

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CAMPUS VII-CODÓ
CURSO DE LICENCIATURA INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIAS NATURAIS/
BIOLOGIA**

THAYS CRUZ FREITAS

**EFETIVIDADE DO INSETICIDA PYRIPROXYFEN NO CONTROLE DE *Aedes aegypti*
(LINNAEUS, 1762) (DIPTERA: CULICIDAE) EM CONDIÇÃO DE LABORATÓRIO E
SEMI-CAMPO**

CODÓ-MA

2019

THAYS CRUZ FREITAS

**EFETIVIDADE DO INSETICIDA PYRIPROXYFEN NO CONTROLE DE *Aedes aegypti*
(LINNAEUS, 1762) (DIPTERA: CULICIDAE) EM CONDIÇÃO DE LABORATÓRIO E
SEMI-CAMPO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais/Biologia da Universidade Federal do Maranhão – Campus VII Codó – como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Ciências Naturais - Biologia.

Orientadora Dra. Joelma Soares da Silva

CODÓ-MA

2019

THAYS CRUZ FREITAS

**EFETIVIDADE DO INSETICIDA PYRIPROXYFEN NO CONTROLE DE *Aedes aegypti*
(LINNAEUS, 1762) (DIPTERA: CULICIDAE) EM CONDIÇÃO DE LABORATÓRIO E
SEMI-CAMPO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais/ Biologia da Universidade Federal do Maranhão – Campus VII Codó – como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciatura em Ciências Naturais – Biologia.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Joelma Soares da Silva (Orientadora)

UFMA-Campus VII, Codó

Prof.^a Ma. Juciane da Conceição da Silva Lima

INPA/Manaus, AM

Prof.^a Ma. Gizélia Araújo Cunha

UFMA-Campus VII, Codó

**Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA**

Freitas, Thays Cruz.

EFETIVIDADE DO INSETICIDA PYRIPROXYFEN NO CONTROLE DE
Aedes aegypti LINNAEUS, 1762 DIPTERA: CULICIDAE EM CONDIÇÃO
DE LABORATÓRIO E SEMI-CAMPO / Thays Cruz Freitas.

- 2020.

41 f.

Orientador(a): Joelma Soares da Silva.

Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Naturais -
Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Codó, 2020.

1. Controle. 2. Dengue. 3. Inibidor de Crescimento.
4. Mosquitos. I. Soares da Silva, Joelma. II. Título.

À minha família, meus amigos e colegas de laboratório, em especial aqueles que contribuíram para realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me concedido força na realização de mais essa etapa na minha vida, e durante todos os momentos difíceis.

Aos meus pais, Celanildes e Elisvaldo por estarem sempre ao meu lado, por todo apoio para que este trabalho fosse possível e acima de tudo por acreditarem em mim.

À prof. Joelma pela orientação, pela paciência e aprendizado proporcionado ao longo da construção deste trabalho.

À Universidade Federal do Maranhão – campos Codó, pela oportunidade de realizar mais essa etapa tão importante da minha vida, por proporcionar crescimento pessoal e profissional.

A todos os professores da UFMA que me acompanharam e contribuíram na minha formação.

À Maria Roselane pela amizade, pelo carinho e companheirismo independente da distância e os valiosos conselhos (do ensino médio para vida).

Aos meus colegas de curso, especialmente a Rozinete Guimarães, Maria Antonia, Sabrina Nunes, e Antônio Ozeas, por estarem ao meu lado durante esta caminhada tornando-a mais agradável, colaborando e incentivando meu desenvolvimento acadêmico e pela amizade construída.

À Bianca, Natália, Dainara, Thamires, Djorkaeff e Amarildo pelo apoio na realização das coletas e auxílio nas atividades de laboratório, pois graças a suas contribuições este trabalho pode ser realizado.

*O que vale na vida não é o ponto de partida
e sim a caminhada. Caminhando e
semeando, no fim terás o que colher.*

(Cora Coralina)

RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar a efetividade do inseticida pyriproxyfen no controle de *Aedes aegypti* em condições de laboratório e semi-campo. Foram realizados bioensaios com todos os instares larvais e com estágio de pupa de *A. aegypti* em condição de laboratório, nos quais foram testadas a concentração de uso do inseticida pyriproxyfen, a dose de 0,01mg/L, de acordo com a recomendação da Organização Mundial da Saúde (OMS). Foram realizados também bioensaios com em condição de semi-campo, com a utilização de larvas de terceiro instar, segundo a recomendação da OMS. Nos testes de semi-campo foram utilizados 10 baldes de plásticos, dos quais cinco foram tratados com larvicidas e cinco foram utilizados como controle e, todos foram mantidos protegido das condições ambientais. As leituras de sobrevivência foram realizadas diariamente até a mortalidade ou emergência do último indivíduo. Os resultados demonstram que o pyriproxyfen é eficaz contra as formas imaturas do *A. aegypti*, pois em laboratório registrou-se percentual de emergência de adulto entre 0% e 0,67% para os experimentos os estágios iniciais (L1, L2 e L3), sendo o maior o índice de emergência nos tratamentos com larvas L4 e pupa, para os quais obteve-se 1,67% e 1,33% respectivamente. Esses valores refletem em índice de inibição (IE%) acima de 98%. Em laboratório, o prolongamento do estágio larval durou em média 20 dias, com redução somente no experimento com L4 e pupas. Em semi-campo, o índice de emergência foi 2,5%, correspondendo a IE% de 97,5%, e o experimento durou em média oito dias. Considerando a dose recomendada pela OMS, o pyriproxyfen mostrou-se eficaz contra as formas imaturas de *A. aegypti*, uma vez que atuou inibindo o desenvolvimento de características adultas, prolongando o aspecto imaturo, o que foi observado em condição de laboratório e semi-campo.

Palavras-chave: Dengue, Mosquitos, Controle e Inibidor de Crescimento

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effectiveness of the insecticide pyriproxyfen in the control of *Aedes aegypti* under laboratory and semi-field conditions. Bioassays were performed with all larval instars and pupae stage of *A. aegypti* under laboratory conditions, in which the concentration of use of the insecticide pyriproxyfen at a dose of 0.01mg /L was tested, according to the recommendation of the World Health Organization (WHO). Semi-field bioassays were also performed using third-instar larvae, as recommended by WHO. In the semi-field tests, 10 plastic containers were used, five of which were treated with larvicides and five were used as control and all were kept protected from environmental conditions. Survival readings were taken daily until the last individual died or emerged. The results show that pyriproxyfen is effective against the immature forms of *A. aegypti*, since in the laboratory there was an adult emergence percentage between 0% and 0.67% for the experiments the early stages (L1, L2 and L3), being the highest the emergence rate in treatments with larvae L4 and pupa, for which 1.67% and 1.33% respectively. These values reflect inhibition rates (IE%) above 98%. In the laboratory, the larval stage prolongation lasted an average of 20 days, with reduction only in the experiment with L4 and pupae. In semi-field, the emergency rate was 2.5%, corresponding to IE% of 97.5%, and the experiment lasted an average of eight days. Considering the WHO-recommended dose, pyriproxyfen was effective against the immature forms of *A. aegypti* as it inhibited the development of adult characteristics, prolonging the immature aspect, which was observed under laboratory and semi-field conditions.

Key-words: Dengue, Mosquitoes, Control and Growth inhibitor

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Mapa do Estado do Maranhão com destaque para o município de Codó.....19
- Figura 2.** Ovitampa instaladas no Bairro são Francisco para coleta de ovos de *A. Aegypti*.....20
- Figura 3.** A) Bandejas com palhetas com ovos irmersas em água para eclosão das larvas de *A. aegypti*. B) Bnadejas protegidas com tecido de filó para evitar evasão de adultos.....21
- Figura 4.** A) Gaiola para manutenção de *A. Aegypti*. B) Gaiola com *erlenmeyer* com fonte de alimento e copo com papel filtro pra oviposição.....21
- Figura 5.** Biosensaio de laboratório: A) Teste de efetividade do pyriproxyfen contra larvas de primeiro ínstar de *A. aegypti*. B) Teste de efetividade do pyriproxyfen contra larvas de quarto ínstar de *A. Aegypti*.....22
- Figura 6.** Bioensaio com pyriproxyfen no controle de larvas de terceiro ínstar de *A. aegypti* em condição de semi-campo, protegido das condições ambientais.....23
- Figura 7.** Percentual de mortalidade de larvas de primeiro ínstar de *A. Aegypti* tratadas com pyriproxyfen considerando as três repetições em condição de laboratório.....25
- Figura 8.** Percentual de mortalidade de larvas de segundo ínstar de *A. aegypti* tratadas com pyriproxyfen considerando as três repetições em condição de laboratório.....26
- Figura 9.** Percentual de mortalidade de larvas de terceiro ínstar de *A. aegypti* tratadas com pyriproxyfen considerando as três repetições em condição de laboratório.....26
- Figura 10.** Percentual de mortalidade de larvas de quarto ínstar de *A. aegypti* tratadas com pyriproxyfen considerando as três repetições em condição de laboratório.....27
- Figura 11.** Percentual de mortalidade de pupas de *A. aegypti* tratadas com pyriproxyfen considerando as três repetições em condição de laboratório.....28
- Figura 12.** Percentual de mortalidade de larvas de terceiro ínstar de *A. aegypti* tratadas com pyriproxyfen considerando as duas repetições em condição de semi-campo protegidas das condições ambientais.....29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número e porcentagem de adultos de *A. aegypti* emergidos por ínstar, após tratamento com o inseticida pyriproxyfen em condição de laboratório e IE (%).....24

Tabela 2. Número e porcentagem de adultos de *A. aegypti* emergidos após tratamento com o inseticida pyriproxyfen em condição semi-campo.....28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 <i>Aedes aegypti</i>	13
1.2 Histórico sobre a utilização de inseticidas químicos no controle <i>Aedes aegypti</i> ...	14
1.3 Reguladores de crescimento de insetos (IGRS)	15
1.4 Utilização do pyriproxyfen no brasil	15
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Local de estudo	19
3.2 Coleta de ovos de <i>Aedes aegypti</i>	19
3.3 Criação da população de <i>Aedes aegypti</i> em laboratório	21
3.4 Bioensaio em condição de laboratório	22
3.5 Bioensaio em condição simulado de campo	23
3.6 Obtenção da taxa de inibição de emergência (IE%)	23
4. RESULTADOS	24
4.1 Efetividade do pyriproxyfen em condição de laboratório	24
4.2 Teste em condição de semi-campo	28
5. DISCUSSÃO	30
6. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIA BIBIOGRÁFICA.....	36

1. INTRODUÇÃO

1.1 *Aedes aegypti*

Aedes aegypti (Linneaus, 1762) é um mosquito originário do Egito, na África e vem se espalhando pelas regiões tropicais e subtropicais do planeta desde o século XVI, se disseminado principalmente em áreas de 20°C que está em torno da zona tropical, nas latitudes de 40° N e 40° S. São mais frequentes em áreas urbanas, e sua expansão está relacionada a problemas de abastecimento de água, crescimento desordenados das cidades, principalmente em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, nos quais não há infraestrutura adequada (CONSOLI E LOURENÇO DE OLIVEIRA, 1994; EDER, et al., 2018; JULIANO, 2014; POWELL, 2016).

No Brasil, o primeiro registro do *A. aegypti* ocorreu em 1898, identificado por Lutz e Ribas em 1899, introduzido no país por meio de navios que traficavam escravos. Já no século XX o mosquito tornou-se um problema de saúde pública devido a transmissão da febre amarela acarretando na morte de milhares de pessoas, o que levou as autoridades de saúde intensificarem as medidas de controle vetorial, o que culminou com erradicação do mosquito no final de 1955. Contudo, no ano de 1960 foi encontrado novamente no território nacional, e atualmente está espalhado por todo território brasileiro, com isso, as ações de controle do vetor foram novamente intensificadas, principalmente com a utilização de inseticidas químicos (FRANCO, 1969; OMS, 2009; WONG, 2011; ZARA, 2016).

O *A. aegypti* é um inseto holometábolo, possui as fases de ovo, larva, pupa e adulto. Os ovos medem aproximadamente 1mm, possui formato fusiforme de contorno alongado e coloração preta, estes podem suportar até um ano de dessecação, eclodindo logo que estiver em contato com água (SOARES-PINHEIRO et al., 2017). A fase de larva compreende quatro estádios larvais, de formato vermiforme e alongado com cabeça globular e abdômen composto de oito segmento, em condições ambientais favoráveis, em termos de temperatura e disponibilidade de alimento, o *A. aegypti* tem seu desenvolvimento larval concluído em torno de 5. O estágio de pupa dura de 2 a 3 dias, nesta fase o indivíduo apresenta formato de virgula, e não se alimentam, utilizando-se da energia acumulada durante a fase larval. A última fase do ciclo de vida são os alados que apresentam como características coloração marrom com listras prateadas nas patas e formato de lira na parte dorsal (FORATTINI, 2002; IMAM et al., 2014; REY, 2008; REZENDE, 2008).

1.2 Histórico sobre a utilização de inseticidas químicos no controle *Aedes aegypti*

No Brasil uma das estratégias mais adotadas no controle de vetores transmissores de doenças está marcada pelo uso de inseticidas químicos que podem ser, inibidores da síntese de quitina, análogos do hormônio juvenil e neurotóxicos que atuam de forma a controlar as diferentes fases dos vetores de agentes patogênicos ao homem (GARCIA, 2016; WHO, 1996; ZARA, 2016).

O controle do *A. aegypti* no Brasil foi intensificado devido ao surto de febre amarela, por meio do tratamento dos criadouros com larvicidas após a falha do método mecânico. Por conseguinte, na metade do séc. XX surgiu a primeira epidemia de dengue devido ao crescimento populacional e sua concentração nas áreas expostas a presença do mosquito, o que acarretou na utilização de inseticidas químicos que tornaram-se um dos mais importantes avanços no controle de insetos utilizando-se de produtos característicos da época. Entre os produtos, inseticidas a base de enxofre e querosene, sendo que esta técnica era usada somente quando existia a falha na eliminação dos focos de mosquito (BUENO, 2017; COSTA, 2011; FRANCO, 1969).

O diclorodifeniltricloroetano (DDT) foi um dos primeiros inseticidas organoclorados fabricados e comercializados em larga escala durante a segunda guerra mundial, para o combate e erradicação dos vetores da malária, febre amarela entre outras doenças. Este inseticida era aplicado nas paredes e tetos das residências, permanecendo ativo por vários meses. Devido ao sucesso no combate às doenças os programas de controle passaram a empregar o uso intensivo do DDT durante três décadas, antes da realização de estudos sobre possíveis danos ao ser humano e ao ambiente, como alta toxicidade, danos genéticos, e acúmulo em tecidos vegetais e animais (BRAGA, 2007b; GOBBO, 2016; ROZENDAAL, 1997).

Outro inseticida químico que foi extensivamente utilizado no controle do *A. aegypti* foi o temefós, que é um organofosforado (OP), sendo que por um longo período de tempo, esse inseticida foi o único químico aprovado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) no controle do *A. aegypti*. Contudo, após anos de utilização, a resistência ao temefós foi bastante disseminada no Brasil, que teve indicações de alteração no *status* de suscetibilidade de *A. aegypti* no final dos anos 90. Devido a esta problemática, o Ministério da Saúde em 1999 por meio de Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD) criou o Rede Nacional de Monitoramento do *A. aegypti* (MoReNAa) para monitorar a resistência aos compostos

químicos usados em todos os estados brasileiros (FRANCO, 1969; VALLE, 2015; ZARA, 2016).

O uso de inseticidas certamente promove a redução dos insetos, mesmo que esses produtos tenham sua eficácia comprovada no início, o uso prolongado e contínuo, diminui sua eficiência, contudo a utilização destes compostos favorece também a seleção de espécies resistentes, que deixarão uma prole cada vez mais resistente as altas dosagens aplicadas a cada temporada de controle de insetos. Atualmente, a resistência as cinco classes de inseticidas químicos utilizadas nos programas de controle do *A. aegypti* estão sendo comprovadas em todo o mundo (BRAGA, 2007; DIAS, 2015; MOYES, 2017; VALLE, 2017; WONG, 2011).

1.3 Reguladores de crescimento de insetos (IGRs)

Considerado a terceira geração de inseticidas, os reguladores de crescimento de insetos são definidos com base no modo de ação, o qual atua no organismo de forma a acelerar ou inibir um processo regulatório importante ao seu desenvolvimento natural, controlando a metamorfose e regulando a reprodução em adultos. A sua utilização foi intensificada nos últimos anos devido ao surgimento de populações de mosquitos resistentes aos produtos químicos usados nos programas de controle, sendo estabelecida no país como uma nova alternativa de controle, menos perigosos a saúde humana e ao meio ambiente, além de não induzirem a resistência as espécies (MULLA, 1979; PESSOA, 2018; WILLIAMS, 1967).

Vale ressaltar que existem dois grupos principais de IGRs, sendo estes os inibidores da síntese de quitina que atuam sobre as larvas ocasionando a morte durante a ecdise, pois a larva não consegue eliminar a cutícula velha, uma vez que a inibição da deposição de quitina não há rigidez suficiente, interrompendo o desenvolvimento do inseto. O outro grupo é conhecido como análogos do hormônio juvenil (JHA) que possuem a função atuar na inibição de emergência de adultos, prologando o estágio larval e causando a mortalidade nas pupas sobreviventes. Um dos principais inseticidas desse grupo é pyriproxyfen (FARNESI et al., 2012; MULA, 1995; PESSOA, 2018).

1.4 Utilização do Pyriproxyfen no Brasil

Devido ao problema de resistência das populações de *A. aegypti* aos inseticidas químicos, o Ministério da Saúde (MS) do Brasil buscou novas alternativas para o controle do

vetor, que estabeleceu uma Razão de Resistência (RR_{95}) acima de 3.0 como indicativo de resistência dessa espécie, devido as variações de utilização pelas regiões.

Desde de 2014, é recomendado o inseticida pyriproxyfen como método alternativo nas campanhas de controle do vetor em substituição ao temefós, devido à alta eficiência em eliminar as larvas do mosquito *A. aegypti* exibindo até 95% de inibição de emergência de adultos, mostrando um longo efeito residual, além apresentar baixa toxicidade em espécies não-alvo e inimigos naturais pois atuam seletivamente no inseto alvo (BRASIL, 2014; MAOZ, 2017; TUNAZ, 2004; VALLE, 2019).

O pyriproxyfen é um inseticida com atividade de ação larvicida lenta contra um amplo número de insetos de saúde pública, que está sendo amplamente utilizados e, aprovado pela OMS. Esse inseticida atua prolongando os estágios imaturos de larvas e pupas, afeta a fertilidade das fêmeas, ou seja, dificulta a muda e inibe a reprodução. É um larvicida de amplo espectro, baseado em piridina que funciona como regulador de crescimento de insetos sendo eficaz contra uma variedade de insetos nocivos (ALBUQUERQUE et al., 2016; HUSTEDT et al., 2017; OHBA, 2013; OMS, 2006).

Segundo a OMS (2009) a dose recomendada para utilização do pyriproxyfen é 0,01 mg/L, ou seja, o tratamento tem a necessidade de uma concentração mais baixa que outros inseticidas usados. Pode ser encontrado na forma líquida ou granulada, possui lenta diluição em água, o que favorece a sua residualidade por oito semanas no mínimo. Contudo, alguns fatores devem ser considerados para se obter um resultado satisfatório da ação do pyriproxyfen em testes de controle de mosquitos, como temperatura, luz e alimentação larval (BERTI, 2013; BRASIL/MS, 2014; OO, et al., 2018; RESENDE, 2006).

Apesar da eficácia do pyriproxyfen, já foram notificados casos de resistência cruzada entre pyriproxyfen e o larvicida temefós (ANDRIGHETTI et al., 2008). Nesse sentido, considerando o *status* de resistência da população brasileira de *A. aegypti* ao temefós, o que vêm sendo evidenciando por diversos estudos desde 1999, é importante monitorar a suscetibilidade dos mosquitos em diferentes regiões do Brasil ao pyriproxyfen, pois esse inseticida já está em utilização há cinco anos, e não há muitas informações sobre possíveis casos de resistência.

Os testes de efetividade das populações de *A. aegypti* utilizando pyriproxyfen são fundamentais para se detectar e monitorar as populações de mosquitos suscetíveis a este produto, além da verificação da eficácia do uso eficiente no controle vetorial, evitando assim o aumento do número de doenças causadas por vetores, pois a utilização deste produto apesar

de ser recente há poucas informações sobre a efetividade deste e outros produtos empregados (BELINATO E VALLE, 2015; HAMID et al., 2017; KURI-MORALES et al., 2017; VIANA-MEDEIROS et al., 2017).

Nesse sentido, este trabalho tem como finalidade estudar a efetividade e, eficácia do inseticida pyriproxyfen em condições de laboratório e semi-campo, no controle de larvas de *A. aegypti*. Essas informações são importantes para nortear as ações de controle mais eficiente para ser utilizadas no combate ao mosquito.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- ✓ Avaliar a eficácia do larvicida Pyriproxyfen no controle de diferentes ínstares de *A. aegypti* da cidade de Codó, Maranhão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

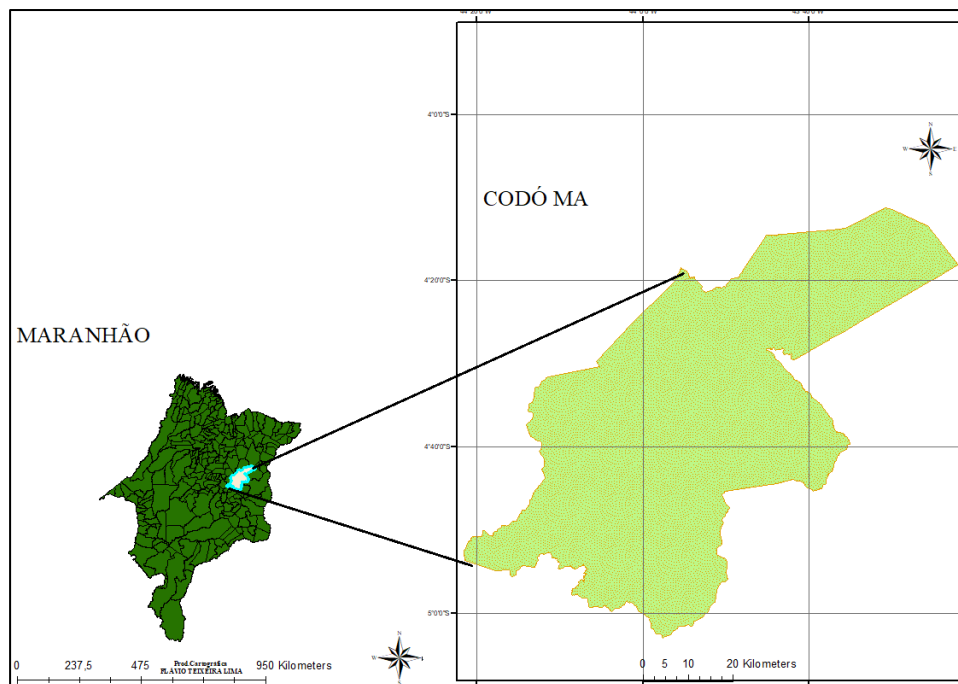
- ✓ Obter as taxas de inibição dos adultos (IE%) em diferentes ínstares *A. aegypti* tratados com o Pyriproxyfen em condição de laboratório.
- ✓ Verificar a efetividade do larvicida Pyriproxyfen em condição de laboratório.
- ✓ Analisar a efetividade do larvicida Pyriproxyfen em condição simulada de campo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do estudo

O estudo foi desenvolvido no município de Codó- Maranhão, localizado na região leste do estado, possui vegetação do tipo Cerrado, clima tropical, caracterizado pelos períodos seco e chuvoso e temperatura média anual de 35C°. A cidade possui área territorial de 4.364,499 Km², com as seguintes coordenadas geográficas; 4°27'18" de latitude sul e 43°53'9" de longitude Oeste e, localiza-se a 48 metros ao nível do mar. A população é de aproximadamente 120.810 habitantes e apresenta uma densidade demográfica em torno de 27,06 hab/Km² (IBGE, 2010) (Figura 1).

Figura 1. Mapa do Estado do Maranhão com destaque para o município de Codó



Fonte: LIMA, 2020.

3.2 Coleta de ovos de *Aedes aegypti*

Foram realizadas coletas de ovos de *A. aegypti* em cinco bairros da cidade de Codó sendo estes: São Francisco, Residencial Trizidela, Residencial Santa Rita, Centro, Residencial São Pedro.

Para as coletas foram utilizadas armadilhas para ovos, chamada de ovitrampas (FAY & ELIASON, 1966). As ovitrampas são constituídas de recipiente de plástico de cor preta, com abertura de cerca de 12 cm de largura na parte superior e capacidade de 800 mL. No interior do recipiente foi colocada uma palheta do tipo Duratree de 12 cm x 2,5 cm de largura

fixada verticalmente, com o lado áspero para cima para postura e aderência dos ovos (Figura 2).

Figura 2. Ovitrapas instaladas no Bairro São Francisco para coleta de ovos de *Aedes aegypti*.



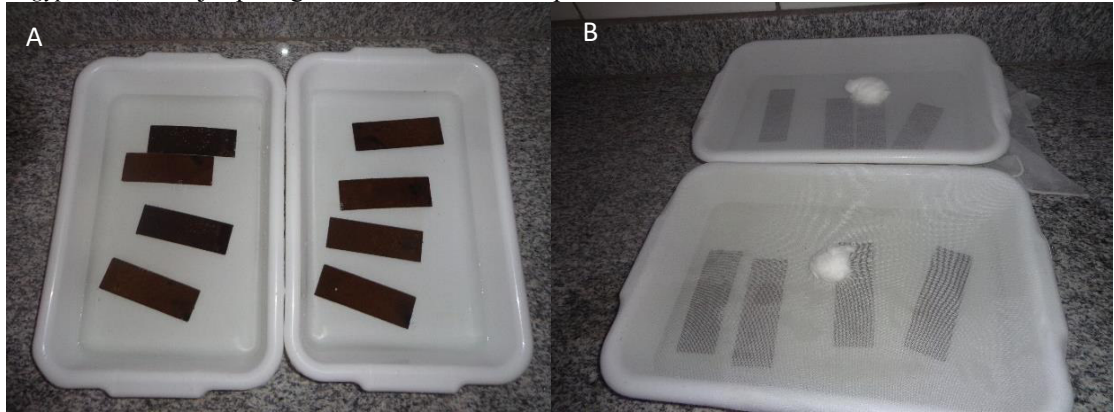
Fonte: FREITAS, 2019.

Em cada ovitrapa foi adicionado como atrativo para fêmeas, solução fenada a 10%, a qual foi preparada a partir de folhas de gramíneas secas, colocada em 2 L de água da torneira, acondicionadas em recipiente de plásticos, vedada e armazenada por sete dias para fermentação. Posteriormente, a solução foi diluída para 10%, concentração pronta para uso.

As coletas de ovos foram realizadas no período chuvoso, de abril-junho de 2019. Em cada bairro foram selecionadas 20 residências para instalação das ovitrapas, com distância de pelo menos 800 m entre cada. As ovitrapas foram colocadas no peridomicílio, posicionadas em locais sombreados para evitar evaporação da solução atrativa e, após um período de cinco dias, foram recolhidas e encaminhadas para o Laboratório de Biologia da Universidade Federal do Maranhão, *campus* de Codó.

No Laboratório as palhetas foram colocadas para seca por três dias, posteriormente analisadas para verificar a presença de ovos, o que foi feito com a utilização de microscópio estereoscópio. As palhetas com ovos foram colocadas em bandejas plásticas (45x30x7,5 cm), contendo água da torneira, o que é necessário para eclosão das larvas (Figura 3 A e B).

Figura 3. A) Bandejas com palhetas com ovos imersas em água para eclosão das larvas de *Aedes aegypti*. B) Bandejas protegidas com tecido de filó para evitar evasão de adultos.



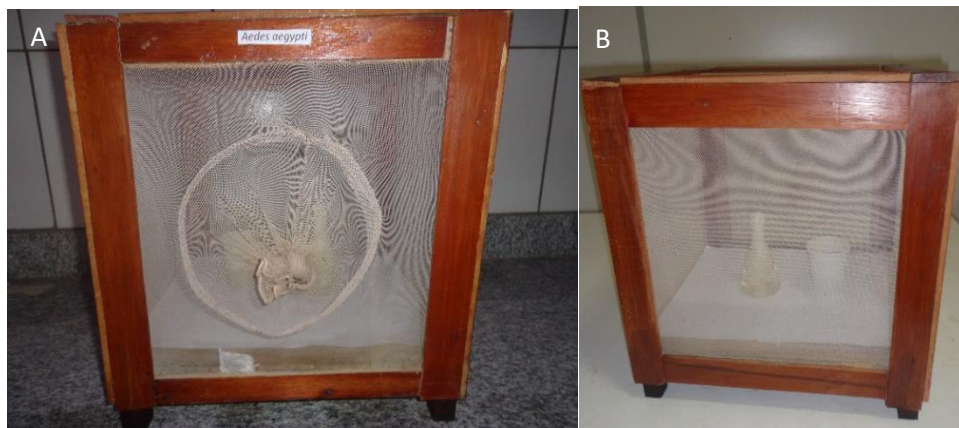
Fonte: FREITAS, 2019.

3.3 Criação da população de *Aedes aegypti* em laboratório

As larvas foram mantidas nas bandejas de plásticos e alimentadas com ração para gato triturada até atingirem o estágio de pupa. A água das bandejas foi trocada a cada dois dias para evitar a proliferação de microorganismos e, foram fechadas com tecido de filó para evitar evasão dos mosquitos. Após a emergência, os adultos foram identificados a nível de espécie, com auxílio de microscópio estereoscópio, utilizando-se chaves dicotômicas (FORATTINI, 2002).

Os indivíduos identificados como *A. aegypti* foram colocados em gaiolas de criação de mosquitos confeccionadas de madeira, revestidas com tecido filó para realização da cópula (Figura 4 A e B). Em cada gaiola acrescentou-se um copo de plástico, contendo 50 mL de água da torneira e papel filtro, que serviu de substrato para postura e aderência dos ovos. Como fonte de carboidratos, foi adicionado água açucarada a 12% embebida em algodão, colocada em *erlenmeyer*, a qual foi trocado a cada três dias, evitando possível proliferação de microorganismos.

Figura 4. A) Gaiola para manutenção de *A. aegypti*. B) Gaiola com *erlenmeyer* com fonte de alimento e copo com papel filtro para oviposição.



Fonte: FREITAS, 2019.

Os mosquitos foram mantidos no Laboratório de Biologia da Universidade Federal do Maranhão, *Campus Codó*, sob condições controladas, com temperatura média de $26^{\circ}\text{C} \pm 2$, fotoperíodo de 12 horas no escuro e 12 horas no claro, simulando o ambiente natural.

Os ovos obtidos foram retirados e colocados para secar sobre papel absorvente, durante 72 horas, posteriormente, imersos em água para a eclosão das larvas.

3.4 Bioensaio em condição de laboratório

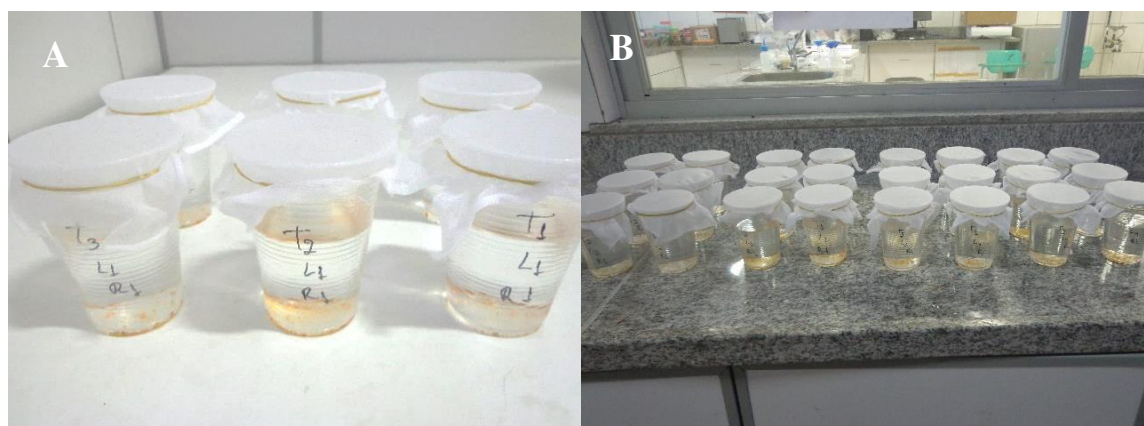
Os bioensaios foram realizados no Laboratório de Biologia da Universidade Federal do Maranhão *Campus Codó*, de acordo com as recomendações do protocolo da Organização Mundial da Saúde, OMS/2016, *Monitoring and managing insecticide resistance in Aedes mosquito populations/ Interim guidance for entomologists*.

As larvas da geração F_1 obtidas, foram submetidas aos testes de suscetibilidade em condições de laboratório e em condições de simuladas campo. Foram utilizadas larvas de 1º, 2º, 3º, 4º ínstar e estágio de pupa, que foram expostas a 0,01mg/L de concentração do inseticida Pyriproxyfen, para verificar o tempo de desenvolvimento de cada ínstar tratado com o inseticida.

Para cada ínstar larval e pupa foi testada em três repetições, em cada repetição foram utilizados cinco copos plásticos com 150 mL de água destilada, em cada copo foi colocado 20 larvas do ínstar correspondente, 0,01mg/L do larvicida e alimento para larvas, constituído de ração para gato da marca *whiskas*. Para cada bioensaio foi utilizado um grupo controle negativo, que consistiu de um copo com 20 imaturos, adicionado alimento, porém sem o tratamento com o larvicida.

Os recipientes foram cobertos com tecido de filó para evitar que os adultos eventualmente evadissem (Figura 5 A e B). As leituras de sobrevivência foram realizadas todos os dias até a verificação da mortalidade total ou emergência dos adultos.

Figura 5. Biosensaio de laboratório: **A)** Teste de efetividade do pyriproxyfen contra larvas de primeiro ínstar de *A. aegypti*. **B)** Teste de efetividade do pyriproxyfen contra larvas de quarto ínstar de *A. aegypti*.



Fonte: FREITAS, 2019.

3.5 Bioensaio em condição simulado de campo

Para verificar a efetividade do larvicida nas condições simuladas de campo, foi realizado bioensaios na área interna do campus da UFMA/Codó, no período de novembro a dezembro de 2019.

Na realização dos bioensaios foram utilizados 10 baldes de plástico com capacidade de 13,6 L, em cada um, foi adicionado 10 L de água, 20 larvas de 3º instar e alimento larval, constituído de ração para gato. Deste total de recipientes, cinco foram tratados com 0,01 mg/L do inseticida Pyriproxyfen e cinco foram mantidos sem tratamento com inseticida, servindo como controle negativo.

Os recipientes foram colocados em área protegida das condições ambientais, cobertos com tecido do tipo filó para evitar que os adultos eventualmente evadissem (Figura 6).

As leituras de mortalidade ou sobrevivência das larvas foram realizadas diariamente após aplicação do larvicida, até a completa emergência dos adultos, ou mortalidade das formas imaturas.

Figura 6. Bioensaio com pyriproxyfen no controle de larvas de terceiro instar de *A. aegypti* em condição de semi-campo, protegido das condições ambientais.



Fonte: FREITAS, 2019.

3.6 Obtenção da taxa de inibição de emergência (IE%) e Análises dos dados

Os dados dos experimentos de laboratório e campo foram analisados por dia, para obtenção das taxas de inibição de emergência dos adultos (IE) por meio da seguinte fórmula:

$$IE(\%) = 100 - \left(\frac{T \times 100}{C} \right)$$

4. RESULTADOS

4.1 Efetividade do pyriproxyfen em condição de laboratório

Nos experimentos realizados com o larvicida pyriproxyfen verificou-se que a taxa de emergência de adultos foi maior nos recipientes de pupas, seguindo do ínstar L4, para os quais foram registrados percentuais de 1,67% e 1,33% respectivamente. Para os demais ínstares, os índices de emergência de adulto, variaram de 0% a 0,67% (Tabela 1). Esses valores refletiram em IE% variando de 98,33% a 100%, percentuais de inibição verificados para o estágio de pupa e ínstar L3, respectivamente

Em relação ao controle, os índices de emergência variaram entre 95% a 100%, sendo que, esse último percentual foi obtido nos experimentos para pelo menos três ínstares testados (Tabela 1).

Tabela 1. Número, porcentagem e IE% de adultos de *Aedes aegypti* emergidos por ínstar, após tratamento com o inseticida pyriproxyfen em condição de laboratório.

	R1	R2	R3	R4	R5	Total (%)	Controle (%)	IE (%)
L1	0	0	0	1	1		19	
L1	0	0	0	0	0		20	
L1	0	0	0	0	0		18	
	0	0	0	1	1	2 (0,67%)	57 (95%)	99,33%
L2	0	0	0	0	0		20	
L2	0	1	0	0	0		19	
L2	0	0	1	0	0		20	
	0	1	1	0	0	2 (0,67%)	59 (98,33%)	99,33%
L3	0	0	0	0	0		20	
L3	0	0	0	0	0		20	
L3	0	0	0	0	0		20	
	0	0	0	0	0	0 (0%)	60 (100%)	100%
L4	0	0	0	0	1		20	
L4	0	1	0	0	1		20	
L4	0	1	0	0	0		20	
	0	2	0	0	2	4 (1,33%)	60 (100%)	98,67%
pupa	2	0	0	0	0		20	
pupa	0	0	0	0	0		20	
pupa	0	0	0	3	0		20	
	2	0	0	3	0	5 (1,67%)	60 (100%)	98,33%

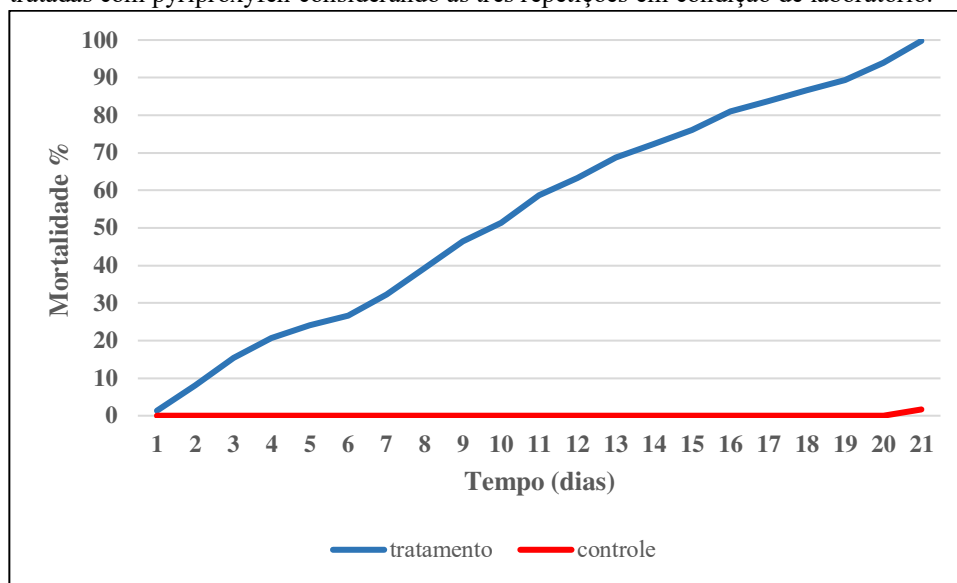
Legenda: R = réplica, L1 = Larva de primeiro estágio, L2 = Larva de segundo estágio, L3 = Larva de terceiro estágio, L4 = Larva de quarto estágio e C = Controle

Nas avaliações de efetividade do pyriproxyfen em condição de laboratório realizadas por 1º instar, verificou-se que, para larvas de primeiro instar, houve prolongamento da fase imatura até 21 dias após o tratamento com inseticida, período em dias para qual verificou-se a presença de larva e/ou pupa nos recipientes.

Considerando os índices de mortalidade durante a realização do experimento, observou-se que até o 4º dia, a mortalidade foi de 20,6%, atingindo o nível de 51% no 10º dia e 99,7% de mortalidade no 21º dia de tratamento. A efetividade do larvicida ocorreu por um período médio de 21 dias após a aplicação do produto, pois para esse período obteve-se emergência de adulto somente de 0,67%.

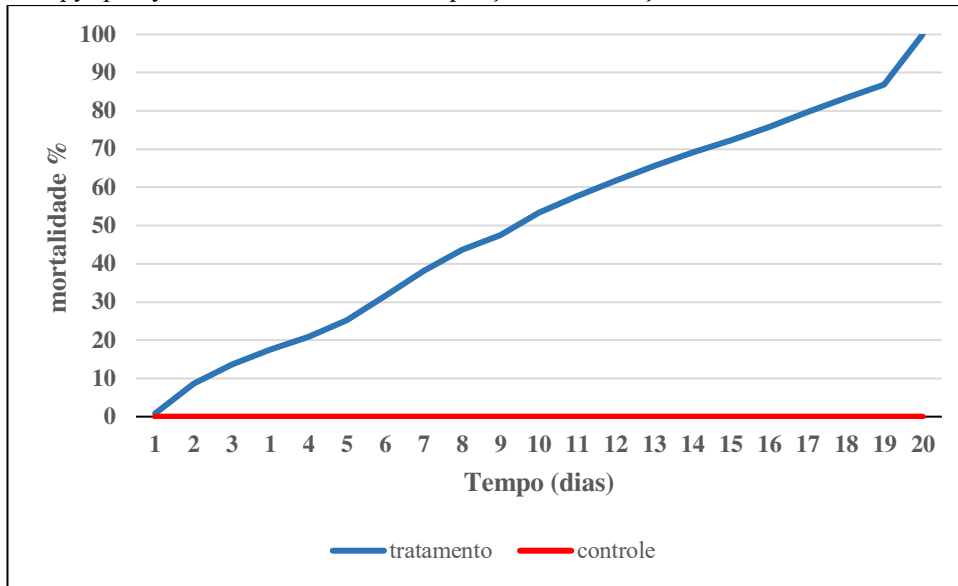
No grupo controle durante todo o experimento, a mortalidade permaneceu 0%, somente no último dia que houve aumento para 1,6% (Figura 7).

Figura 7. Percentual de mortalidade de larvas de primeiro instar de *Aedes aegypti* tratadas com pyriproxyfen considerando as três repetições em condição de laboratório.



Considerando os bioensaios com larvas de segundo instar, verificou-se prolongamento desta fase de desenvolvimento também até 20 dias de após aplicação do produto. No entanto, em relação a mortalidade, no 4º e 10º dia de exposição ao larvicida, a porcentagem de mortalidade larval foi 20,8% e 53,3% respectivamente, atingindo o nível de 100% de mortalidade no 20º dia. Por outro lado, nos recipientes que serviram como controle, a mortalidade foi de 0% durante todo o experimento, para o qual verificou-se 100% de emergência de mosquitos (Figura 8).

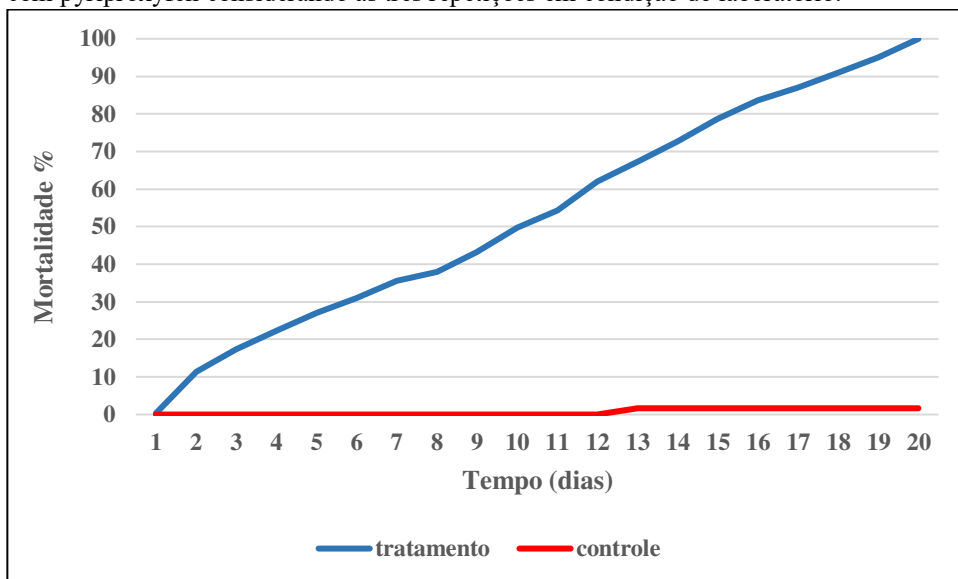
Figura 8. Percentual de mortalidade de larvas de segundo ínstar de *Aedes aegypti* tratadas com pyriproxyfen considerando as três repetições em condição de laboratório.



Na avaliação da efetividade do larvicida para o terceiro ínstar larval, verificou-se que a duração da inibição do desenvolvimento dos mosquitos para essa fase, foi em média vinte dias. Em relação a mortalidade, no 4º dia após aplicação do larvicida, o percentual foi de 22,3%, seguindo de 49,6% no 10º e atingiu 100% de mortalidade larval no 20º dia (Figura 9).

No grupo controle, a mortalidade foi de 0% até 13º dia, posteriormente foi verificado índice de 1,6% que permaneceu até o último dia de leitura (Figura 9).

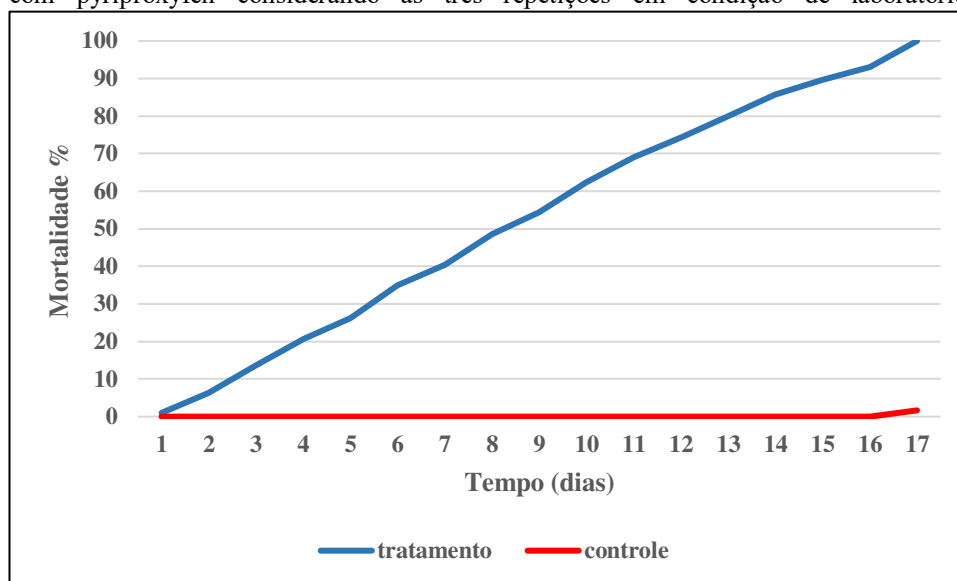
Figura 9. Percentual de mortalidade de larvas de terceiro ínstar de *Aedes aegypti* tratadas com pyriproxyfen considerando as três repetições em condição de laboratório.



Considerando o quarto ínstar larval, observou-se que o tempo de duração do experimento foi de 17 dias, período de tempo no qual obteve-se ainda a presença de imaturos nos recipientes tratados com o inseticida.

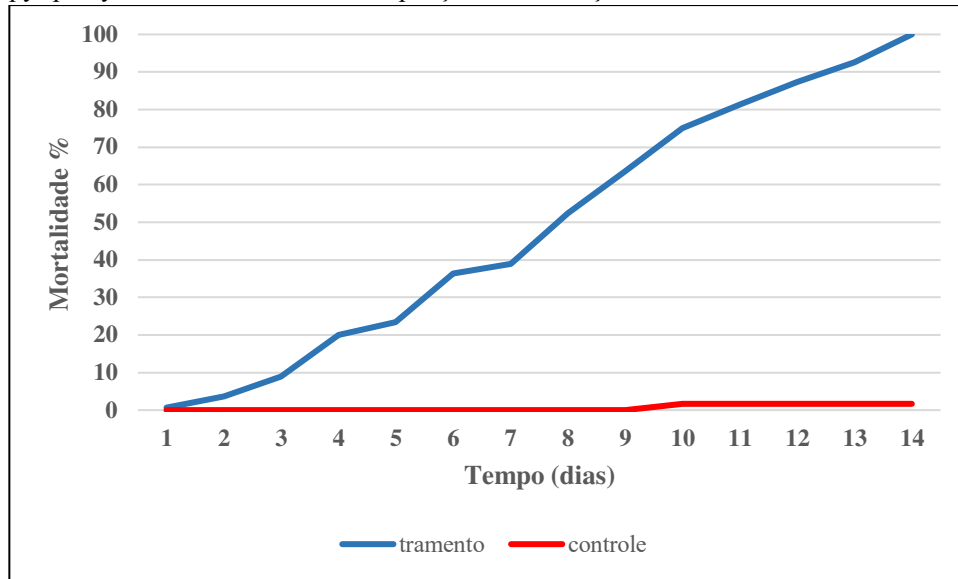
A mortalidade larval foi 20,6% no 4º dia, atingindo 62,3% no 10º dia e 100% no 17º dia de experimento. Em relação ao grupo controle, os índices de mortalidade variaram de 0% a 1,6%, percentual registrado somente no último dia de teste (Figura 10).

Figura 10. Percentual de mortalidade de larvas de quarto ínstar de *Aedes aegypti* tratadas com pyriproxyfen considerando as três repetições em condição de laboratório.



O teste utilizando o estágio de pupa mostrou uma redução na duração do experimento para 14 dias. Quanto aos percentuais de mortalidade observado durante a realização do bioensaios, índices de 20% no 4º dia, atingindo valores de 63,6% no 10º e 100% com 14 dias de experimento. Em relação ao controle, a mortalidade foi de 0% até 10º, posteriormente o percentual manteve em 1,6% até o momento de finalização dos bioensaios (Figura 11).

Figura 11. Percentual de mortalidade de pupas de *Aedes aegypti* tratadas com pyriproxyfen considerando as três repetições em condição de laboratório.



4.2 Teste em condição de semi-campo

No experimento de semi-campo o tempo de prolongamento dos estágios imaturo de *A. aegypti* foi de oito dias. Verificou-se que taxa de emergência em condição de semi-campo foi de 2,5% para os indivíduos tratados com o larvicida, por outro lado, nos recipientes controle, sem inseticida, o índice de emergência foi de 100% (Tabela 2).

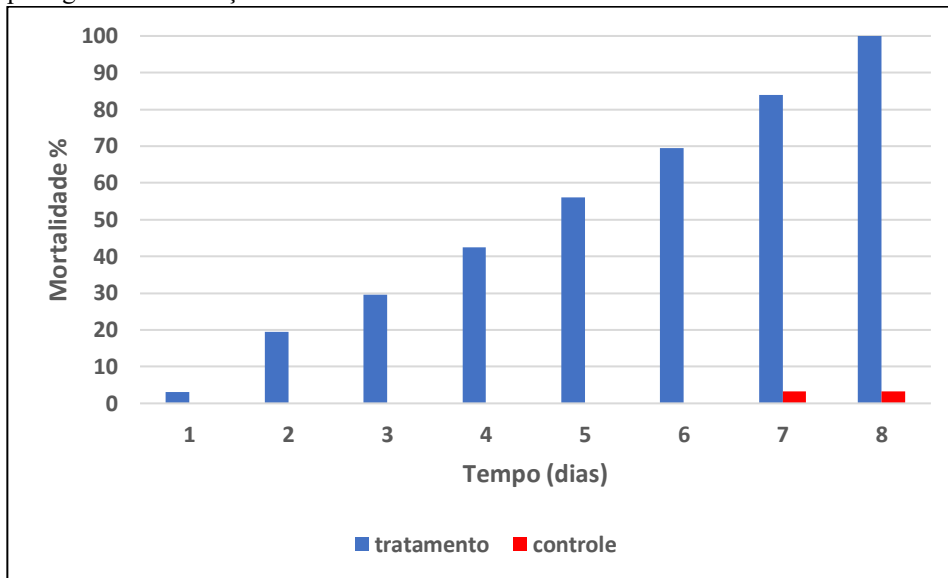
Tabela 2. Número e porcentagem de adultos de *Aedes aegypti* emergidos após tratamento com o inseticida pyriproxyfen em condição semi-campo.

		N° adultos emergidos		IE %
R1	T 1	1	C1	20
	T 2	1	C2	20
	T 3	0	C3	20
	T 4	0	C4	20
	T 5	1	C5	20
		3 (3%)	100 (100%)	
R 2	T 1	0	C1	20
	T 2	0	C2	20
	T 3	0	C3	20
	T 4	2	C4	20
	T 5	0	C5	20
		2 (2%)	100 (100%)	
TOTAL		5 (2,5%)	200 (100%)	97,5%

Legenda: R = réplica, T = Tratamento e C = Controle

Quanto a mortalidade larval, verificou-se aumento progressivo dos índices, sendo que foram registrados percentuais de 19,2% no 2º, 42,5% no 4º e 100% no 8º dia de experimento, respectivamente. Em contrapartida, o controle apresentou 0% de mortalidade até o 6ª dia e atingiu para 3,3% no 7º dia, índice que permaneceu até o último dia de teste (Figura 12).

Figura 12. Percentual de mortalidade de larvas de terceiro ínstar de *Aedes aegypti* tratadas com pyriproxyfen considerando as duas repetições em condição de semi-campo protegidas das condições ambientais.



5. DISCUSSÃO

O inseticida pyriproxyfen funciona como inibidor de crescimento, age como análogo do hormônio juvenil regulando uma variedade de processos essenciais ao desenvolvimento natural, como crescimento, desenvolvimento ou metamorfose dos organismos alvo (DIVE/SUV/SES/SC, 2014; MANSUR et al., 2010; MULLA, 1995; PESSOA, 2018).

Por se tratar de um regulador de crescimento de inseto, o pyriproxyfen apresenta-se como uma alternativa ambientalmente segura, por conta disso, esse inseticida é recomendado no controle de insetos de importância sanitária como mosca doméstica, baratas e vetores de doenças (WHO, 2001). Nos últimos anos, está sendo utilizado nos programas de controle de importantes insetos vetores de agentes etiológico de importância médica, como *Culex* spp., *Aedes* spp., *Anopheles* spp., e pragas de lavouras (DZIECIOLOWSKA et al., 2017; HALLMAN et al. 2015; RODRIGUES, 2017).

O pyriproxyfen vem ganhando notoriedade no cenário nacional e, desde 2014 é usado em água potável no Brasil para combater a proliferação das larvas de mosquito, principalmente no combate ao mosquito *A. aegypti* (BRASIL/MS, 2014; MENN, 2012; MULLA, 1995; PESSOA, 2018).

Neste estudo verificou-se que a dose do pyriproxyfen recomenda pela OMS apresentou eficiência na inibição da emergência dos adultos, pois averiguou-se baixa taxa de obtenção de mosquitos adultos para todos os instares larvais e pupas submetidas ao tratamento com o inseticida em condição de laboratório.

Resultados semelhantes foram obtidos em um estudo realizado em Cuba em condições controladas utilizando duas linhagens de *A. aegypti*, a cepa Rockefeller e SANten F13, afim de verificar a eficácia do pyriproxyfen nos estágios de *A. aegypti*, para o qual verificou elevada atividade larvicida de 32%, pupicida 21% para a cepa Rockefeller e, 31% larvicida, 12% pupicida para SANten F13 (RODRÍGUEZ et al. 2013). A boa efetividade do pyriproxyfen também foi observada neste estudo.

A elevada taxa de inibição do pyriproxyfen de emergência de adultos, também foi avaliado em nível laboratorial em Equador, sendo que o inseticida foi eficiente como larvicida e pupicida, inibindo 95% de emergência, quando utilizados no tratamento dos dois estágios, (ZAVALA et al. 2014). Semelhante ao resultado encontrado nesse estudo, o que foi encontrado nesse estudo em condição de laboratório, para o qual verificou-se baixas taxas de emergência de adultos e ainda prolongamento larval. Diferente do estudo realizado na cidade

de Patos/PB em laboratório, no qual, a porcentagem de inibição de emergência de adultos foi de 1,25% (MORAIS et al. 2017).

A boa efetividade do inseticida Pyriproxyfen na inibição de emergência de adultos de *A. aegypti* têm sido demonstrada por diferentes autores em nível de laboratório (OCHIPINTE et al. 2013; Oo et al. 2018; RESENDE E GAMA, 2006; RODRÍGUEZ et al. 2013; VYTHILINGAN et al. 2005; WILLIAMS, 1967). Aliado a isso, a baixa dosagem de utilização, o torna competitivo no universo de inseticidas disponível para as campanhas de controle do vetor. A dosagem de recomendada pela OMS usada neste estudo é considerada uma vantagem por ser uma concentração mais baixa em relação aos outros larvicidas usados no controle de *A. aegypti* (BRASIL/MS, 2014).

Outro fator relevante, e que as maiores taxas de emergência de adultos obtidas no presente trabalho em condição de laboratório, foi verificada nos testes com larvas de 4º ínstar e pupas.

Geralmente os bioensaios em laboratórios são realizados com larvas de 3º ínstar, não sendo avaliados a atuação do produto em diferentes ínstaes larvais, o que foi feito no presente estudo, com objetivo de verificar o prolongamento de cada estágio de forma separada e o impacto do produto em cada etapa de desenvolvimento do mosquito. Essas informações são relevantes, uma vez que nos criadouros do mosquito das residências, há a presença de todas as fases juntas.

Considerando o tempo de duração dos estádios larvais e pupas tratados com o inseticida Pyriproxyfen, verificou-se que a média foi de 20 dias de prolongamento das larvas e houve uma redução na duração dos testes quando utilizado o ultimo ínstar larval (L4), estágio de pupa, quando comparado aos ínstaes iniciais.

Considerando o tempo de desenvolvimento do *A. aegypti*, o ciclo de vida desse vetor é em média de 7 a 10 dias em condições ambientais adequada, e a fase de pupa, que antecede ao estágio adulto, dura em média 2 dias. No presente estudo, constatou-se que há impacto maior para L4 e pupas, e menor para os ínstaes L1, L2 e L3, uma vez que a média do prolongamento larval para esses três ínstaes foi de 20 dias, em contrapartida de 7 e 14 dias para L4 e pupas, para as quais, no desenvolvimento em condições normais, seria de 2 a 3 dias.

Na presente pesquisa, verificou-se que em laboratório quando as pupas são submetidas a tratamento com o pyriproxyfen, esse estágio pode permanecer por até 14 dias nos recipientes, o que é cerca de 12 dias a mais do desenvolvimento normal desse estágio.

Esse achado pode ser explicado pelo fato do pyriproxyfen agir principalmente durante a transformação larva/pupa interferindo na emergência de adultos (BRASIL/MS, 2014; DZIECIOLOWSKA et al., 2017; MENN, 2012; MULLA, 1995; PESSOA, 2018). Essas informações corroboram com os resultados encontrados no presente estudo, pois obteve-se prolongamento maior para as fases finais do desenvolvimento do vetor.

O pyriproxyfen imita o hormônio juvenil inibindo o desenvolvimento de características adultas como asas, genitália externa, maturação dos órgãos reprodutivos mantendo assim as características imaturas (WILLIAMS, 1967; MANSUR et al. 2010).

Por tanto o hormônio juvenil está presente durante o desenvolvimento larval quando sua produção é interrompida no final do quarto ínstar quando o pyriproxyfen atua, assim prolongando o tempo que o vetor se mantém na forma imatura (BRASIL/MS, 2014) como foi observado neste estudo.

Levando em consideração o efeito do inseticida, este não provoca a mortalidade imediata das larvas, o que acontece geralmente no estágio de pupa ou durante a emergência do adulto, ou seja, age no desequilíbrio hormonal durante a muda, mimetizando o hormônio juvenil que promove a inibição a ação da ecdise (MULLA, 1995; MENN, 2012).

No presente estudo, os testes em condição de semi-campo, também constatou-se a elevada efetividade do inseticida, pois do total de larvas de terceiro ínstar tratados com o pyriproxyfen, obteve-se taxa de emergência de adultos foi somente de 2,5%, o que corresponde a um efeito inibitório de emergência de adultos de 97,5%.

Estudo realizado em Macaé/RJ em condição de campo mostrou também que as larvas tratadas com pyriproxyfen atingem o estágio de pupa, entretanto para este estudo, não registrou-se emergência de adultos, com valores de IE 100% (ALVARENGA, 2017). Diferente do que foi observado em Arapicara/AL que compara o efeito de diferentes larvicidas, em exposição ao sol e a sombra, para o qual verificou-se o percentual de inibição de emergência obtido do pyriproxyfen em torno de 80% e 90%, após cinco semanas de tratamento (AMORIM et al., 2019). Porém um estudo realizado na Austrália obteve IE% de aproximadamente 50% na primeira semana de experimento, quando utilizado concentração de 0,1mg/L do inseticida, enquanto nas doses 10 e 100mg/L a taxa de IE% foi de 90% em oito e 40 semanas respectivamente (RITCHIE et al. 2013).

Um estudo realizado na cidade de Itabuna, Bahia com três larvicidas também em condição de semi-campo, constatou efeito inibitório de 75,4% na emergência de adultos após 60 dias de aplicação do inseticida, pyriproxifen. Por outro lado, não foi observado diferença

estatística ($p=0,412$) entre os tratamentos com spinosad e novaluron, os quais apresentaram maior percentual de mortalidade na fase larval, em contrapartida, para o pyriproxifen a mortalidade foi maior na fase pupal, com índice de 95,1% (FONSECA et al., 2019).

Em relação ao tempo de duração de L3 tratados com inseticidas, até a completa mortalidade dos indivíduos, verificou-se um tempo médio de oito dias. Resultados diferentes foram obtidos por Alvarenga (2017), os quais verificaram que os imaturos expostas ao inseticida, morreram após quinze dias de tratamento.

Em um estudo realizado no Distrito Federal a eficácia do larvicida na inibição de adultos foi de 100% após quatro dias de tratamento na concentração com 0,01 ppm considerando larvas de terceiro instar, e maior nível de mortalidade no estágio de pupa, com redução do efeito residual a partir do 30^a dia de experimento (MOREIRA, 2018). Diferente do que ocorreu na Venezuela, em um estudo que utilizou diferentes doses de pyriproxifen durante 90 dias, para o qual a inibição se manteve em 100% durante todo o experimento, para os testes com as concentrações entre 0,03 e 0,05 ppm por 45 dias, enquanto na dose de 0,01 a inibição variou em torno de 93,7% por um período de 14 dias (OCHIPINTI, 2014).

Ainda com relação aos testes em semi-campo um ponto importante a ser considerado durante a realização do experimento é mortalidade total das larvas tanto nos recipientes tratados com inseticida como nos grupos controle, tendo como hipótese o fator temperatura e exposição solar que interferem na eficácia do larvicida (GRECH et al. 2015; MARCOMBE et al., 2011; ZELLER; KOELLA, 2016). No presente estudo, nos primeiros experimentos, dados não mostrados aqui, houve mortalidade de 100% das larvas em semi-campo, o que pode ser devido as elevadas temperaturas registradas para a região nos meses seco, com máxima de 40° graus.

Contudo, vale ressaltar que os dados de semi-campo demonstrado no presente trabalho, descartam-se a variação de fatores ambientais, uma vez que, os experimentos foram realizados em locais protegidos das radiações solares e dos índices pluviométricos.

Os dados da presente pesquisa, mostra a eficácia do produto nas nossas condições, diferente dos dados encontrado por NAYAR et al. (2002) na Flórida, Estados Unidos, os quais demonstra que o pyriproxifen induziu em laboratório 52,7-100% de inibição, e em condição de campo, de 52,7-100% e 93-100% de inibição de emergência nas concentrações 0,02 e 0,05 ppm respectivamente.

Considerando o percentual de mortalidade de 95,6% e 97,5% nos testes de laboratório e semi-campo respectivamente, por meio desses resultados consta-se que o larvicida testado é

eficaz contra as formas imaturas de *A. aegypti*, pois os indivíduos tratados permaneceram na forma imatura até a mortalidade que ocorreu tanto na fase de larva, geralmente L4, como de pupa, onde este último caso apresentou-se com maior frequência.

Sabe-se que se as pupas sobreviverem, estas se desenvolvem em adultos, então, a viabilidade da utilização do inseticida nos programas de controle de vetores é afetada, pois são os adultos que transmitem os agentes etiológicos aos seres humanos (FARNESI et al., 2012; HUSTEDT et al., 2017; MULLA, 1995). Esses achados evidenciam a boa efetividade do pyriproxyfen no controle de larvas de diferentes ínstares do vetor.

6. CONCLUSÃO

- ✓ O pyriproxyfen é eficaz contra todos os ínstares larvais e pupas em condição de laboratório, inibindo a emergência de adultos quando utilizados para controle de todas as fases de desenvolvimento do vetor.
- ✓ O pyriproxyfen aplicado nas formas imatura de *A. aegypti* em laboratório é eficaz na inibição de emergência de adultos com índices de IE% variando entre 98,33% a 100%.
- ✓ O pyriproxyfen nas condições de semi-campo apresenta efeito inibitório das formas imaturas de *A. aegypti* de 97,5% demonstrando eficiência como alternativa de controle.
- ✓ O estudo realizado em Codó utilizando pyriproxyfen no controle das formas imaturas de *A. aegypti* mostra-se eficaz na inibição de emergência de adultos, prolongando o estágio imaturo do vetor na dosagem recomendada pela OMS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, Q. S.; BAUZER, L. G. S. R. et al. Evolution of the Persistence of Three Larvicides Used to Control *Aedes aegypti* In Arapiraca, Northeastern Brazil. **Jornal of the American Mosquito Control Association**, v. 35, n. 3, p. 192-199, 2019.
- ANDREGHETTI, M. T. M. et al. Effect of of pyriproxyfen in *Aedes aegypti* populations with different levels of susceptibility to the organophosphate temephos, 2008.
- BERTI, J. et al. Regulador de eficácia e efetividade residual crescimento pyriproxyfen sobre larvas de de *Aedes aegypti* (Diptera:Culicidae) em condições de laboratório, **Boletim Malariology e Saúde Ambiental**, v 53, n.1, 2013.
- BUENO, Flávia Thedim Costa et al. Zika e *Aedes aegypti*: antigos e novos desafios. **Hist. cienc. saude-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 4, p. 1161-1180, Oct. 2017
- BRAGA, Ima Aparecida; VALLE, Denise. *Aedes aegypti*: vigilância, monitoramento da resistência e alternativas de controle no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 16, n. 4, p. 295-302, 2007.
- BRAGA, Ima Aparecida; VALLE, Denise. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. **Epidemiologia e serviços de saúde**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 113-118, 2007a.
- BRAGA, Ima Aparecida et al. *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. **Epidemiologia e serviços de saúde**, Brasília, v. 16, n.4, p. 279-293, 2007b.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Recomendações da Secretaria de Vigilância em Saúde sobre o uso de larvicidas**, 2014. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/leia-mais-o-ministerio/632-secretaria-svs/vigilancia-de-a-a-z/controle-de-vetores-inseticidas-e-larvicidas/11387-larvicidas>. Acesso em: 29/09/2019.
- BRASIL/MS. Ministério da Saúde **Orientações técnicas para utilização do larvicida pyriproxyfen (0,5 G) no controle de *Aedes aegypti***. Brasília-DF, 2014. Disponível em: <http://portalms.saude.gov.br/o-ministro/926-saude-de-a-a-z/controle-de-vetores-inseticidas-e-larvicidas/13059-orientacoes-tecnica-para-utilizacao-do-larvicida-pyriproxyfen-0-5-g-no-controle-de-aedes-aegypti>. Acesso em: 20/12/2019.
- CONSOLI, R. G. B. A.; OLIVEIRA R. L. **Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1994.
- COSTA, Zouraide Guerra Antunes et al. Evolução histórica da vigilância epidemiológica e do controle da febre amarela no Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 2, n. 1, p. 11-26, 2011.
- DIAS, L. S. **Avaliação da Persistência e Efeito do Spinosad no Desenvolvimento e Reprodução de Populações Brasileiras de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Resistentes aos Inseticidas Temephos e Deltametrina**. 2015. 127 f. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Medicina Tropical) - Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.

DIVE/SUV/SES/SC. Diretoria de Vigilância Epidemiológica/Superintendência de Vigilância em Saúde/Secretaria de Estado da Saúde/Governo de Santa Catarina. **ORIENTAÇÃO TÉCNICA: Orientações para uso do larvicida Pyriproxyfen 0,5G no Programa de Controle da Dengue em Santa Catarina.** Florianópolis, 14 de Novembro de 2014.

DZIECIOLOWSKA, S. et al. The larvicide pyriproxyfen blamed during the Zika vírus outbreak does not cause microcephaly in zebrafish embryos. **Scientific reports**, v. 7, p. 40067, 2017.

EDER, Marcus et al. Scoping review on vector-borne diseases in urban areas: transmission dynamics, vectorial capacity and co-infection. **Infectious diseases of poverty**, v. 7, n. 1, p. 90, 2018.

FARNESI, L. C. et al. Physiological and morphological aspects of *Aedes aegypti* developing larvae: effects of the chitin synthesis inhibitor Novaluron. **Plos One**, v. 7: n. 1, p. e30363, 2012.

FAY, R. W. et al. A preferred oviposition site as a surveillance method for *Aedes aegypti*. **Mosq news**, v. 26, n. 4, p. 531-5, 1966.

FONSECA, E. O. L. et al. Estudo experimental sobre a ação de larvicidas em populações de *Aedes aegypti* do município de Itabuna, Bahia, em condições simuladas de campo. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 28, p. e2017316, 2019.

FORATTINI, O. P. Culicidologia médica: Identificação, biologia. **Epidemiologia. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo**, v. 2, p. 864, 2002.

FRANCO, O. Reinfestação do Pará por *Aedes aegypti*. Ver. Bras. Malariol. Doenças Trop. 1969; 21 (4): 729-31. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/0110historia_febre.pdf. Acesso em 01/04/2019.

GARCIA, Klauss Kleydmann Sabino. Potenciais estratégias para o controle de populações de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) no Brasil. 2017.

GOBBO, Silvia Regina. Uso do DDT: um perigo eminente para a saúde humana, 2016. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/atuacaotematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/artigos-cientificos>. Acesso em 14/04/2019.

GRECH, M. G. et al. Effect of temperature on life history traits during immature of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera:Culicidae) from Córdoba city, Argentina. **Acta Tropica**, v. 146, p. 1-6, 2015.

HAMID, P. H., et al. *Aedes aegypti* resistance development to commonly used insecticides in Jakarta, Indonesia. **Plos One**, v. 12, n. 12, p. e0189680, 2017.

HARBACH, R. E. Mosquito Taxonomic Inventory. 2019. Disponível em: <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/>. Acesso em 25/ 03/ 2019.

HALLMAN, A., BOND, C., BUHL, K., STONE, D., 2015. Pyriproxyfen General Fact Sheet [WWW Document]. Natl. Pestic. Inf. Center, Oregon State Univ. Ext. Serv. Disponível em <http://npic.orst.edu/factsheets/pyriprogen.html>. Acesso em 03/01/2020.

HUSTEDT, John et al. Determining the efficacy of guppies and pyriproxyfen (Sumilarv® 2MR) combined with community engagement on dengue vectors in Cambodia: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2017;18(1):367.

IBGE. **Censo Demográfico e Populacional**. Município de Codó- MA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/codo/panorama>. Acesso em: 24/07/2019.

IBGE. **Síntese dos Indicadores Sociais**. Estado do Maranhão.2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/pesquisa/45/62590>. Acesso 24/07/2019.

JULIANO, Steven A. et al. She's a femme fatale: low-density larval development produces good disease vectors. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 109, n. 8, p. 1070-1077, 2014.

KURI-MORALES, P. A. et al. Insecticide susceptibility status in Mexican populations of *Stegomyia aegypti* (= *Aedes aegypti*): a nationwide assessment. **Medical and veterinary entomology**, v. 32, n. 2, p. 162-174, 2017.

MAOZ, Dorit et al. Community effectiveness of pyriproxyfen as a dengue vector control method: A systematic review. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 11, n. 7, p. e0005651, 2017.

MARCOMBE, S. et al. Field efficacy of new larvicide products for control of multi-resistant *Aedes aegypti* populations in Martinique (French West Indies). **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 84, n. 1, p. 118-126, 2011.

MANSUR, J. F.; FIGUEIRA-MANSUR, J.; SANTOS, A. S.; SANTOS-JUNIOR, H.; RAMOS, I. B.; DE MEDEIROS, M. N.; VASCONCELLOS, A. M. H. The effect of lufenuron, a chitin synthesis inhibitor, on oogenesis of *Rhodnius prolixus*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 98, n. 1, p. 59-67, 2010.

MELO, J. A.; MORAIS, J. O. et al. Alterações morfológicas em *Aedes aegypti* da cidade de Patos-PB ocasionadas pelo uso do regulador de crescimento de inseto pyriproxyfen. *Jornal of Medicine and Health Promotion, Patos*, v. 2, n. 3, p. 676-680, 2017.

MENN, J. (Ed.) **Insect juvenile hormones: chemistry and action**. Elsevier, 2012.

MORAIS, J. O.; RIBEIRO, S. A.; monteiro, S. A.; rodrigues, F. A. F.; MORAIS, A. M. B. Avaliação do regulador de crescimento de insetos pyriproxyfen em populações de *Aedes aegypti* (díptera: culicidae). **Temas em saúde**. v.17, n.1, 2017.

MOREIRA, M. M. Avaliação de suscetibilidade de populações de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) do Distrito Federal à inseticidas e seu controle de qualidade químico. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

MOURA, L. **Programas de controle de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): análise do efeito da temperatura ambiente sobre a eficiência do larvicida pyriproxyfen em laboratório**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

MOYES, Catherine L. et al. Contemporary status of insecticide resistance in the major *Aedes* vectors of arboviruses infecting humans. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 11, n. 7, p. e0005625, 2017.

MULLA, M. S. DARWAZEH H. A. New insect growth regulators against flood and stagnant water mosquitoes-effects on non-target organisms. **Mosquitoes News**, New York, v. 2, p 33-35, 1979.

MULLA, M. S. The future of insect growth regulators in vector control. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 11, n. 2, p. 269-273, 1995.

NAYAR, J. K.; ALI, A.; ZAIM, M. Effectiveness and residual activity comparison of granular formulations of insect growth regulators pyriproxyfen and s-methoprene against Florida mosquitoes in laboratory and outdoor conditions. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 18, n. 3, p. 196-201, 2002.

OCHIPINTI, M. G. et al. Efecto del regulador de crecimiento pyriproxyfen sobre *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) de La Pedrera, Maracay, estado Aragua, Venezuela. **Boletín de Malariología y Salud Ambiental**, v. 54, n. 2, p. 208-219, 2014.

OHBA, Shin-ya et al. The effect of pyriproxyfen as a “population growth regulator” against *Aedes albopictus* under semi-field conditions. **PLoS One**, v. 8, n. 7, p. e67045, 2013.

OMS. Organização Mundial de Saúde. Diretrizes de Dengue para Diagnóstico, Prevenção, Tratamento e Controle, 2009. Disponível em: <https://www.who.int/tdr/publications/documents/dengue-diagnosis.pdf>. Acesso em 27/03/2019.

OMS. Organização Mundial da Saúde. Agrotóxicos e sua aplicação no controle de vetores e pragas de importância em saúde pública. 6. Genebra; 2006.

OCHIPINTI, G. M; BERTI, J; GUERRA, L. A; SALAZAR, M; ESCOBAR, C. Z; GÓMEZ, J. Á. Efecto del regulador de crecimiento pyriproxyfen sobre *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) de La Pedrera, Maracay, estado Aragua, Venezuela. **Boletín de Malariología y Salud Ambiental**. v. 2 p. 208-219. 2014.

Oo, S. Z. M.; THAUNG, S.; MAUNG, Y. N. M.; AYE, K. M.; AUNG, Z. Z.; THU, H. M.; MINAKAWA, N. Effectiveness of a novel long-lasting pyriproxyfen larvicide (SumiLarv® 2MR) against *Aedes* mosquitoes in schools in Yangon, Myanmar. **Parasites & vectors**, v. 11, n. 1, p. 16, 2018.

PESSOA, L. F. F. **Uso de pyriproxyfen em novas abordagens para controle de formas jovens e adultas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)**. 2018. 72 f. Dissertação (mestrado

em Biociências e Biotecnologia em Saúde). Instituto Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2018.

POWELL, Jeffrey R. Mosquitoes on the move. **Science**, v. 354, n. 6315, p. 971-972, 2016.

RESENDE, M. e GAMA, R. Persistência e eficácia do regulador de crescimento pyriproxyfen em condições de laboratório para *Aedes aegypti*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.39, n.1, p.72-75, 2006.

RICTHIE, S. A.; PATON, C. et al. Residual Treatment of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Containers Using Pyriproxyfeno Slow-Release Granules (Sumilarv 0,5G), *Journal of Medical Entomology*, v. 50, Issue 5, p. 1169-1172, 2013.

RODRÍGUEZ COTO, M. M. et al. Eficacia del pyriproxyfeno en cepas de referencia de *Aedes aegypti* susceptible y resistente a temefos. **Ver Cubana Med Trop**. Ciudad de la Habana, v. 65, n. 3, p. 339-349, 2013.

RODRIGUES, Renata et al. Seletividade de inseticidas reguladores de crescimento e botânico no parasitismo de três espécies de *Trichogramma* em ovos de *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae). **EntomoBrasilis**, v. 10, n. 1, p. 26-32, 2017.

ROZENDAAL, Jan A. **Vector control: methods for use by individuals and communities**. World Health Organization, 1997.

SIHUINCHA, Moisés et al. Potential use of pyriproxyfen for control of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Iquitos, Peru. **Journal of Medical Entomology**, v. 42, n. 4, p. 620-630, 2005.

SOARES-PINHEIRO, V. C. et al. Eggs viability of *Aedes aegypti* Linnaeus (Diptera, Culicidae) under different environmental and storage conditions in Manaus, Amazonas, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 2, p. 396-401, 2017.

TUNAZ, H.; UYGUN, N. Insect growth regulators for insect pest control. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 28, n. 6, p. 377-387, 2004.

VALLE, Denise; PIMENTA, Denise Nacif; DA CUNHA, Rivaldo Venâncio. **Dengue: teorias e práticas**. SciELO-Editora FIOCRUZ, 2015.

VALLE, Denise et al. Resistance to temephos and deltamethrin in *Aedes aegypti* from Brazil between 1985 and 2017. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 114, 2019.

VIANA-MEDEIROS, P. F. et al. Insecticide resistance, associated mechanisms and fitness aspects in two Brazilian *Stegomyia aegypti* (= *Aedes aegypti*) populations. **Medical and veterinary entomology**, v. 31, n. 4, p. 340-350, 2017.

WHO. **Chemical methods for the control of vectors and pests of public health importance**. Geneve: World Health Organization, 1996.

WHO. **Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides**. World Health Organization, 2005.

WHO. **Monitoring and managing insecticide resistance in Aedes mosquito populations**. Interim guidance for entomologists, 2016.

WHO. Report of the fourth WHOPES working group meeting. In **WHOPES working group meeting, 4th**. WHO, 2001.

WILLIAMS, C. M. Third generation pesticides. **Scientific American**, New York, v. 217, n. 1, p. 13-17, 1967.

WONG, Jacklyn et al. Oviposition site selection by the dengue vector *Aedes aegypti* and its implications for dengue control. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 5, n. 4, p. e1015, 2011.

ZARA, Ana Laura de Sene Amâncio et al. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 25, p. 391-404, 2016.

ZAVALA, Terán et al. Evaluación de temefos y pyriproxifeno en *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) de Guayaquil, Ecuador. **Revista Cubana de Medicina Tropical**, v. 66, n. 1, p. 71-83, 2014.

ZELLER, M.; KOELLA, J. C. Effects of food variability on growth and reproduction of *Aedes aegypti*. **Ecology and Evolution**, v. 6, n.2, p. 552-559, 2016.