paulo, brazil. iii – daily biting rhythms and lunar cycle influence. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 95 n.6, p. 753-760, 2000.

HARBACH, R. E.; KITCHIN, I. J. The phylogeny of Anophelinae revisited: inferences about the origin and classification of Anopheles (Diptera: Culicidae). **Zoologica Scripta**, v. 45, p.34-47, 2016.

HOEL, D.F.; BUTLER, J.E.; FAWAZ, E.Y.; WATANY, N.; EL-HOSSARY, S.S.; VILLINSKI, J. Response of phlebotomine sand flies to light-emitting diode-modified light traps in southern Egypt. **Journal of Vector Ecology**, v. 32, n. 2, p.302-308, 2007.

JENKINS, A. B.; YOUNG, M. B. Investigation of *Culicoides* spp. Preference for light colour and source using light emitting diodes and fluorescent light. **South African Society for Animal Science**, v. 40, p. 514- 518, 2010.

KIM, H. C.; KIM, M. S.; CHOI, K. S.; HWANG, D. U.; JOHNSON, J. L.; KLEIN, T. A. Comparison of Adult Mosquito Black-Light and Light-Emitting Diode Traps at Three Cowsheds Located in Malaria-Endemic Areas of the Republic of Korea. **Journal of Medical Entomology**, v. 0, p.1-8, 2016.

KISZEWSKI, A.; MELLINGER, A.; SPIELMAN, A.; MALANEY, P.; EHRLICH SACHS, S.; SACHS, J. A global index representing the stability of malaria transmission. **American Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 70, n. 5, p. 486–498, 2004.

KLIN, D. K. Traps and trapping techniques for adult mosquito control. **Journal American Mosquito Association**, v. 22, n. 3, p.490-496, 2006.

KWEKA, E. J.; MWANG'ONDE, J. B.; KIMARO, E.; MSANGI, S.; Charles P MASSENGA, C. P.; MAHANDE, A. M. A resting box for outdoor sampling of adult *Anopheles arabiensis* in rice irrigation schemes of lower Moshi, northern Tanzania. **Malaria Journal**, v. 8, n. 82, p. 1-6, 2009.

KWEKA, E. J.; OWINO, E. A.; LEE, M-C.; DIXIT, A.; HIMEIDAN, Y. E.; MAHANDE, A. M. Efficacy of resting boxes baited with carbon dioxide versus CDC light trap for sampling mosquito vectors: A comparative study. **Global Health perspectives**, v.01, n. 01, p. 11-18, 2013.

LIMA, J. B. P.; ROSA-FREITAS, M. G.; RODOVALHO, C. M.; SANTOS, F.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. Is there an efficient trap or collection method for sampling *Anopheles darlingi* and other malaria vectors that can describe the essential parameters affecting transmission dynamics as effectively as human landing catches? – A review. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 109, n. 5, p. 685-705, 2014.

LIU, X. B.; LIU, Q. Y.; GUO, Y. H.; JIANG, J. Y.; REN, D. S.; ZHOU, G. C.; ZHENG, C. J.; ZHANG, Y. LIU, J. L.; LI, Z. F.; CHEN, Y.; LI, H. S.; MORTON, L. C.; LI, H. Z.; LI, Q.; GU, W. D. The abundance and host-seeking behavior of culicine species (Diptera: Culicidae) and *Anopheles sinensis* in Yongcheng city, people's Republic of China. **Parasites & Vectors**, v. 4, n. 221, p. 1- 16, 2011;

LYIMO, I. N.; FERGUSON, H. M. Ecological and evolutionary determinants of host species choice in mosquito vectors. **Trends in Parasitology**, v. 25, n. 4, p. 189-196, 2009.

MAGBITY, E. B.; LINES, J. D.; MARBIAH, M. T.; DAVID, K.; PETERSON, E. How reliable are light traps in estimating biting rates of adult *Anopheles gambiae* s.l. (Diptera: Culicidae) in the presence of treated bed nets?. **Bulletin of Entomological Research**, v.92, p. 71-76, 2002.

MARTINS-CAMPOS, PINHEIRO, W. D.; VITOR-SILVA, S.; SIQUEIRA, A. M.; MELO, G. C.; RODRIGUES, I. C.; FÉ, N. F.; BARBOSA, M. G. V.; TADEI, W. P.; GUINOVART, C.; BASSAT, Q.; ALONSON, P. L.; LACERDA, M. V. G.; MONTEIRO, W. M. Integrated vector management targeting *Anopheles darlingi* populations decreases malaria incidence in an unstable transmission area, in the rural Brazilian Amazon. **Malaria journal**, v.11, n.351, p.2-9, 2012.

MATOWO, N. S.; MOORE, J.; MAPUA, S.; MADUMLA, E. P.; MOSHI, I. R.; KAINDOA, E. W.; MWANGUNGULU, S. P.; KAVISHE, D. R.; SUMAYE, R. D.; LWETOIJERA, D. W.; OKUMU, F. O. Using a new odour-baited device to explore options for luring and killing outdoor-biting malaria vectors: a report on design and field evaluation of the Mosquito Landing Box. **Parasites & Vectors**, v.6, n, 137, p. 2-16, 2013.

MEIJERINK, J.; BRAKS, M. A. H. BRACK, A. A.; ADAM, W.; DEKKER, T.; POSTHUMUS, M. A.; VAN BEEK, T. A.; VAN LOON, J. J. A. Identification of Olfactory Stimulants for *Anopheles gambiae* from human sweat samples. **Journal of Chemical Ecology**, v. 26, n. 6, p. 1367-1382, 2000.

MENDOZA, C. F.; LOURENÇO DE OLIVEIRA, R. Bionomics of *Anopheles aquasalis* Curry 1932, in Guaraf, State of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. I. Distribution and Parity rates. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 91, n, 3, p. 265-270, 1996.

MS/BRASIL- Ministério da Saúde/ Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia prático de tratamento da malária no Brasil**, p. 1- 38, 2010.

MS/BRASIL- Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde. Situação epidemiológica da malária no Brasil, 2000 a 2011. **Boletim Epidemiológico**, v.44, p.1-16, 2013.

MS/BRASIL- Ministério da Saúde/ Secretária de Vigilância em Saúde. Malária: monitoramento dos casos no Brasil em 2014. **Boletim Epidemiológico**, v.46, p. 1-5, 2015.

MUTANDA, A. L.; CHERUIYOT, P.; HODGES, J. S.; AYODO, G.; ODERO, W.; JOHN, C. Sensitivity of fever for diagnosis of clinical malaria in a Kenyan area of unstable, low malaria transmission. **Malaria journal**, v. 13, n.163, p. 2-7, 2014.

NOGUEIRA, V. F. B.; CORREIA, M. F.; NOGUEIRA, V. S. Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha-MA. **Brasileira de Geografia Física**, v. 03, p. 708- 724, 2012.

NOWINSZKY, L. Nocturnal illumination and night flying insects. **Applied ecology and environmental research**, v. 2, n. 1, p. 17- 52, 2004.

OBENAUER, P. J.; ABDEL-DAYEM, M. S.; STOOPS, C. A.; VILLINSKI, J. T.; TAGELDIN, R.; FAHMY, N. T.; DICLARO, L. I.; BOLAY, F. Field responses of *Anopheles gambiae* complex (Diptera: Culicidae) in Liberia using yeast-generated carbon dioxide and synthetic lure-baited light traps. **Journal of Medical Entomology**, v. 50, p.863-870, 2013.

OKUMU, F. O.; KILLEEN, G. F.; OGOMA, S.; BISWARO, L.; SMALLEGANGE, R. C.; MBEYELA, E.; TITUS, E.; MUNK, C.; NGONYANI, H.; TAKKEN, W., MSHINDA, H.; MUKABANA, W. R.; MOORE, S. J. Development and Field Evaluation of a Synthetic Mosquito Lure That Is More Attractive than Humans. **Plos One**, v. 5, n.1, p.1-7, 2010b.

OKUMU, F. O.; MADUMLA, E. P.; ALEX, N.; JOHN, A. N.; LWETOIJERA, D, W.; SUMAYE, R. D. Attracting, trapping and killing disease transmitting mosquitoes using odor-baited stations - The Ifakara Odor-Baited Stations. **Parasites & Vectors**, v. 3, n. 12, p. 2-10, 2010a.

OLIVEIRA-FERREIRA, J.; LACERDA, M. V. G.; BRASIL, P.; LADISLAUS, J. L. B.; TAUIL, P.; DANIEL-RIBEIRO, C. T. Malaria in Brazil: an overview. **Malaria journal**, v. 9, n. 115, p. 2- 7, 2010.

PARISE, E. V. Severe malaria in Palmas, State of Tocantins: case report. **Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 42, n.4, p.463-468, 2009.

PUGEDO, H.; BARATA, R. A.; FRANÇA-SILVA, J. C.; SILVA, J. C.; DIAS, E. S. HP: um modelo aprimorado de armadilha luminosa de sucção para a captura de pequenos insetos. **Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 38, n.1, p.70-72, 2005;

REBÊLO, J. M. M.; MORAES, J. L. P.; ALVES, G. A.; LEONARDO, F. S.; ROCHA, R. V.; MENDES, W. A.; COSTA, E.; CÂMARA, L. E. M. B.; SILVA, M. J. A.; PEREIRA, Y. N. O.; MENDONÇA, J. A. C. Distribuição das espécies do gênero *Anopheles* (Diptera,

Culicidae) no Estado do Maranhão, Brasil. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.23, n.12, p. 2959-2971, 2007.

REINERT, J. F. List of abbreviations for currently valid generic-level taxa in family Culicidae (Diptera). **European Mosquito Bulletin**, v. 27, p. 68-76, 2009.

ROSA-FREITAS, M. G.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R.; CARVALHO-PINTO, C. J.; FLORES-MENDOZA, C.; SILVA-DO-NASCIMENTO, F. T. Anopheline Species Complexes in Brazil. Current Knowledge of Those Related to Malaria Transmission. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 93, n. 5, p. 651-655, 1998.

RUBIO-PALIS, Y. Influence of moonlight on light trap catches of the malaria vector *Anopheles nuneztovari* in Venezuela. **Journal American Mosquito Association**, v. 8, n.2, 179-180, 1992.

RUBIO-PALIS, Y.; MORENO, J. E.; SÁNCHEZ, V.; ESTRADA, Y.; ANAYA, W.; BEVILACQUA, M.; CÁRDENAS, L.; MARTÍNEZ, A.; MEDINA, D. Can mosquito magnet[®] substitute for human-landing catches to sample anopheline populations?. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v.107, n. 4, p. 546-549, 2012.

RUEDA, L. M. Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 477-487, 2008.

SCHMIED, W. H.; TAKKEN, W.; KILLEEN, G. F.; KNOLS, B. G. J.; SMALLEGANGE, R. C.; Evaluation of two conterflow traps for testing behavior-mediated compounds for the malaria vector *Anopheles gambiae* s.s. under semi-field conditions in Tanzania. **Malaria Journal**, v. 7, n. 230, p. 2-9, 2008.

SERVICE, M. W. A Battery-Operated Light-Trap for Sampling Mosquito Populations. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 69 p. 635-641, 1963.

SHONE, S. M.; GLASS, G. E.; NORRIS, D. E. Targeted trapping of mosquito vectors in the Chesapeake bay area of Maryland. **Journal of Medical Entomology**, v. 43, p. 151-158, 2006.

SIKULU, M.; GOVELLA, N. J.; OGOMA, S. B.; MPANGILE, J.; KAMBI, S. H.; KANNADY, K.; CHAKI, P. C.; MUKABANA, W. R.; KILLEEN, G. F. Comparative evaluation of the Ifakara tent trap-B, the standardized resting boxes and the human landing catch for sampling malaria vectors and other mosquitoes in urban Dar es Salaam, Tanzania. **Malaria Journal**, v. 8, n. 197, p. 1- 9, 2009.

SILVA F. S.; CARVALHO L. P. C.; SOUZA J. M. Flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) associados a abrigos de animais domésticos em área rural do nordeste do estado do Maranhão, Brasil. **Revista da Patologia Tropical**, v.41, n. 3, p. 337-347, 2012.

SILVA, A. R.; FERNANDES, J. M. C.; RODRIGUES, T. A.; SANTOS, H. J.; CAVALHEIRO, N. N. M.; GUIMARÃES, M. C.; GONÇALVES, E. G. R. Controle da malária no Estado do Maranhão. **Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.42, n. 3, p. 318-324, 2009.

SILVA, F. S.; BRITO, J. M.; COSTA-NETA, B. M. Field evaluation of light-emitting diode as attractant for blood-sucking midges of genus *Culicoides* latreille (Culicomorpha, Ceratopogonidae) in the brasilian savanna. **Entomology News**, v. 125, n. 1, p. 1-6, 2015a.

SILVA, F. S.; BRITO, J. M.; COSTA-NETA, B. M.; LOBO, S. E. P. D. Evaluation of light-emitting diode as attractant for sand flies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) in northeastern Brazil. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v.110, n. 6, p. 801-803, 2015b.

SILVA, F. S.; DA SILVA, A. A.; REBÊLO, J. M. M. An Evaluation of Light-Emitting Diode (LED) Traps at Capturing Phlebotomine Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in a Livestock Area in Brazil. **Journal of Medical Entomology**, v.53, n. 3, p. 1-5, 2016.

SILVA, J. S., COURI, M. S., GIUPPONI, A. P. L., AND ALENCAR, J. Mosquito fauna of the Guapiacu Ecological Reserve, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brazil, collected under the influence of different color CDC light traps. **Journal of Vector Ecology**, v. 39, p. 384-394, 2014.

SINKA, M. E.; BANGS, M. J.; MANGUIN, S.; RUBIO-PALIS, Y.; CHAREONVIRIYAPHAP, T.; COETZER, M.; MBOGO, C. M.; HEMINGWAY, J.; PATIL, A. P.; TEMPERLEY, W. H.; GETHIG, P. W.; KABARIA, C. W.; BURKOT, T. R.; HARBACH, R. E.; HAY, S. I. A global map of dominant malaria vectors. **Parasites & Vectors**, p. 3- 11, 2012.

SUDIA, W. D.; CHAMBERLAIN, R. W. Battery-operated light trap, an improved model. **Mosquito News**, v. 22 p. 126-9, 1962.

TADEI, W. P.; THATCHER, B. D.; SANTOS, J. M. M.; SCARPASSA, V. M.; RODRIGUES, I. B.; RAFAEL, M. S. Ecologic observations on anopheline vectors of malaria in the brazilian Amazon. **American Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 59, n. 2, p. 325- 335, 1998.

TAHITA, M. C.; TINTO, H.; MENTEN, J.; OUEDRAOGO, J. B.; GUIGUEMDE, R. T.; GEERTRUYDEN, J. P. V.; ERHART, A.; D'ALESSANDRO, U. Clinical signs and symptoms cannot reliably predict Plasmodium falciparum malaria infection in pregnant women living in an area of high seasonal transmission. **Malaria Journal**, v. 12, n. 464, p. 3-7, 2013.

TAKKEN, W. The role of olfaction in host-seeking of mosquitoes: A review. **Journal of Tropical Insect Science**, v. 12, n.3, p. 287-295, 1991.

TCHOUASSI, D. P.; SANG, R.; SOLE, C. L.; BASTOS, A. D. S.; COHNSTAEDT, L. W.; TORTO, B. Trapping of Rift Valley Fever (RVF) vectors using Light Emitting Diode (LED) CDC traps in two arboviral disease hot spots in Kenya. **Parasites & Vectors**, v.5, n. 94, 2012.

TONNANG, H. E. Z.; KANGALAWA, R. Y. M. YANDA, P. Z. Predicting and mapping malaria under climate change scenarios: the potential redistribution of malaria vectors in Africa. **Malaria journal**, v.9, n.11, p. 2-10, 2010.

VERHULST, N. O.; QIU, Y. T.; BEIJLEVELD, H.; MALIEPAARD, C.; KNIGHTS, D.; SCHULZ, S.; BERG-LYONS, D.; LAUBER, C. L.; VERDUIJN, W.; HAASNOOT, G. W.;

MUMM, R.; BOUWMEESTER, H. J.; CLAAS, F. H. J.; DICKE, M.; VAN LOON, J. J. A.; TAKKEN, W.; KNIGHT, R.; SMALLEGANGE, R. C. Composition of Human Skin Microbiota Affects Attractiveness to Malaria Mosquitoes. **Plos One**, v. 6 n. 12, 2011.

VITOR-SILVA, S.; SIQUEIRA, A. M.; SAMPAIO, V. S.; GUINOVARTE, C.; REYES-LECCA, R. C.; MELO, G. C.; MONTEIRO, W. M.; PORTILLO, H. A. D.; ALONSO, P.; BASSAT, Q.; LACERDA, M. V. G. Declining malaria transmission in rural Amazon: changing epidemiology and challenges to achieve elimination. **Malaria journal**, v. 15, n. 266, p. 2-14, 2016.

WANJALA, C. L.; ZHOU, G.; MBUGI, J.; SIMBAUNI, J.; AFRANEL, Y. A.; OTOLO, E.; GESUGEL, M.; ATIEMI, H.; GITHEKO, A. K.; GUIYUN, Y. Insecticidal decay effects of long-lasting insecticide nets and indoor residual spraying on *Anopheles gambiae* and *Anopheles arabiensis* in Western Kenya. **Parasites & Vectors**, v. 8, n. 588. P. 2-9, 2015.

WILLIAMS, C. R.; BADER, C. A.; WILLIAMS, S. R.; WHELAN, P. I. Adult mosquito trap sensitivity for detecting exotic mosquito incursions and eradication: a study using EVS traps and the Australian southern saltmarsh mosquito, *Aedes camptorhynchus*. **Journal of Vector Ecology**, v. 37, n. 1, p. 110-6, 2012.

WILTON, D. P.; FAY, R. W. Responses of adult *Anopheles stephensi* to light of various wavelengths. **Journal of Medical Entomology**, v. 9, p. 301-304, 1972.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global malaria programme: World malaria report 2012. **World Health Organization**. Geneva, p. 259, 2012.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global malaria programme: World Malaria report 2013. **World Health Organization**, Geneva, p. 253, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Who global malaria programme: World malaria report 2014. **World Health Organization**, p. 124, 2014.

ZWIEBEL, L. J.; TAKKEN, W. Olfactory regulation of mosquito–host interactions. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 34, n.7, p. 645–652, 2004.

CAPITULO I**ARTIGO ORIGINAL****LED (LIGHT-EMITTING DIODE) MELHORA A CAPTURA DE MOSQUITO ANOFELINO POR ARMADILHA LUMINOSA**

Costa-Neta et al.: LED como atrativo para anofelinos

Journal of Medical Entomology Vector Control, Pest Management, Resistance, Repellents

Laboratório de Entomologia Médica, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, Chapadina, MA, 65500-000, Brasil.
Fone: +559832729937
E-mail: francinaldosilva@ufma.br

LED (light-emitting diode) melhora a captura de mosquito anofelino por armadilha luminosa

B. M. Costa-Neta^{1,2,4}, A. A. da Silva^{1,4}, J. M. Brito^{1,3,4}, J. L. P. Moraes², J. M. M. Rebêlo^{2,4}, F. S. Silva^{1,4,5}

- 1 Laboratório de Entomologia Médica, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, CEP: 65500-00, Chapadina, MA, Brasil.
- 2 Laboratório de Entomologia e Vetores, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, CEP: 65080-805. São Luís, MA, Brasil.
- 3 Laboratório de Imunofisiologia, Departamento de Patologia, Universidade Federal do Maranhão, CEP: 65080-805. São Luís, MA, Brasil.
- 4 Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, CEP: 65080-805. São Luís, MA, Brasil.
- 5 Autor correspondente, e-mail: francinaldosilva@ufma.br.

1 **Resumo.** Várias vantagens no uso de LED em relação a lâmpadas incandescentes
2 convencionais favorecem o uso de diodos emissores de luz como uma fonte luminosa
3 alternativa e barata para a captura de insetos de importância médica em estudos de vigilância.
4 Estudos foram realizados a fim de verificar a resposta de mosquitos a diferentes
5 comprimentos de onda, porém dados sobre atração de mosquitos anofelinos por LED ainda
6 são limitados. Armadilhas de luz do tipo CDC (Centros de controle e prevenção de doenças)
7 foram ligeiramente modificados com a substituição de lâmpadas incandescente convencionais
8 por LEDs de 5 mm, verde (520 nm) e a outra de cor azul de 470 nm. Para testar a influência
9 da luminosidade da lua sobre as capturas com o LED, os experimentos foram conduzidos
10 durante as quatro fases lunares de cada mês do período de estudo. Um total de 1.845
11 espécimes distribuídos em oito espécies de anofelinos foi encontrado. *Anopheles*
12 (*Nyssorhynchus*) *evansae* (35.2%) foi a mais frequente, seguida por *An. (Nys.) triannulatus*
13 s.l. (21.9%), *An. (Nys.) goeldii* (12.9%) e *An. (Nys.) argyritarsis* (11.5%). O LED verde foi à
14 fonte de luz mais atrativa, representando 43,3% dos indivíduos, seguida da luz azul (31,8%) e
15 o controle (24,9%). As armadilhas com LED foram significativamente mais atrativas do que o
16 controle, independentemente da fase lunar. A eficiência dos LEDs aperfeiçoa os resultados de
17 captura com luz, sugere-se o uso de LEDs como um atrativo para mosquitos anofelinos, o que
18 deve ser levado em consideração nas atividades de monitoramento de populações de
19 mosquitos.

20

21 Palavras-Chave: Armadilha com diodos emissores de luz, *Anopheles*, controle vetorial,
22 armadilha luminosa

23

24 A malária é uma doença parasitária disseminada, transmitida de pessoa a pessoa através da
25 picada de mosquitos culicídeos (Diptera: Nematocera) do gênero *Anopheles* Meigen da
26 subfamília Anophelinae (Reinert 2009). Este gênero é composto por mais de 465 espécies
27 formalmente reconhecidas e distribuídas em regiões tropicais e temperadas do mundo. Desse
28 número, cerca de 70 espécies são vetores competentes capazes de transmitir parasitas de
29 malária aos seres humanos e 41 são consideradas espécies vetores dominantes (Sinka et al.
30 2012).

31 No Brasil, a malária é um problema de saúde muito comum, endêmica nos nove
32 estados amazônicos (MS 2013, 2015) incluindo Maranhão, onde este estudo foi realizado. As
33 espécies de *Anopheles* mais importantes do ponto de vista médico no Brasil são *An. darlingi*,
34 *An. aquasalis*, *An. albitarsis* s.l., *An. cruzii* e *An. bellator* (Deane 1986,1989).

35 Atualmente, existem diversas técnicas baseadas em propriedades químicas, biológicas
36 e físicas para amostragem da fauna de *Anopheles*. As técnicas químicas incluem o uso de
37 compostos associados ao hospedeiro, tais como atrativo de longa distância como CO₂ e os
38 voláteis oriundos das glândulas sudoríparas. Estas técnicas têm sido usadas com sucesso em
39 combinação com *Mosquito Landing Box* (MLB), *Resting Box* (RB), BG sentinela e MM-X
40 armadilha para a captura de mosquitos anofelinos (Kweka et al. 2009, Govella et al. 2011,
41 Gama et al. 2013, Kweka et al. 2013, Lima et al. 2014). As técnicas biológicas incluem
42 atração humanas ou animais, muitas vezes em conjunto com técnicas físicas, tais como
43 armadilhas do tipo Shannon, Ifakara Tent Trap (ITT), CDC (*Centros de Controle e Prevenção*
44 *de Doenças*) (Gama et al. 2007, Govella et al. 2011, Gama et al. 2013, Lima et al. 2014).
45 Neste contexto, a captura com atração humana é considerado o método padrão-ouro para
46 determinar o contato mosquito-homem, porém expõe os coletores a uma variedade de
47 patógenos transmitidos por mosquitos que se alimentam de sangue (Gama et al. 2013).

48 Entre as técnicas físicas, as armadilhas luminosa do tipo CDC (Sudia e Chamberlain
49 1962, Service 1963, Pugedo et al. 2005) foram extensivamente testadas e usadas como uma
50 ferramenta de levantamento para monitorar populações de dípteros de importância médica.
51 Uma das principais vantagens das armadilhas luminosas é que os coletores não são expostos
52 ao risco de contrair infecções transmitidas por vetores, um problema ético comum como
53 captura de atração humana na vigilância da malária. As capturas com atração humana,
54 armadilhas de luz também podem ser usadas como um estimador da taxa de picadas de
55 mosquitos (Davies et al. 1995, Costantini et al. 1998, Magbity et al. 2002).

56 Vários fatores podem afetar a eficiência da armadilha, tais como iluminação de
57 ambiente, diferentes comprimentos de onda, intensidade de luz, movimento do ar, altura e cor
58 da armadilha (Barr et al. 1960, 1963, Wilton e Fay 1972, Alan et al. 1987, Nowinszky 2004,
59 Shone et al. 2006). Em vista de tais restrições, uma série de modificações foram propostas
60 para melhorar os métodos de captura com luz (por exemplo, Burkett et al. 2001, Kline 2006,
61 Barnard et al. 2011, Obenauer et al. 2013). A iluminação do ambiente é um dos fatores
62 ambientais mais importantes que afetam a eficiência da armadilha da luz. Nesse contexto, a
63 influência das fases lunares tem um efeito competitivo sobre a atratividade das armadilhas
64 (Bowden e Church 1973, Nowinszky 2004, Rubio-Palis, 1992).

65 Recentemente, o uso da tecnologia de diodos emissores de luz (LED) tem sido testado
66 e usado como fonte de luz para atração de insetos vetores adultos (Silva et al. 2014, Silva et
67 al. 2016, Kim et al. 2016). O uso de LEDs como fonte luminosa em substituição a lâmpadas
68 incandescentes convencional, em estudos de vigilância entomológica traz muitas vantagens,
69 como baixo custo, difícil de danificar, durabilidade, rara necessidade de substituição e a
70 possibilidade de emitir vários comprimentos de ondas de cores específicas variando de 350 a
71 700 nm (Burkett et al. 1998, Cohnstaedt et al. 2008). Estas características favorecem o uso de
72 LEDs como uma fonte de luz alternativa e barata para a amostragem de insetos de

73 importância médica em estudos de vigilância. Ao contrário dos LEDs, as lâmpadas
74 incandescentes emitem luz na porção do espectro infravermelho e aproximadamente 95% de
75 sua radiação é emitida em forma de calor (Cohnstaedt et al. 2008), que é invisível para a
76 maioria dos insetos (Briscoe e Chittka 2001).

77 Vários estudos foram conduzidos a fim de conhecer a resposta de mosquitos a
78 diferentes comprimentos de onda ou intensidades de luz, buscando uma fonte de luz
79 alternativa como atrativo (Burket et al. 1998, Silva et al. 2014). No entanto, os dados sobre a
80 preferência de comprimentos de onda de mosquito anofelino são limitados. No Brasil, poucos
81 estudos direcionados ao uso de armadilhas com luz LED em inquérito entomológico de
82 vetores, mostraram que os comprimentos de onda na faixa de azul para verde são as melhores
83 alternativas para amostragem de insetos vetores em comparação com lâmpadas
84 incandescentes (Silva et al. 2014, Silva et al. 2015 a, b, 2016). O presente estudo teve como
85 objetivo avaliar a resposta de algumas espécies de anofelinos aos LEDs em uma área
86 peridomiciliar no Nordeste do Brasil, em busca de uma estratégia eficaz e de baixo custo para
87 o monitoramento de anofelinos e contribuir para a melhoria contínua de métodos de captura
88 com luz.

89

90 **Material e Métodos**

91

92 **Área de estudo.** Este estudo foi realizado em uma fazenda (3°44'17" S, 43°20'29" W)
93 no noroeste do Maranhão, Brasil. A região possui um clima tropical semi-úmido, com uma
94 altitude máxima de 100 metros. A temperatura anual varia de 28 a 30°C. A estação chuvosa
95 inicia em Janeiro e encerra em Junho, com precipitação média anual de 1.600 a 2.000mm. A
96 estação seca está entre os meses de Julho a Dezembro (Nogueira et al. 2012).

97 Dois locais de estudo foram selecionados para a amostragem de mosquitos: Locais I e
98 II, espaçado por 110 metros. O local I é uma área aberta com características típicas de
99 ambiente pecuário, representados por um chiqueiro de porco e um curral de gado. O local II é
100 representado unicamente por um chiqueiro e uma área de floresta localizada nas
101 proximidades. As duas áreas possuíam palmeira da espécie *Attalea phalerata* Mart.,
102 distribuídas dentro e fora dos chiqueiros dos animais. Os chiqueiros dois locais foram
103 selecionados para a amostragem.

104

105 **Modificação das armadilhas luminosas.** Para avaliar a resposta dos anofelinos aos
106 LEDs, as armadilhas de luz do tipo CDC (Pugedo et al. 2005) foram ligeiramente modificadas
107 com a substituição da lâmpada incandescente convencional por LED de acordo com Silva et
108 al. (2015 a,b, 2016). Foram utilizadas duas lâmpadas LED de alta intensidade de 5 mm
109 (Mollesmell Technology CO, Ltd, China), uma a 520 nm (\pm 5 nm) (luz verde, 15 000 mCD,
110 20-30 °, 20 mA, 72 mW - MLL5G30-1416) e outra a 470 nm (\pm 5 nm) (luz azul, 470 nm,
111 6000 mCD, 20-30 °, 20 mA, 72 mW - MLL5B30-0608). Um total de seis armadilhas do tipo
112 CDC foi utilizado, quatro modificadas (duas armadilhas com luz verde de 520 nm, duas
113 armadilhas com luz azul de 470 nm) e as outras duas não modificadas (lâmpada incandescente
114 - 150 mA, 3 V) que foram utilizadas como controle.

115 Estes dois comprimentos de onda foram escolhidos com base num estudo anterior
116 (dados não publicados) do nosso grupo, em que as luzes verde e azul eram as fontes de luz
117 mais atraentes (para mosquitos, flebotomíneos e maruins) de um total de seis LEDs (verde,
118 azul, vermelho, amarelo, ultravioleta e branco). Entre os comprimentos de onda testados, a
119 armadilha com luz vermelha capturou o menor número de espécimes e espécies no nosso
120 estudo piloto acima mencionado.

121

122 **Coleção de Anofelinos.** Mosquitos adultos foram capturados três vezes por semana, de
123 18:00 as 6:00 horas de julho a setembro de 2015 e de fevereiro a março de 2016, totalizando
124 48 noites de trabalho. Armadilhas luminosas foram colocadas a 1,5 metros acima do solo e
125 distantes entre si 8 a 10 metros em uma disposição triangular. As armadilhas eram trocadas de
126 lugar todas as noites. Para testar a influência da luminosidade da lua nas capturas com o
127 LED, os experimentos foram realizados durante as quatro fases lunares de cada mês do
128 período de estudo. Os dados de lua (crescente, cheia, minguante e lua nova) foram obtidos do
129 site www.timeanddate.com (localizado em São Luís, 230 Km da área de estudo). Os arranjos
130 de montagem e posicionamento das armadilhas luminosas eram os mesmos do trabalho
131 anterior de Silva et al. (2016) que avaliaram o uso de LED como uma fonte de luz alternativa
132 para amostragem de flebotomíneos.

133 No final de cada noite de coleta, os mosquitos foram sacrificados com vapores de
134 acetato de etila no Laboratório de Entomologia Médica para contagem e identificação de
135 acordo com Consoli e Oliveira (1994). A abreviação de gênero e subgênero segue Reinert
136 (2009). Todos os espécimes foram depositados na coleção entomológica da Universidade
137 Federal do Maranhão, estado do Maranhão, Brasil.

138

139 **Análise estatística.** Foi realizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis H, seguido do
140 teste de Mann-Whitney U-test para testar as diferenças de significância no número de
141 mosquitos nas armadilhas luminosas. A significância estatística foi estabelecida em $P < 0,05$.
142 A normalidade da distribuição dos dados foi verificada com o teste de Kolmogorov-Smirnov.
143 Todos estes dados foram analisados utilizando o software Prism (GraphPad, San Diego, CA).
144 A regressão de Poisson foi usada para esclarecer melhor a correlação entre as fontes de luz
145 natural e artificial usando o software Stata 12 (StataCorp, College Station, TX, EUA).

146

147 **Resultados**

148

149 Um total de 1.845 espécimes distribuídas em oito espécies de anofelino foi
150 encontrado (Tabela 1). *Anopheles (Nyssorhynchus) evansae* (35.2%) foi a mais coletada,
151 seguida de *An. (Nys.) triannulatus* s.l. (21.9%), *An. (Nys.) goeldii* (12.9%) e *An. (Nys.)*
152 *argyritarsis* (11.5%). As outras espécies compreenderam 18,5% do número total de
153 espécimes. Cerca de 16% dos espécimes foram danificados durante a coleta, tornando-os
154 difíceis de serem identificados.

155 O LED verde foi à fonte luminosa mais atrativa (43.3%, 8.5 ± 1.3 /média \pm SEM),
156 seguido da luz azul (31.8%, 6.4 ± 0.8 /média \pm SEM) e o controle (24.9%, 4.7 ± 0.7 /média \pm
157 SEM) (Tabela 1). O LED verde foi mais atrativo do que o controle ($U = 3300$, $P = 0.0026$), no
158 entanto não apresentou diferença em relação ao LED azul ($U = 3739$, $P = 0.0674$). Não houve
159 diferenças significativas entre o LED azul e o controle ($U = 4065$, $P = 0.3401$) (Fig. 1).

160 Todos os mosquitos anofelinos apresentavam atração ao LED (Tabela 1). A resposta
161 da atratividade ao LED foi significativa apenas para *An. argyritarsis*, que foi frequentemente
162 coletado na armadilha com LED verde do que o controle ($U = 429,0$, $P = 0,0393$) (Tabela 2).
163 Duas espécies, *An. albitarsis* s.l. e *An. rangeli*, foram atraídos exclusivamente pelo LED verde
164 (Tabela 1).

165 Para avaliar o efeito da iluminação do ambiente na resposta de insetos a armadilha de
166 LED, os dados foram analisados de acordo com as fases da lua. O céu estava sem presença de
167 estrelas durante todas as noites de coleta. Em geral, a análise mostrou que a eficiência atrativa
168 das armadilhas de luz foi afetada pela iluminação lunar, tendo-se observado uma redução do
169 número de mosquito durante a lua cheia. A sequência de abundância (média \pm SEM) das
170 espécies combinadas e relacionada com as fases lunares foi a seguinte: lua nova ($9,8 \pm 1,54$)
171 lua minguante ($6,6 \pm 0,86$) lua cheia ($5,3 \pm 1,01$) e lua crescente ($4,2 \pm 1,02$). Diferença

172 significativa foi encontrada entre a lua nova e a crescente ($U = 1326$, $P = 0,0001$), entre a lua
173 cheia e a minguante ($U = 1932$, $P = 0,0079$), lua crescente e minguante ($U = 1389$, $P =$
174 $0,0001$) e lua nova e cheia ($U=1788$, $P = 0,0012$) (fig. 2).

175 Observou-se que o número de mosquitos capturados foi inversamente proporcional à
176 iluminação do ambiente, independentemente da fonte de luz testada. Em comparação com o
177 controle, a armadilha de LED verde foi significativamente mais atrativa na lua cheia ($U =$
178 $185,5$, $P = 0,0335$) e na lua minguante ($U = 156,5$, $P = 0,0066$). Não foi observada diferença
179 estatística nas fases lunar cheia e crescente quando comparadas com as três fontes de luz
180 (Tabela 3). De acordo com a regressão de Poisson, as armadilhas com LED foram
181 significativamente mais atrativas que o controle, independentemente da fase lunar (Tabela 4).

182

183 **Discussão**

184

185 As espécies de anofelinos encontradas no presente estudo já foram registradas em
186 outras partes do estado do Maranhão, que também apresentou *An. evansae*, *An. triannulatus*
187 s.l., *An. goeldii*, e *An. argyritarsis* como espécies mais frequentes (Oliveira-Pereira e Rebêlo
188 2000, Rebêlo et al. 2007). Vale ressaltar que, com base na genitália masculina e nas manchas
189 escuras e pálidas das asas das fêmeas (Sant’Ana et al. 2015), *An. goeldii* foi identificado de
190 forma incorreta como *An. nuneztovari* em literatura anterior no Maranhão. De acordo com
191 Calado et al. (2008), que usaram marcadores moleculares para examinar o status taxonômico
192 de *An. nuneztovari*, os registros desta espécie a leste dos rios Amazonas e Solimões são de
193 *An. goeldii*, apoiando os dados do estado do Maranhão, que fica a leste do rio Amazonas.

194 O uso de LEDs foi incentivado por inúmeras vantagens sobre as fontes de luz que têm
195 sido empregadas até agora. No presente estudo, as armadilhas com luzes LED eram as fontes
196 de luz mais atrativas em comparação com as lâmpadas incandescentes convencionais. Embora

197 sem diferença estatística, as armadilhas com LEDs verdes e azuis atraíram o maior número de
198 mosquitos no estudo de Silva et al. (2014), semelhante ao observado no presente estudo. A luz
199 LED verde-azul também foi à fonte de luz mais atrativa para outros insetos que sugam sangue
200 (Bishop et al. 2004, 2006, Silva et al. 2015a, b, Silva et al. 2016). Os comprimentos de onda
201 azul-esverdeado mais curtos (400-600 nm) foram determinantes para atrair significativamente
202 mais mosquitos do que os comprimentos de onda mais longos (Brown & Bennett, 1981;
203 Bentley et al., 2009).

204 Geralmente, as capturas de insetos com armadilha luminosa são afetadas pela lua
205 (Provost, 1959, Bowden & Church, 1973, Nowinszky, 2004), havendo um declínio na captura
206 sob a influência da lua. Acredita-se que seja o resultado de um efeito competitivo da lua com
207 a luz da armadilha (Bowden, 1973). No momento da lua cheia, embora tenha sido observada
208 uma captura reduzida, a armadilha de LED verde foi estatisticamente mais atrativa do que o
209 controle. Indicando que luz com LED verde foi menos afetada pelo efeito competitivo da lua
210 do que a luz do controle. Na verdade, o número de indivíduos atraídos para a armadilha do
211 LED verde na lua cheia foi comparativamente semelhante ao número de indivíduos atraídos
212 para a lâmpada incandescente na lua nova.

213 As capturas com luzes verdes e incandescentes foram menores na lua crescente do que
214 na lua cheia. Os tempos de ascensão da lua têm uma influência importante nas capturas. No
215 início das coletas (18:00), a lua já está bem alta na fase crescente, porque neste período o
216 satélite nasce ao meio dia e se põe a meia noite. Como a lua cheia sobe ao pôr-do-sol e se
217 põe ao nascer do sol, a noite é inicialmente mais escura do que na lua crescente,
218 principalmente no terceiro dia de coleta porque o nascer da lua é atrasado em dias sucessivos
219 por cerca de 50 minutos por dia.

220 O contraste de cores é um fator importante na atração visual (Alan et al. 1987), em
221 geral a superioridade do LED verde sobre a luz incandescente ocorre porque o comprimento

222 de onda da luz verde oferece maior contraste contra ao plano de fundo do que a luz do
223 controle, principalmente na lua nova. A atratividade das armadilhas LED é afetada por
224 diferentes intensidades luminosas (dados não publicados), talvez aumentando ou diminuindo
225 o contraste com o plano de fundo, mas estudos adicionais específicos são necessários para
226 determinar esses efeitos.

227 Em conclusão, a captura de mosquito anofelino foi mais eficiente quando a lâmpada
228 incandescente convencional foi substituída pelo LED verde, independentemente da fase da
229 lua, mostrando que a eficiência da armadilha luminosa é cada vez melhor devido ao uso de
230 LEDs. Como a eficiência dos LEDs melhora o aprisionamento de luz, sugere-se que o uso de
231 LEDs como atrativo para mosquitos anofelinos deve ser levado em consideração nas
232 atividades de controle de mosquitos, não apenas por causa da eficiência atrativa dos LEDs,
233 mas também por outras grandes vantagens sobre a lâmpada incandescente convencional.

234

235 **Agradecimentos**

236 Somos gratos ao Sr. Benedito e sua família pela cooperação em permitir utilizar sua
237 propriedade. BMCN agradece FAPEMA (Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado do
238 Maranhão) pela bolsa concedida. Agradecemos Professora Alcione Miranda e Ciro dos Santos
239 pela assistência na análise dos dados. Agostinho Cardoso Pereira dos Santos pela ajuda na
240 identificação das espécies.

Referências Citadas

- Alan, S. A., J. F. Day, and J. D. Edman. 1987.** Visual ecology of biting flies. *Ann. Rev. Entomol.* 32: 297-316.
- Barnard, D. R., G. J. Knue, C. Z. Dickerson, U. R. Bernier, and D. L. Kline. 2011.** Relationship between mosquito (Diptera: Culicidae) landing rates on a human subject and numbers captured using CO₂-baited light traps. *Bull. Ent. Res.* 101: 277–285.
- Barr, A. R., T. A. Smith, and M. M. Boreham. 1960.** Light intensity and the attraction of mosquitoes to light traps. *J. Econ. Entomol.* 53: 876-880.
- Barr, A. R., T. A. Smith, M. M. Boreham, and K. E. White. 1963.** Evaluation of some factors Affecting the efficiency of light traps in collecting mosquitoes. *J. Econ. Entomol.* 56: 123-127.
- Bentley, M. T., P. E. Kaufman, D. L. Kline, and J. A. Hogsette. 2009.** Response of adult mosquitoes to light-emitting diodes placed in resting boxes and in the field. *J. Am. Mosq. Cont. Assoc.* 25: 285–291.
- Bishop, A. L., R. Worrall, L. J. Spohr, H. J. McKenzie, and I. M. Barchia. 2004.** Response of *Culicoides* spp. (Diptera: Ceratopogonidae) to light-emitting diodes. *Aust. J. Entomol.* 43:184–188.
- Bishop, A. L., G. A. Bellis, H. J. Mckenzie, L. J. Spohr, R. J. Worrall, A. M. Harris, and L. Melville. 2006.** Light trapping of biting midges *Culicoides* spp. (Diptera: Ceratopogonidae) with green light-emitting diodes. *Aust. J. Entomol.* 45:202-205.
- Bowden, J., and B. M. Church. 1973.** The influence of moonlight on catches of insects in light- traps in Africa: Part II. The effect of moon phase on light-trap catches. *Bull. Ent. Res.* 63: 129-142.

- Bowden, J. 1973.** The influence of moonlight on catches of insects in light traps in Africa. Part I. The moon and moonlight. *Bull. Entomol. Res.* 63: 113-128.
- Briscoe, A. D., and L. Chittka. 2001.** The evolution of color vision in insects. *Annu. Rev. Entomol.* 46:471-510.
- Brown, S. M., and G. F. Bennett. 1981.** Response of mosquitoes (Diptera: Culicidae) to visual stimuli. *J. Med. Entomol.* 18: 505-521.
- Burkett, D. A., W. J. Lee, K. J. Lee, K. W. Lee, H. C. Kim, H. I. Lee, J. S. Lee, E. H. Shin, R. A. Wirtz, H. W. Cho, D. M. Claborn, R. E. Coleman, and T. A. Klein. 2001.** Light carbon dioxide, and octenol-baited mosquito trap and host-seeking activity evaluations for mosquitoes in a malarious area of the republic of korea. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.* 17: 196-205.
- Calado, D. C., P. G. Foster, E. S. Bergo, C. L. S. Santos, A. K. R. Galardo, and M. A. M. Sallum. 2008.** Resurrection of *Anopheles goeldii* from synonymy with *Anopheles nuneztovari* (Diptera: Culicidae) and a new record for *Anopheles dunhami* in the Brazilian Amazon. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 103:791-9.
- Cohnstaedt, L., J. I. Gillen, and L. E. Munstermann. 2008.** Light-Emitting Diode technology improves insect trapping. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 24: 331-334.
- Consoli, R. A. G. B., and R. L. Oliveira. 1994.** Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil. 1 ed. Fiocruz.
- Costantini, C., N. F. Sagnon, E. Sanogo, L. Merzagora, and M. Coluzzi. 1998.** Relationship to human biting collections and influence of light and bednet in CDC light-trap catches of West African malaria vectors. *Bull. Ent. Res.* 88: 503-511.
- Davis, J. R., T. Hall, E. M. Chee, A. Majala, J. Minjass, and C. J. Shiff. 1995.** Comparison of sampling anopheline mosquitoes by light-trap and human-bait collections indoors at Bagamoyo, Tanzania. *Med. Vet. Entomol.* 9: 249-255.

- Deane, L. M. 1986.** Malaria vectors in Brasil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 81: 5-14.
- Deane, L. M. 1989.** A cronologia da descoberta dos transmissores da malária na Amazônia brasileira. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 84: 149-156.
- Gama, R. A., A. J. Andrade, M. R. Andrade, M. C. Resende, and A. E. Eiras. 2007.** Avaliação da armadilha HP iscada com diferentes taxas de liberação de octenol na captura de anofelinos (Diptera: Culicidae) em Brejo do Mutambal, Município de Varzelândia, Estado de Minas Gerais. Rev. Soc. Bras. Med. Trop. 40: 408-410.
- Gama, R. A., I. M. Silva, M. Geier, and A. E. Eiras. 2013.** Development of the BG-Malaria trap as an alternative to human-landing catches for the capture of *Anopheles darlingi*. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 108: 763-771.
- Govella, N. J., P. P. Chaki, J. M. Mpangile, and G. F. Killeen. 2011.** Monitoring mosquitoes in urban Dar es Salaam: Evaluation of resting boxes, window exit traps, CDC light traps, Ifakara tent traps and human landing catches. Parasit. Vectors. 4: 40.
- Kim, H. C., M. S. Kim, K. S. Choi, D. U. Hwang, J. L. Johnson, and T. A. Klein. 2016.** Comparison of Adult Mosquito Black-Light and Light-Emitting Diode Traps at Three Cowsheds Located in Malaria-Endemic Areas of the Republic of Korea. J. Med. Entomol. 0: 1-8.
- Kline, D. K. 2006.** Traps and trapping techniques for adult mosquito control. J. Amer. Mosq. Cont. Assoc. 22: 490-496.
- Kweka, E. J., B. J. Mwang'onde, E. Kimaro, S. Msangi, C. P. Massenga, and A. M. Mahande. 2009.** A resting box for outdoor sampling of adult *Anopheles arabiensis* in rice irrigation schemes of lower Moshi, northern Tanzania. Malar. J. 8:82.
- Kweka, E. J., E. A. Owino, M. C. Lee, A. Dixit, Y. E. Himeidan, and A. M. Mahande. 2013.** Efficacy of resting boxes baited with carbon dioxide versus CDC light trap for sampling mosquito vectors: A comparative study. Glob. Heal. Pers. 1:11-18.

- Lima, J. B. P., M. G. Rosa-Freitas, C. M. Rodovalho, F. Santos, and R. Lourenço-de-Oliveira. 2014.** Is there an efficient trap or collection method for sampling *Anopheles darlingi* and other malaria vectors that can describe the essential parameters affecting transmission dynamics as effectively as human landing catches? - A Review. Mem. Inst. Oswaldo Cruz. 109: 685-705.
- Magbity, E. B., J. D. Lines, M. T. Marbiah, K. David, and E. Peterson. 2002.** How reliable are light traps in estimating biting rates of adult *Anopheles gambiae* s.l. (Diptera: Culicidae) in the presence of treated bed nets? Bull. Entomol. Res. 92: 71–76.
- Ministério da Saúde. 2013.** Situação epidemiológica da malária no Brasil, 2000 a 2011. Secretaria de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico. 44:1-16.
- Ministério da Saúde. 2015.** Malária: monitoramento dos casos no Brasil em 2014. Secretária de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico. 46:1-5.
- Nogueira, V. F.B., M. F. Correia, and V. S. Nogueira. 2012.** Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha-MA. Bras. Geog. Fís. 03:708-724.
- Nowinszky, L. 2004.** Nocturnal illumination and night flying insects. Appl. Ecol. Env. Resear. 2: 17–52.
- Obenauer, P. J., M. S. Abdel-Dayem, C. A. Stoops, J. T. Villinski, R. Tageldin, N. T. Fahmy, Li. Diclaro, and F. Bolay. 2013.** Field responses of *Anopheles gambiae* complex (Diptera: Culicidae) in Liberia using yeast-generated carbon dioxide and synthetic lure-baited light traps. J. Med. Entomol. 50: 863-870.
- Oliveira-Pereira, Y. N., and J. M. M. Rebêlo. 2000.** Espécies de *Anopheles* no município de Pinheiro (Maranhão), área endêmica de malária. Soc. Bras. Med. Trop. 33: 443-450.

- Pugedo, H., R. A. Barata, J. C. França-Silva, J. C. Silva, and E. S. Dias. 2005.** HP: um modelo aprimorado de armadilha luminosa de sucção para a captura de pequenos insetos. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 38: 70-72.
- Rebêlo, J. M. M., J. L. P. Moraes, G. A. Alves, F. S. Leonardo, R. V. da Rocha, W. A. Costa, E. Mendes, L. E. M. B. Câmara, M. J. A. Silva, Y. N. O. Pereira, and J. A. C. Mendonça. 2007.** Distribuição das espécies do gênero *Anopheles* (Diptera, Culicidae) no Estado do Maranhão, Brasil. *Cad. Saúde Pública.* 23: 2959-2971.
- Reinert, J. F. 2009.** List of abbreviations for currently valid generic-level taxa in family Culicidae (Diptera). *Euro. Mosq. Bull.* 27: 68-76.
- Rubio-Palis, Y. 1992.** Influence of moonlight on light trap catches of the malaria vector *Anopheles nuneztovari* in Venezuela. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 8: 179-180.
- Sant'Ana, D. C., E. S. Bergo, and M. A. M. Sallum. 2015.** *Anopheles goeldii* Rozeboom & Gabaldón (Diptera: Culicidae): a species of the Nuneztovari Complex of *Anopheles* Meigen. *Rev. Bras. Entomol.* 59: 68-76.
- Service, M. W. 1963.** A Battery-Operated Light-Trap for Sampling Mosquito Populations. *Bull. World. Health. Organ.* 69: 635-641.
- Shone, S. M., G. E. Glass, and D. E. Norris. 2006.** Targeted trapping of mosquito vectors in the Chesapeake bay area of Maryland. *J. Med. Entomol.* 43:151-158.
- Silva, J. S., M. S. Couri, A. P. L. Giupponi, and J. Alencar. 2014.** Mosquito fauna of the Guapiaçu Ecological Reserve, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brazil, collected under the influence of different color CDC light traps. *J. Vect. Ecol.* 39: 384-394.
- Silva, F. S., J. M. Brito, B. M. Costa-Neta, and S. E. P. D. Lobo. 2015b.** Evaluation of light-emitting diode as attractant for sand flies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) in northeastern Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 110: 801- 803.

- Silva, F. S., J. M. Brito, and B. M. Costa-Neta. 2015a.** Field evaluation of light-emitting diode as attractant for blood-sucking midges of genus *Culicoides* Latreille (Culicomorpha, Ceratopogonidae) in the Brazilian savanna. *Entomol. News.* 125:1-6.
- Silva, F. S., A. A. Da Silva, and J. M. M. Rebêlo. 2016.** An Evaluation of Light-Emitting Diode (LED) Traps at Capturing Phlebotomine Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in a Livestock Area in Brazil. *J. Med. Entomol.* 53: 634-638.
- Sinka, M. E., M. J. Bangs, S. Manguin, Y. Rubio-Palis, T. Chareonviriyaphap, M. Coetzee, C. M. Mbogo, J. Hemingway, A. P. Patil, W. H. Temperley, P. W. Gethingo, C. W. Kabaria, T. R. Burkot, P. E. Harbach, and S. I. Hay. 2012.** A global map of dominant malaria vectors. *Parasit. Vectors.* 5:69.
- Sudia, W. D., and R. W. Chamberlain. 1962.** Battery-operated light trap, an improved model. *Mosq. News.* 22: 126-9.
- Wilton, D. P., and R. W. Fay. 1972.** Responses of adult *Anopheles stephensi* to light of various wavelengths. *J. Med. Entomol.* 9:301-304.

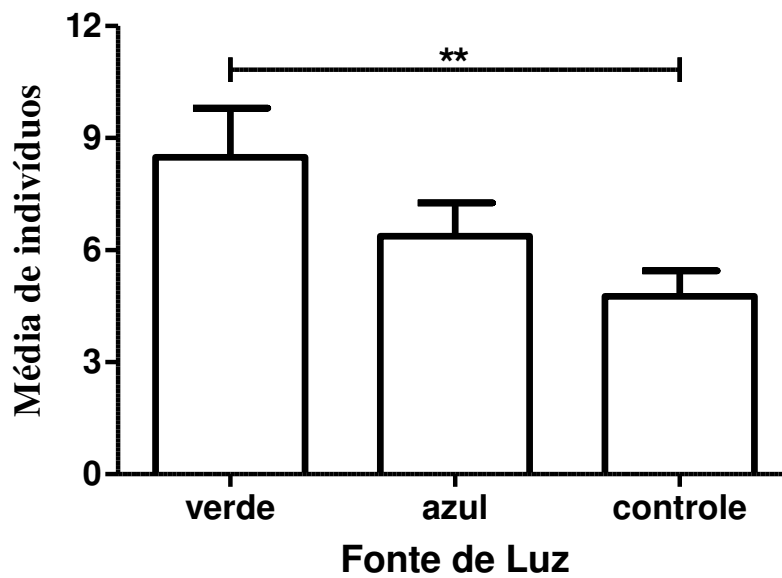


Fig. 1 Média (\pm SEM) do número de indivíduos capturados em armadilha luminosa do tipo CDC usando diodo emissor de luz e lâmpada incandescente como controle. (**) diferença estatística (Mann –Whitney U-test)

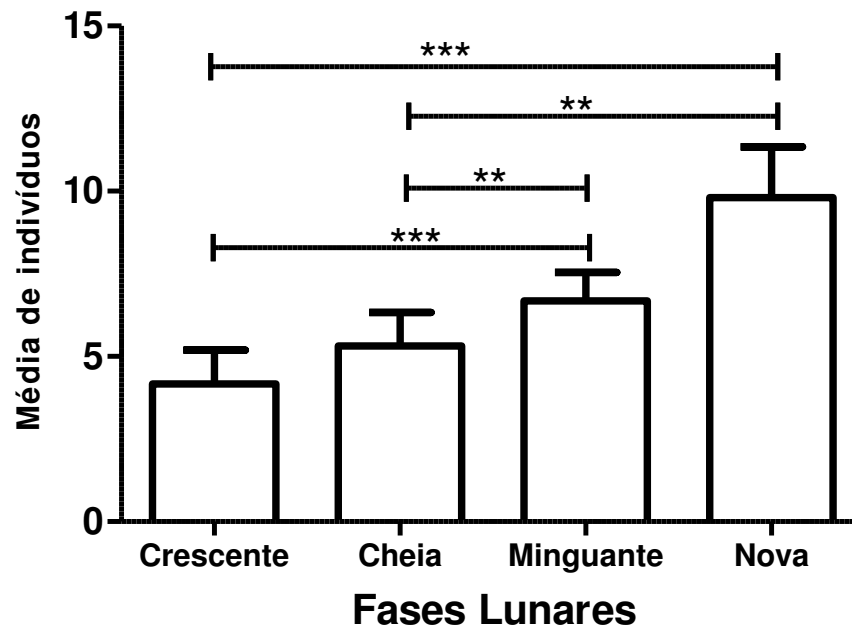


Fig. 2 Média (\pm SEM) do número de indivíduos capturados em armadilhas luminosas do tipo CDC usando diodo emissor de luz e lâmpada incandescente durante as fases lunares. (**) diferença estatística (Mann –Whitney U-test)

Tabela 1 Espécies anofelinos capturados com armadilha luminosa do tipo CDC usando diodos emissores de luz e lâmpada incandescente como controle em uma área pecuária do Nordeste do Brasil

Espécies	Verde	Azul	Controle	Total (%)
<i>An. (Nys.) evansae</i> (Brethés, 1926)	294	204	152	650 (35.2)
<i>An. (Nys.) triannulatus</i> s.l. (Neiva & Pinto, 1922)	160	134	110	404 (21.9)
<i>Anopheles</i> spp.*	143	83	80	306 (16.6)
<i>An. (Nys.) goeldii</i> (Rozeboom & Gabaldón, 1941)	84	89	65	238 (12.9)
<i>An. (Nys.) argyritarsis</i> (Robineau Desvoidy, 1827)	106	64	42	212 (11.5)
<i>An. (Nys.) darlingi</i> (Root, 1926)	7	12	7	26 (1.4)
<i>An. (Nys.) galvaoi</i> (Causey, Deane & Deane, 1943)	3	1	3	7 (0.3)
<i>An. (Nys.) albitarsis</i> s. l. (Lynch Arribáizaga, 1878)	1	0	0	1 (0.1)
<i>An. (Nys.) rangeli</i> (Gabaldón, Cova-Garcia & Lopez, 1940)	1	0	0	1 (0.1)
Número de espécimes	799	587	459	1845
Porcentagem	43.3	31.8	24.9	100.0

*espécimes danificados

Tabela 2 Média do número das quatro espécies de anofelinos mais frequentes (\pm SEM) capturadas com armadilhas luminosas do tipo CDC modificadas em uma área pecuária do Brasil

LEDs	<i>An. evansae</i>	<i>An. triannulatus</i>	<i>An. goeldii</i>	<i>An. argyritarsis</i>
Verde	7.000 \pm 1.498	4.324 \pm 0.7414	2.333 \pm 0.3086	2.524 \pm 0.3783*
Azul	5.231 \pm 0.9304	4.786 \pm 1.179	2.543 \pm 0.5351	2.370 \pm 0.4105
Controle	4.222 \pm 0.8424	4.583 \pm 0.9226	2.031 \pm 0.2519	1.500 \pm 0.1409*

*diferença estatística (Mann-Whitney U-test); controle = lâmpada incandescente

Tabela 3 Média do número de mosquitos (\pm SEM) coletados em diferentes fases lunares com armadilhas luminosa do tipo CDC em uma area pecuária do Brasil

Fonte de luz	lua crescente	lua cheia	lua minguante	lua nova
Verde	4.727 \pm 2.204	8.125 \pm 2.540*	9.000 \pm 1.733*	11.79 \pm 3.586
Azul	5.045 \pm 2.043	4.042 \pm 1.040	6.417 \pm 1.328	9.875 \pm 2.356
Controle	2.727 \pm 0.7153	3.792 \pm 1.172*	4.625 \pm 1.324*	7.750 \pm 1.795

*diferença estatística (Mann-Whitney U-test); controle = lâmpada incandescente

Tabela 4 Coeficiente do modelo de regressão de Poisson multivariada e seus respectivos intervalos de confiança (IC)

Interação	Coeficiente	IC 95%	P valor
Lua cheia	0.244	0.089-0.399	<0.002
Lua minguante	0.472	0.323-0.620	<0.001
Lua nova	0.855	0.716-0.995	<0.001
Verde	0.577	0.461-0.693	<0.001
Azul	0.290	0.168-0.412	<0.001

IC = intervalo de confiança

CAPITULO II
ARTIGO ORIGINAL
EFEITO DA INTENSIDADE LUMINOSA DOS LEDS NA CAPTURA DE
ANOFELINOS (DIPTERA: CULICIDAE)

EFEITO DA INTENSIDADE LUMINOSA DOS LEDS NA CAPTURA DE ANOFELINOS (DIPTERA: CULICIDAE)

B. M. Costa-Neta^{1,2,4}, A. R. Lima-Neto¹, A. A. da Silva^{1,2,4}, J. M. Brito^{1,3,4}, J. V. C. Aguiar¹, I. S. Ponte¹, J. M. M. Rebêlo^{2,4} e F. S. Silva^{1,4*}.

RESUMO

O uso de LEDs em armadilhas luminosas foi avaliado e comparado com a lâmpada incandescente convencional em estudos anteriores na captura de alguns tipos de insetos vetores como exemplo: flebotomíneos, *Culicoides* e anofelinos. Conhecer os fatores que influenciam a eficiência das armadilhas de luz, como a intensidade da luz, é de grande interesse para uma campanha entomológica bem-sucedida. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da intensidade da luz nas capturas de mosquitos anofelinos com LEDs em área peridomiciliar no Nordeste do Brasil. O estudo foi realizado na zona rural do município de Chapadinha-MA, utilizou-se seis armadilhas luminosa do tipo CDC com LEDs de alta intensidade de 5 mm com três intensidades de luz diferentes para cada cor: três armadilhas com LED azul (4.000 mCD, 12.000 mCD e 15.000 mCD) e três armadilhas com LED verde (10.000 mCD, 15.000 mCD e 20.000 mCD). No experimento foram amostrados 1.650 espécimes e cinco espécies do gênero *Anopheles* (*An. argyritarsis*, *An. evansae*, *An. triannulatus* s.l., *An. goeldii* e *An. darlingi*). A armadilha LED azul atraiu 57,75% dos mosquitos anofelinos. Quanto às intensidades o LED verde de 20.000mCD obteve maior atratividade com 39,2 % em relação às demais intensidades. Enquanto o LED azul de 15.000mCD atraiu 50,2% dos indivíduos capturados. Os resultados mostraram que quanto maior a intensidade da luz, mais mosquitos anofelinos foram capturados em armadilhas de LED. Desta forma, a intensidade da luz deve ser considerada em estudos entomológicos quando se utilizam armadilhas luminosas.

Palavras-chave: Armadilha luminosa. LED. *Anopheles*. Técnica de captura.

1- Laboratory of Medical Entomology, Center for Agrarian and Environmental Sciences, Federal University of Maranhão, CEP: 65500-00, Chapadinha, MA, Brasil.

2 - Laboratório de Entomologia e Vetores, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, CEP: 65080-805. São Luís, MA, Brasil.

3 - Laboratório de Imunofisiologia, Departamento de Patologia, Universidade Federal do Maranhão, CEP: 65080-805. São Luís, MA, Brasil.

4 - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, CEP: 65080-805. São Luís, MA, Brasil.

* Corresponding author: francinaldosilva@ufma.br

1 INTRODUÇÃO

Os mosquitos pertencentes ao gênero *Anopheles* (Diptera: Culicidae) respondem pela transmissão de protozoários intracelulares do gênero *Plasmodium*, agentes causadores da malária ao homem. As fêmeas são hematófagas e devido a esta característica podem utilizar o homem como fonte de repasto sanguíneo, sendo que nesta ocasião, estando infectadas, ocorre a transmissão dos plasmódios a seus hospedeiros alimentares (FRANÇA et al., 2008).

Por ser de difícil controle, um dos grandes desafios das campanhas antimaláricas é desenvolver uma técnica eficiente para ser utilizada no monitoramento dos mosquitos anofelinos, principalmente em áreas endêmicas. Atualmente estão disponíveis no mercado várias técnicas de captura baseadas em propriedades biológicas, químicas e físicas empregadas nos inquéritos entomológicos (KWEKA et al., 2009; KWEKA et al., 2013; GAMA et al., 2013; LIMA et al., 2014).

Várias armadilhas têm sido utilizadas na amostragem de mosquitos, são exemplos: barraca de Shannon, *Ifakara Tent Trap* (ITT), *Mosquito Landing Box* (MLB), *Resting Box* (RB), BG sentinela, armadilha luminosa do tipo CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*), entre outras. Essas armadilhas têm sido uma ferramenta importante para o monitoramento de populações de dípteros, principalmente as armadilhas luminosas que diminui a exposição do homem de contrair infecção transmitida por vetores durante o inquérito entomológico (DAVIES et al., 1995; COSTANTINI et al., 1998; MAGBITY et al., 2002).

A intensidade da luz é um dos fatores que podem interferir na eficiência das armadilhas luminosas, melhorando e ampliando o seu desempenho (BARR et al., 1960, 1963; WILTON & FAY, 1972; ALAN et al., 1987; NOWINSZKY, 2004; SHONE et al., 2006). Os insetos apresentam uma sensibilidade espectral em sua visão, além disso, possuem células fotorreceptoras que alteram a sensibilidade, o que auxiliam na preferência por uma determinada cor ou intensidade luminosa (BRISCOE & CHITTKA, 2001). Barr et al. (1960), através de lâmpadas brancas com diferentes voltagens, observaram que a intensidade luminosa influencia diretamente na captura dos mosquitos, portanto quanto maior a intensidade, maior o número de insetos coletados. Os estudos indicam que a cor da fonte luminosa não é o principal atrativo da armadilha, pois a intensidade luminosa também apresenta um efeito proporcional ao número de indivíduos capturados.

Nesse contexto, diversas pesquisas foram desenvolvidas com a finalidade de entender como se dá a resposta dos mosquitos a diferentes comprimentos de ondas e à

intensidade luminosa (BARR et al., 1960; WILTON & FAY, 1972; BURKETT et al., 1998; BENTLEY et al., 2009; SILVA et al., 2014).

O uso de diodos emissores de luz (LEDs) tem apresentado bons resultados na atratividade de insetos vetores (BURKETT et al., 1998; BISHOP et al., 2004; HOEL et al., 2007; MANN et al., 2009; JENKINS & YOUNG, 2010; SILVA et al., 2014; SILVA et al., 2015 a, b; 2016, KIM et al., 2016). A utilização dos LEDs no estudo da vigilância entomológica tem apresentado resultados satisfatórios, visto que os LEDs possuem várias vantagens em relação à lâmpada incandescente convencional.

A disponibilidade de LEDs de cores e intensidades variadas possibilita o emprego destas fontes de luz em estudos entomológicos diversos. Os estudos anteriores sobre intensidade luminosa abordavam o assunto com uma tecnologia ainda precária em relação aos dias de hoje, mas mesmo assim os resultados foram conclusivos, ou seja, quanto maior a intensidade luminosa maior o número de mosquitos atraídos e coletados (BARR et al., 1963). No entanto, com a tecnologia LED ainda não foi estudada a influência de diferentes intensidades luminosas nas capturas de insetos de interesse médico, como os vetores da malária. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da intensidade luminosa a partir de armadilhas contendo LEDs nas capturas de mosquitos anofelinos em uma área peridomiciliar no Nordeste do Brasil. O conhecimento da resposta visual dos anofelinos às diferentes intensidades luminosas é de extrema importância para a ciência, uma vez que vai melhorar o monitoramento de espécies vetoras e os programas de controle vetorial, pois este tipo de estudo é incipiente no Brasil.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no município de Chapadinha, situado a ($3^{\circ}44'17''S$, $43^{\circ}20'29''$) no noroeste do Maranhão, Brasil. O clima tropical semi-úmido é característico da região, apresentando uma estação chuvosa bem definida entre janeiro a julho, seguido pelo um período de seca que vai de julho a dezembro. Os índices pluviométricos variam de 1.500 mm a 2000 mm e a temperatura média varia de $28^{\circ}C$ a $30^{\circ}C$ (NOGUEIRA et al., 2012).

2.2. Delineamento experimental

O presente trabalho foi realizado em duas áreas (Áreas I e II) com distância de 110 metros uma da outra. A área I possui 16 x 25 metros e caracteriza-se por ser um espaço aberto

com a presença de um chiqueiro (onde as armadilhas foram instaladas), galinheiros, curral (bovino) e estábulo (equinos). A área II mede 20 x 26 m, representada por apenas um chiqueiro, sem a presença de outros animais nas proximidades. Em ambos os locais havia a presença de palmeiras (*Attalea phalerata* Mart.) (SILVA et al., 2012; SILVA et al., 2016). A área II apresenta ainda um fragmento de mata localizado nas proximidades que juntamente com as palmeiras contribuem para o sombreamento do ambiente (SILVA et al., 2012; SILVA et al., 2016).

As coletas foram realizadas com seis armadilhas luminosas do tipo HP – Hoover Puggedo (PUGEDO et al., 2005), que foram modificadas de acordo com Silva et al. (2015b). Três armadilhas com o LED verde (520nm) com as intensidades 20.000m CD, 15.000 mCD e 10.000 mCD, e três armadilhas com o LED azul (470 nm) com as intensidades 4.000 mCD, 12.000 mCD e 15.000 mCD.

2.3 Amostragem

As coletas foram realizadas em dias alternados na semana, das 18:00 às 6:00 horas, no período de julho a outubro de 2016. As armadilhas foram dispostas a 1,5 metros acima do solo, três armadilhas com LEDs de cor verde e intensidades diferentes foram alocadas na área I e três na área II com LED de cor azul com diferentes intensidades. Foram colocadas três armadilhas em cada abrigo em pontos estratégicos com a distância de 8 metros entre cada ponto, distribuídos em formato triangular em cada chiqueiro. Em cada noite de coleta, houve o rodízio das fontes luminosas em todos os pontos. Compreendendo 15 noites, num total de 1080 horas nos dois abrigos.

2.4. Identificação das espécies de anofelinos

Após cada coleta os insetos foram transportados para o Laboratório de Entomologia Médica-UFMA (LEME), onde foram sacrificados com acetato de etila ($C_4H_8O_2$), em seguida retirados dos recipientes de filó, triados e transferidos para potes de plásticos devidamente etiquetados, e posteriormente as espécies foram identificadas no LEME e no Laboratório de Entomologia e Vetores-UFMA (LEV) de acordo com (CONSOLI & LOURENÇO DE OLIVEIRA, 1994). Para os exemplares de espécimes que não apresentavam caracteres como escamas nas asas e tarsos posteriores não foi possível identificar a nível de espécie. As espécies de anofelinos identificadas neste estudo encontram-se na coleção entomológica da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

2. 5 Análises estatísticas

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi realizado para avaliar a normalidade da distribuição dos dados. Os testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney foram empregados para avaliar a anormalidade da distribuição de dados. Quando o critério de normalidade não foi atendido, os dados foram transformados em Log_{10} antes da análise. Em caso da distribuição normal foi utilizado o teste de análise de variância e T de Student. Foram feitas também a correlação de Pearson para relacionar as duas variáveis (número de indivíduos e a intensidade luminosa). A significância estatística foi encontrada quando $p < 0,05$. Tais análises foram realizadas através do Software Prisma (GraphPad – San Diego, CA).

3 RESULTADOS

No presente estudo, foram avaliados LEDs azul e verde com diferentes intensidades. No total, foram coletados 1.650 espécimes de 5 espécies do gênero *Anopheles* e todas pertencentes ao subgênero *Nyssorhynchus*, dividido em 953 indivíduos no LED azul e 697 no verde (Tabela 1, 2).

As espécies encontradas no LED azul apresentaram as seguintes frequências: *An. argyritarsis* (29,4%), *An. evansae* (28,4%), *An. triannulatus* s.l., (15,7%), *An. goeldii* (12,0%) e *An. darlingi* (1,9%), e os exemplares danificados de *Anopheles* spp. totalizaram 12,6%. Comparando as intensidades do LED azul, observa-se que o LED de maior intensidade atrairam um número maior de anofelinos coletados, seguido pelo de 12.000 mCD, e por último a intensidade 4.000 mCD (Tabela 1).

As espécies atraídas pelo LED verde foram *An. argyritarsis* (25,0%), *An. evansae* (18,7%), *An. triannulatus* s.l., (16,4%), *An. goeldii* (9,3%), *An. darlingi* (3,2%) e *Anopheles* spp. (27,5%). Analisando o número de anofelinos capturados no LED verde nas três intensidades, a que mais capturou indivíduos foi a de 20.000 mCD, seguida pela intensidade de 15.000 mCD, e a que apresentou menor atratividade foi a 10.000 mCD (Tabela 2).

Em relação às intensidades 4.000 mCD, 12.000 mCD e 15.000 mCD do LED azul, observa-se na figura 1 que as mesmas não apresentaram diferenças estatísticas. Entretanto, a intensidade maior atraiu mais indivíduos em comparação com as demais.

Tabela 1 Números de espécimes de anofelinos capturados com armadilhas luminosas com LED (Light- Emitting Diode/ Diodo Emissor de luz) azul em uma área rural do Nordeste do Brasil.

ESPÉCIES	4000 N	12000 N	15000 N	TOTAL (%)
<i>An. (Nys.) argyritarsis</i> (Robineau Desvoidy, 1827)	79	79	122	280 (29,4%)
<i>Anopheles</i> spp.*	75	94	102	271 (12,6%)
<i>An. (Nys.) evansae</i> (Brethés, 1926)	49	28	43	120 (28,4%)
<i>An. (Nys.) triannulatus</i> s.l. (Neiva & Pinto, 1922)	43	60	47	150 (15,7%)
<i>An. (Nys.) goeldii</i> (Rozeboom & Gabaldón, 1941)	31	30	53	114 (12,0%)
<i>An. (Nys.) darlingi</i> (Root, 1926)	5	6	7	18 (1,9%)
Total	282	297	374	953(100%)
%	29,6%	31,2%	39,2%	100%

Analisando as três intensidades do LED verde, verificou-se que apenas as intensidades de 10.000mCD e 20.000mCD apresentaram diferença estatística ($U= 59,50$ $P= 0,0291$), as demais não foram significantes (Figura 2).

Tabela 2 Números de espécimes anofelinos capturados com armadilhas luminosas com LED (Light- Emitting Diode/ Diodo Emissor de luz) verde em uma área rural do Nordeste do Brasil.

ESPÉCIES	10000 N	15000 N	20000 N	TOTAL (%)
<i>An. (Nys.) argyritarsis</i> (Robineau Desvoidy, 1827)	29	59	86	174 (25,0%)
<i>Anopheles</i> spp.*	25	71	96	192 (27,5%)
<i>An. (Nys.) evansae</i> (Brethés, 1926)	21	45	64	130 (18,7%)
<i>An. (Nys.) triannulatus</i> s.l. (Neiva & Pinto, 1922)	14	44	56	114 (16,4%)
<i>An. (Nys.) goeldii</i> (Rozeboom & Gabaldón, 1941)	9	16	40	65 (9,3%)
<i>An. (Nys.) darlingi</i> (Root, 1926)	5	9	8	22 (3,2%)
Total	103	244	350	697 (100%)
%	14,8%	35,0%	50,2%	100%

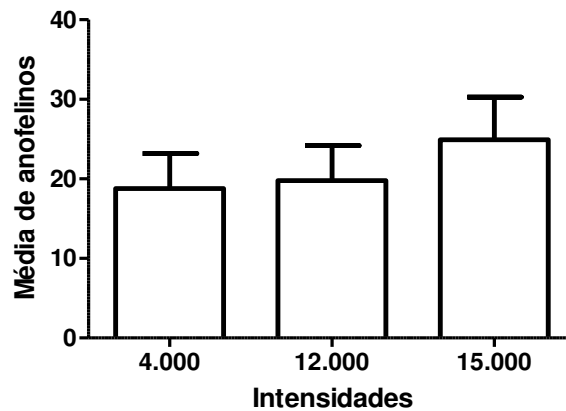


Figura 1 Média (\pm SEM) dos números de indivíduos capturados em armadilha luminosa CDC modificada com LEDs azuis com diferentes intensidades.

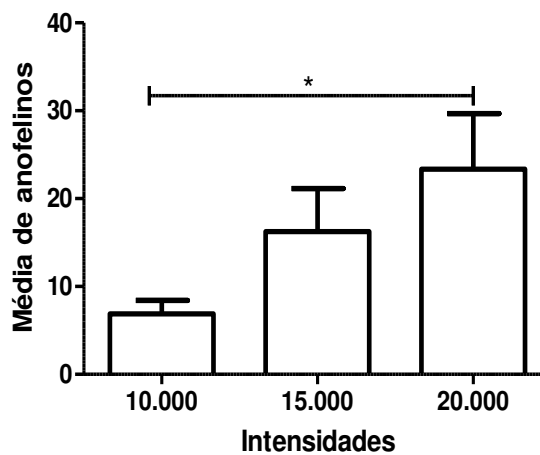


Figura 2 Média (\pm SEM) dos números de indivíduos capturados em armadilha luminosa CDC modificada com LEDs verdes e com diferentes intensidades. (*) diferença estatística (Mann Whitney U-teste).

De acordo com a análise de correlação entre as variáveis (número de indivíduos e intensidades) para saber se existe uma relação entre as mesmas. Por meio dessa análise verificou-se que não existe correlação entre o número de indivíduo com a intensidade ($R=0,1115$) (Figura 3), no entanto o resultado do gráfico mostra uma tendência de aumentar a quantidade de anofelinos em consequência do aumento da intensidade. O LED verde foi à fonte luminosa que apresentou correlação positiva entre o número de indivíduo e a intensidade ($R=0,3563$) (figura 4).

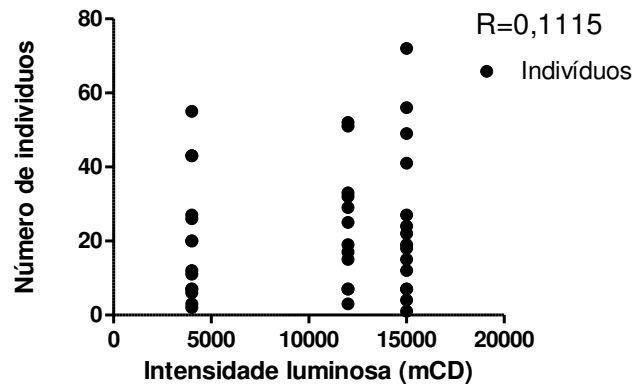


Figura 3 Número de indivíduos capturados com armadilha luminosa CDC modificada com LED azul com diferentes intensidades, teste de correlação de Pearson: 0,8 a 1 fortemente positiva; 0,5 a 0,8 moderada positiva; 0,1 a 0,5 fraca positiva e 0 nula.

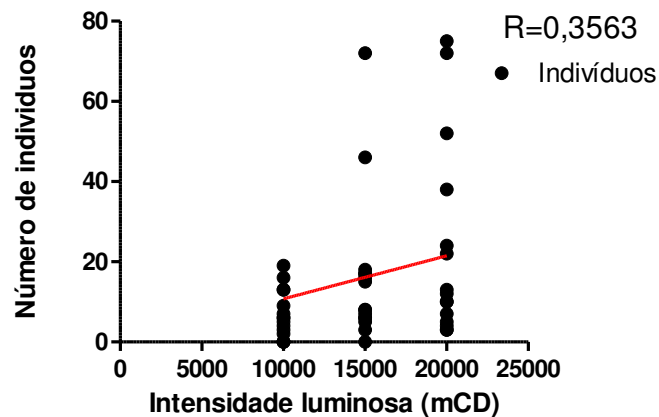


Figura 4 Número de indivíduos capturados com armadilha luminosa CDC modificada com LED verde com diferentes intensidades, correlação de Pearson: 0,8 a 1 fortemente positiva; 0,5 a 0,8 moderada positiva; 0,1 a 0,5 fraca positiva e 0 nula.

5 DISCUSSÃO

O presente estudo constatou que a intensidade luminosa dos LEDs, é um dos principais fatores que favorecem o aumento da quantidade de espécimes de anofelinos capturados nas armadilhas. Essas observações corroboram com os resultados encontrados por Barr et al. (1963), que concluíram que a luz mais intensa atraía mais mosquitos do que a luz com menor intensidade, uma vez que as cores das armadilhas não influenciam na atração dos indivíduos capturados. Ressalta-se que as lâmpadas coloridas utilizadas em seu trabalho apresentam as seguintes intensidades para a captura de mosquitos (*Anopheles* e *Aedes*): 25W, 50W, 75W e 100W.

De acordo com as análises, o LED azul não apresentou diferenças estatísticas entre o número de espécimes capturados entre as três intensidades luminosas, no entanto, o número absoluto de anofelinos aumenta proporcionalmente com o aumento da intensidade luminosa.

Cabe ressaltar que o LED verde apresentou diferença estatística entre as intensidades. Esses resultados corroboram com o estudo de Barr et al. (1960), que observaram que a intensidade luminosa das lâmpadas brancas com diferentes voltagens influencia diretamente na quantidade de mosquitos coletados, pois quanto maior a intensidade, mais mosquitos foram atraídos pelas armadilhas, além disso a cor da luz não é o único atrativo dos insetos como se acreditava anteriormente.

Dentro desse contexto, a intensidade luminosa dos LEDs é um elemento essencial na atração dos mosquitos, o teste de correlação demonstrou que a quantidade de indivíduos capturados está diretamente ligada a intensidade luminosa de cada cor avaliada no trabalho. Outros estudos demonstraram que os mosquitos foram atraídos por LED azul-esverdeado (400-600nm) que apresentava comprimentos de ondas mais curtos em comparação aos LEDs de comprimentos de ondas maiores, portanto explicando a maior quantidade de indivíduos capturados por essa faixa espectral (BROWN & BENNETT, 1981; BENTLEY et al., 2009). Entretanto, outros trabalhos verificaram que mosquitos são atraídos por comprimentos de ondas específicos, portanto essa variação pode mudar de acordo com a espécie estudada (WILTON & FAZ, 1972; BURKETT & BUTLER, 2005).

Em um experimento realizado em laboratório com diferentes comprimentos de ondas de luz verificou que a espécie *Lutzomyia longipalpis* foi mais atraída pela luz ultravioleta (350 nm) em comparação as demais cores estudadas. É importante mencionar que a luz ultravioleta foi mais atrativa em intensidades maiores, visto que a resposta visual de cada espécie depende do comprimento de ondas e da intensidade luminosa utilizada (MELLOR & HAMILTON, 2003).

Nesse contexto, algumas espécies de mosquitos apresentam variação na preferência por cores de LEDs, logo o comprimento de onda e a intensidade luminosa são fundamentais para compreender os fatores de atração dos mosquitos por fonte luminosa (BURKETT et al., 1998). Um trabalho realizado recentemente verificou que o LED verde atraiu mais anofelinos quando comparado com o LED azul, a explicação para esse resultado está na intensidade luminosa de cada LED, pois o LED verde (15.000mCD) tinha intensidade diferente do LED azul (6.000mCD). Desta forma, a intensidade luminosa foi um dos fatores importantes na atração dos anofelinos, conforme aumenta à intensidade da luz a tendência é atrair mais mosquitos (artigo submetido).

A intensidade luminosa dos LEDs no estudo foi essencial para aumentar a quantidade de anofelinos capturados nas armadilhas. Portanto, o conhecimento de como se dá a resposta visual dos mosquitos a diferentes intensidades de luz é fundamental para

compreender o comportamento desses insetos a determinada faixa espectral. Além disso, os resultados encontrados no trabalho, podem no futuro auxiliar os programas de monitoramento e controle de espécies vetoras da malária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAN, S. A.; DAY, J. F.; EDMAN, J. D. Visual ecology of biting flies. **Annal Review of Entomology**, v.32, p. 297-316, 1987.
- BARR, A. R.; SMITH, T. A.; BOREHAM, M. M. Light intensity and the attraction of mosquitoes to light traps. **Journal of Economic Entomology**, v. 53, n. 5, p.876-880, 1960.
- BARR, A. R.; SMITH, T. A.; BOREHAM, M. M.; WHITE, K. E. Evaluation of some factors Affecting the efficiency of light traps in collecting mosquitoes. **Journal of Economic Entomology**, v. 56, n. 2, p.123-127, 1963.
- BROWN, S. M.; BENNETT, G. F. Response of mosquitoes (Diptera: Culicidae) to visual stimuli. **Journal of Medical Entomology**, v.18, p. 505-521, 1981.
- BURKETT, D. A.; BUTLER, J.; KLINE, D. L. Field evaluation of colored light:emitting diodes as attractants for woodland mosquitoes and other diptera in north central florida. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 14, n. 2, p. 186- 195, 1998.
- BURKETT, D. A.; BUTLER, J. F. Laboratory evaluation of colored light as an attractant for female aedes aegypti, aedes albopictus, anopheles quadrimaculatus, and culex nigripalpus. **Florida Entomologist**, v. 88, n. 4, p. 383-389, 2005.
- BIRSCOE, A. D.; CHITTKA, L. The evolution of color vision in insects. **Annual Review of Entomology**, v. 06, p. 471-510, 2001.
- BISHOP, A. L.; WORRALL, R.J.; SPOHR, L.J.; MCKENZIE, H.J.; BARCHIA, I, M. Improving light-trap efficiency for *Culicoides* spp. With light-emitting diodes. **Epidemiology Vectors**, v.40, n.3, p. 266-269, 2004.
- BENTLEY, M. T.; KAUFMAN, P. E.; KLINE, D. L.; HOGSETTE, J. A. Response of adult mosquitoes to light-emitting diodes placed in resting boxes and in the field. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 25, n. 3, p. 285–291, 2009.
- CONSOLI, R. A. G. B.; LOURENÇO DE OLIVEIRA, R. **Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, p. 224, 1994.
- COSTANTINI, C.; SAGNON, N.; TORRE, A. D.; DIALLO, M.; BRADY, J.; GIBSON, G.; COLUZZI, M. Odor-mediated host preferences of west african mosquitoes, with particular reference to malaria vectors. **American Society of Tropical Medicine Hygiene**, v. 58, n. 1, p. 56-63, 1998.
- DAVIS, J. R.; HALL, T.; CHEE, E.; MAJALA, A.; MINJASS, J.; SHIFF, C. J. Comparison of sampling anopheline mosquitoes by light-trap and human-bait collections indoors at Bagamoyo, Tanzania. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 9, p. 249-255, 1995.
- FRANÇA, T. C. C.; SANTOS, M. G.; FIGUEROA-VILLAR, J. D. Malária: aspectos históricos e quimioterapia. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1271-1278, 2008.

GAMA, R. A.; DA SILVA, I. M.; GEIER, M.; EIRAS, A. E. Development of the bg-malaria trap as an alternative to human-landing catches for the capture of *Anopheles darlingi*. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, v. 108 n.6, p. 763-771, 2013.

HOEL, D.F.; BUTLER, J.E.; FAWAZ, E.Y.; WATANY, N.; EL-HOSSARY, S.S.; VILLINSKI, J. Response of phlebotomine sand flies to light-emitting diode-modified light traps in southern Egypt. **Journal of Vector Ecology**, v. 32, n. 2, p.302-308, 2007.

JENKINS, A. B.; YOUNG, M. B. Investigation of *Culicoides* spp. Preference for light colour and source using light emitting diodes and fluorescent light. **South African Society for Animal Science**, v. 40, p. 514- 518, 2010.

KWEKA, E. J.; MWANG'ONDE, J. B.; KIMARO, E.; MSANGI, S.; Charles P MASSENGA, C. P.; MAHANDE, A. M. A resting box for outdoor sampling of adult *Anopheles arabiensis* in rice irrigation schemes of lower Moshi, northern Tanzania. **Malaria Journal**, v. 8, n. 82, p. 1-6, 2009.

KWEKA, E. J.; OWINO, E. A.; LEE, M-C.; DIXIT, A.; HIMEIDAN, Y. E.; MAHANDE, A. M. Efficacy of resting boxes baited with carbon dioxide versus CDC light trap for sampling mosquito vectors: A comparative study. **Global Health perspectives**, v.01, n. 01, p. 11-18, 2013.

KIM, H. C.; KIM, M. S.; CHOI, K. S.; HWANG, D. U.; JOHNSON, J. L.; KLEIN, T. A. Comparison of Adult Mosquito Black-Light and Light-Emitting Diode Traps at Three Cowsheds Located in Malaria-Endemic Areas of the Republic of Korea. **Journal of Medical Entomology**, v. 0, p.1-8, 2016.

LIMA, J. B. P.; ROSA-FREITAS, M. G.; RODOVALHO, C. M.; SANTOS, F.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. Is there an efficient trap or collection method for sampling *Anopheles darlingi* and other malaria vectors that can describe the essential parameters affecting transmission dynamics as effectively as human landing catches? – A review. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 109, n. 5, p. 685-705, 2014.

MAGBITY, E. B.; LINES, J. D.; MARBIAH, M. T.; DAVID, K.; PETERSON, E. How reliable are light traps in estimating biting rates of adult *Anopheles gambiae* s.l. (Diptera: Culicidae) in the presence of treated bed nets?. **Bulletin of Entomological Research**, v.92, p. 71-76, 2002.

MANN, R. S.; KAUMAN, P. E.; BUTLER, J. F. *Lutzomyia* spp. (Diptera, Psychodidae) response to olfactory attractant- and light emitting diodemodified mosquito Magnet X (MM-X) traps. **Journal of Medical Entomology**, v. 46, p.1052-1061, 2009.

MELLOR, H. E.; HAMILTON J. G. C. Navigation of *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) under dusk or starlight conditions. **Bulletin of Entomological Research**, v. 93, p.315-322, 2003.

NOWINSZKY, L. Nocturnal illumination and night flying insects. **Applied ecology and environmental research**, v. 2, n. 1, p. 17- 52, 2004.

NOGUEIRA, V. F. B.; CORREIA, M. F.; NOGUEIRA, V. S. Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha-MA. **Brasileira de Geografia Física**, v. 03, p. 708- 724, 2012.

PUGEDO, H.; BARATA, R. A.; FRANÇA-SILVA, J. C.; SILVA, J. C.; DIAS, E. S. HP: um modelo aprimorado de armadilha luminosa de sucção para a captura de pequenos insetos. **Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 38, n.1, p.70-72, 2005.

SHONE, S. M.; GLASS, G. E.; NORRIS, D. E. Targeted trapping of mosquito vectors in the Chesapeake bay area of Maryland. **Journal of Medical Entomology**, v. 43, p. 151-158, 2006.

SILVA F. S.; CARVALHO L. P. C.; SOUZA J. M. Flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) associados a abrigos de animais domésticos em área rural do nordeste do estado do Maranhão, Brasil. **Revista da Patologia Tropical**, v.41, n. 3, p. 337-347, 2012.

SILVA, J. S., COURI, M. S., GIUPPONI, A. P. L., AND ALENCAR, J. Mosquito fauna of the Guapiaçu Ecological Reserve, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brazil, collected under the influence of different color CDC light traps. **Journal of Vector Ecology**, v. 39, p. 384-394, 2014.

SILVA, F. S.; BRITO, J. M.; COSTA-NETA, B. M. Field evaluation of light-emitting diode as attractant for blood-sucking midges of genus *Culicoides* latreille (Culicomorpha, Ceratopogonidae) in the brasilian savanna. **Entomology News**, v. 125, n. 1, p. 1-6, 2015a.

SILVA, F. S.; BRITO, J. M.; COSTA-NETA, B. M.; LOBO, S. E. P. D. Evaluation of light-emitting diode as attractant for sand flies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) in northeastern Brazil. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v.110, n. 6, p. 801-803, 2015b.

SILVA, F. S.; DA SILVA, A. A.; REBÊLO, J. M. M. An Evaluation of Light-Emitting Diode (LED) Traps at Capturing Phlebotomine Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in a Livestock Area in Brazil. **Journal of Medical Entomology**, v.53, n. 3, p. 1-5, 2016.

WILTON, D. P.; FAY, R. W. Responses of adult *Anopheles stephens* to light of various wavelengths. **Journal of Medical Entomology**, v. 9, p. 301-304, 1972.

ANEXO

Zimbra

francinaldo.silva@ufma.br

Journal of Medical Entomology JME-2017-0007

De : Journal of Medical Entomology
<onbehalfof+JLancette+entsoc.org@manu
scriptcentral.com>

Sex, 06 de jan de 2017 12:10

Remetente : onbehalfof+JLancette+entsoc.org
<onbehalfof+JLancette+entsoc.org@manu
scriptcentral.com>

Assunto : Journal of Medical Entomology JME-2017-
0007

Para : francinaldosilva@ufma.br

Responder para : JLancette@entsoc.org

06-Jan-2017

Dear Prof. Silva:

Your manuscript entitled "Light-emitting diode (LED) traps improve the light-trapping of anopheline mosquitoes" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the Journal of Medical Entomology.

Your manuscript ID is JME-2017-0007.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc.manuscriptcentral.com/medent> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Centre after logging in to <https://mc.manuscriptcentral.com/medent>.

Depositing Data Through Dryad:

ESA encourages authors who are able to do so to deposit the data underlying their articles in the Dryad Data Repository, <a href="<http://datadryad.org>" target="new"><http://datadryad.org>.

All data packages and data files deposited in Dryad receive persistent Digital Object Identifiers (DOIs) that can be used in citations. Data files on Dryad are archived in perpetuity. Authors who deposit data through Dryad can access usage statistics to track the use of their data.

If your funder requires data deposit or you simply wish to ensure that your data remains archived and accessible, ESA's journals have integrated with Dryad to make the process of depositing your data easier. (If you have already deposited your data in another repository and would like it linked with your article, please let us know and we would be happy to include the

DOI in the published version of your paper.)

89

If you wish to deposit data through Dryad, use the link below to begin the process. A placeholder record for your article will be created automatically, meaning you won't have to re-enter its bibliographic information and you can upload your files directly.

<http://datadryad.org/submit?journalID=JMENTO&manu=JME-2017-0007>.

Once you deposit your data package, it receives a DOI identifier, which is immediately sent back to you and to the journal for inclusion in the published article. Depositing your data before your paper is accepted is optimal; if the Dryad DOI doesn't appear in the final published article, that greatly weakens its connection to the underlying data.

Please note that depositing your data is completely optional.

There is a fee of \$120 to deposit your data, which is paid directly to Dryad. It is the author's responsibility to cover this fee. Dryad will collect credit card information at the time of deposit, but if you wish, you can choose only to have the card charged and the data made public if your paper is accepted.

Data deposited in Dryad during the review process will be made available to reviewers and editors upon request.

More information about depositing data in Dryad is available at <http://www.datadryad.org/depositing>.

If you have any questions, please feel free to contact Josh Lancette (JLancette@entsoc.org) in the Journal of Medical Entomology editorial office.

Thank you for submitting your manuscript to the Journal of Medical Entomology.

Sincerely,
Journal of Medical Entomology Editorial Office
