



Universidade Estadual da Paraíba  
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação

RAFAEL AGUIAR MARINHO

ECOBIOLOGIA DE *Aedes aegypti* (L. 1762) (DIPTERA: CULICIDAE)  
ASSOCIADA A FATORES CLIMÁTICOS EM TRÊS MESORREGIÕES DA  
PARAÍBA

Campina Grande, 2013

**RAFAEL AGUIAR MARINHO**

**ECOBIOLOGIA DE *Aedes aegypti* (L. 1762) (DIPTERA: CULICIDAE)  
ASSOCIADA A FATORES CLIMÁTICOS EM TRÊS MESORREGIÕES DA  
PARAÍBA**

Dissertação de Mestrado  
apresentado ao colegiado do  
Programa de Pós-Graduação em  
Ecologia e Conservação da  
Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito para  
obtenção da titulação de Mestre.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Eduardo Barbosa Beserra  
Co-Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Carlos Antonio Costa dos Santos

Campina Grande, 2013

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

M338e      Marinho, Rafael Aguiar.  
              Ecobiologia de *Aedes aegypti* (L. 1762) (Diptera: Culicidae) associada a fatores climáticos em três mesorregiões da Paraíba. [manuscrito] / Rafael Aguiar Marinho. – 2013.  
              76 f. : il: color.

              Digitado.  
              Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, 2013.  
              “Orientação: Prof. Dr. Eduardo Barbosa Beserra, Departamento de Ciências Biológicas”.  
              “Co-Orientação: Carlos Antonio Costa dos Santos, Universidade Federal de Campina Grande”

              1. *Aedes aegypti*. 2. Oviposição. 3. Ciclo biológico. I. Título.


21. ed. CDD 576.58

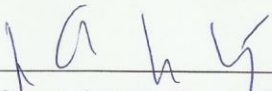
RAFAEL AGUIAR MARINHO

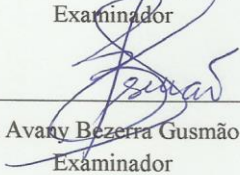
ECOBIOLOGIA DE *Aedes aegypti* (L. 1762) (DIPTERA: CULICIDAE)  
ASSOCIADA A FATORES CLIMÁTICOS EM TRÊS MESORREGIÕES DA  
PARAÍBA

Aprovada em: 14 de Maio de 2013

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Eduardo Barbosa Beserra – (Titular/UEPB)  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luiz Carlos Serrano Lopez (Titular/UFPB)  
Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Maria Avany Bezerra Gusmão (Titular/UEPB)  
Examinador

Campina Grande  
2013

## AGRADECIMENTOS

Espiritualmente, antes de qualquer coisa, agradeço profundamente à Deus e aos conselhos dos bons espíritos que sustentaram-me durante toda essa jornada de trabalhos laboriosos. Sem o vosso concurso, a caminhada seria muito mais pesada e difícil de concluir.

Agradeço ao meu avô, José Lúcio, pela ajuda necessária nos momentos que sempre necessitei. Obrigado por tudo.

Agradeço a minha esposa Luciana, por ter permanecido ao meu lado e me ajudado, para que eu pudesse ter as condições necessárias para escrever a dissertação. Te amo.

Agradeço a orientação do Professor Eduardo Beserra por todo o seu conhecimento transmitido, paciência e compreensão frente às minhas limitações. Agradeço também pelo apoio necessário em relação à Bolsa Capes, por entender que eu tinha o direito legítimo à ela.

Agradeço ao meu Co-orientador Professor Carlos Antônio, da Universidade Federal de Campina Grande, que me forneceu os subsídios necessários na área da Meteorologia. Obrigado pela receptividade e gentileza.

Agradeço ao Professor Ricardo Olinda, do Departamento de Estatística da UEPB, pelo apoio e suporte nas análises estatísticas e as boas conversas.

À Professora Maria Avany, pelos conselhos dados durante o curso.

Agradeço a Renata, Técnica do Laboratório de Entomologia, pelo auxílio necessário e os bons momentos.

Agradeço a Bárbara, Daniele e Gledson, alunos da graduação de Biologia, pelos bons momentos e também pelo auxílio necessário e ajuda nas viagens, quando sempre precisei.

Agradeço a minha simpática “assistente” Valbia, que esteve sempre pronta para me ajudar, dividindo comigo as atividades dentro do laboratório e viagens.

Agradeço ao pessoal da Secretária de Saúde de Patos, que forneceu o apoio humano e material para realização das primeiras coletas.

Agradeço aos motoristas da UEPB, Jaça, Nino, Antônio, Assis e demais motoristas, pelo apoio nas viagens nos três municípios e pelos bons momentos de descontração.

Enfim, agradeço à todos aqueles que indiretamente contribuíram com a conclusão deste importante trabalho.

Muito obrigado!

*Dedico às codorninhas. Suas contribuições ao presente trabalho me fizeram constatar que a minha importância nunca será maior do que o seu sangue fornecido.*

## SUMÁRIO

### Parte 1

<b>RESUMO GERAL</b> .....	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1 Objetivo geral.....	12
2.2 Objetivos específicos .....	12
<b>3 PERGUNTAS CONDUTORAS/PROBLEMATIZAÇÃO</b> .....	<b>13</b>
3. 1 Hipóteses científicas .....	13
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL</b> .....	<b>14</b>
4.1 Aspectos da Ecobiologia de <i>Aedes (Stegomyia) aegypti</i> .....	14
4.1.1 Dispersão .....	17
4.1.3 Utilização de Armadilhas para Oviposição (Ovitrapas) .....	21

### Parte 2

Capítulo 1 - Efeito dos fatores climáticos no comportamento da oviposição, distribuição espacial de populações de <i>Aedes Aegypti</i> (LINNEU, 1762) em três mesorregiões Paraibanas .....	22
Resumo .....	23
Abstract .....	24
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
2.1 Área de estudo .....	27
2.2 Atividade de oviposição de <i>Aedes aegypti</i> .....	28
<b>3 RESULTADOS</b> .....	<b>30</b>
3.1 Índices entomológicos e oviposição .....	30
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
Capítulo 2 - Efeito da temperatura no ciclo de vida, exigências térmicas e número de gerações anuais de <i>Aedes aegypti</i> (LINNEU, 1762) provenientes de três mesorregiões da Paraíba, Brasil.....	41
Resumo .....	42
Abstract .....	43
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>44</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>46</b>
2.1 Área de estudo .....	46
2.2 Técnica de manutenção de <i>Aedes aegypti</i> em laboratório .....	47
2.3 Identificação das espécies de <i>Aedes</i> ssp .....	47

2.4 Tendências climáticas com base na temperatura para o desenvolvimento de <i>Aedes aegypti</i> .....	47
2.5 Exigências térmicas para a biologia do desenvolvimento de <i>Aedes aegypti</i> .....	48
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
3.1 Tendências de temperatura máxima e mínima .....	51
3.2 Ciclo de vida aquático de <i>Aedes aegypti</i> em seis temperaturas constantes. ....	53
3.3 Longevidade de adultos e número de ovos por fêmea de <i>Aedes aegypti</i> .....	56
3.4 Necessidades térmicas para o desenvolvimento e estimativa do número de gerações anuais de <i>Aedes aegypti</i> . ....	58
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>62</b>
4.1 Tendências Climáticas .....	62
4.2 Efeito da Temperatura no Ciclo de Vida de <i>Aedes aegypti</i> .....	63
4.3 Longevidade dos adultos e número de ovos por fêmea .....	65
4.4 Exigências térmicas e número de gerações anuais .....	66
<b>5 CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>68</b>
<b>6 REFERENCIAS.....</b>	<b>70</b>



## RESUMO GERAL

O *Aedes (Stegomyia) aegypti* é considerado o vetor mais importante na transmissão de arboviroses pelo mundo. Objetivou-se compreender como os fatores climáticos (temperatura, precipitação e umidade relativa) influenciam os padrões de oviposição, distribuição e desenvolvimento das populações de *A. aegypti* em campo e em laboratório. Foram realizadas 12 coletas mensais nos municípios de Campina Grande, João Pessoa e Patos, em bairros de maior incidência do vetor. Os ovos coletados utilizando-se ovitraps foram trazidos para o laboratório, quantificados, estabelecidas as colônias e identificada à espécie com base nos caracteres larvais. As tendências climáticas para as três regiões de estudo foram estimadas, e a partir destas definidas as temperaturas de 16, 22, 28, 33, 36 e 39 °C, para os estudos biológicos e de exigências térmicas do vetor. Um total de 27.888 ovos de *Aedes aegypti* foram retirados dos três bairros selecionados. Os resultados indicaram que o município de Patos, apresentou interação significativa entre o IDO e a precipitação ( $r = 0,83287$ ;  $p = 0,0008$ ) e umidade relativa ( $r = 0,60140$ ;  $p = 0,0386$ ) enquanto João Pessoa apresentou correlação positiva ( $r = 0,66900$ ;  $p = 0,0174$ ) entre o IDO e o IPO. As Tendências de aumento de temperatura máxima foram de 0,073 °C/ano, 0,044 °C/ano e 0,061 °C/ano para os municípios de João Pessoa, Campina Grande e Patos, respectivamente. A temperatura influenciou o ciclo de vida do vetor. O período de incubação dos ovos das populações de *A. aegypti* variou de 13,46 dias à 16 °C para a população de Campina Grande a 2,59 dias à 36 °C para *A. aegypti* de Patos. Considerando as médias gerais, a duração do desenvolvimento para as fases de larva, pupa e ovo à emergência do adulto teve os menores períodos observados para a população de João Pessoa. O menor número de ovos/fêmea (1,46 ovos/fêmea) foi registrado à 16 °C para amostras de Patos, enquanto o maior (262,3 ovos/fêmea) foi registrado à 28°C para fêmeas oriundas de João Pessoa. O número de gerações anuais foram de 23,6 à 25,9 °C, 24,7 à 27 °C e 28,0 à 30 °C para os municípios de Campina Grande, João Pessoa e Patos, respectivamente. As constantes térmicas obtidas para as fases de ovo, larva e pupa foram de 74,6; 139,8; 38,2 graus-dia para as populações de *A. aegypti* de Campina Grande; 90,9; 140,8; 49,8 para as populações de João Pessoa e 73,3; 156,9; 35,4 para Patos. Com base no tempo de desenvolvimento e necessidades térmicas das fases de ovo, larva e pupa e na fecundidade dos adultos, constatou-se que a temperatura favorável ao vetor encontra-se entre 22 °C e 36 °C.

**PALAVRAS CHAVES:** *Aedes aegypti*, temperatura, desenvolvimento, tendências climáticas, oviposição

## ABSTRACT

The *Aedes (Stegomyia) aegypti* is considered the most important vector in the transmission of arboviruses worldwide. This study aimed to understand how climatic factors (temperature, precipitation and relative humidity) influence oviposition patterns, distribution and development of populations of *Aedes aegypti* in the field and in the laboratory. Monthly collections were performed in 12 cities of Campina Grande, João Pessoa and Patos in neighborhoods with the highest incidence vector. The eggs collected were brought to the laboratory, quantified, established colonies and identified to species based on larval characters. Climate trends for the three study areas were estimated, and from these set temperatures of 16, 22, 28, 33, 36 and 39 ° C, for biological studies and thermal requirements of the vector. A total of 27,888 *Aedes aegypti* eggs were removed from the three selected neighborhoods. The results indicated that the city of Patos, showed significant interaction between IDO and rainfall ( $r = 0.83287$ ,  $p = 0.0008$ ) and relative humidity ( $r = 0.60140$ ,  $p = 0.0386$ ) and João Pessoa presented positive correlation ( $r = 0.66900$ ,  $p = 0.0174$ ) between the IDO and the IPO. Tendencies of increasing maximum temperature were 0.073 ° C / year, 0.044 ° C / year and 0.061 ° C / year for João Pessoa, Campina Grande and Patos, respectively. The temperature influenced the life cycle of the vector. The incubation period of eggs populations of *A. aegypti* ranged from 13.46 days at 16 ° C for the population of Campina Grande to 2.59 days at 36 ° C to *A. aegypti* Patos. Considering the general average, the duration of development for the larval, pupal and egg to adult emergence was observed for the shorter periods the population of João Pessoa. The lowest number of eggs / female (1.46 eggs / female) was recorded at 16 ° C for samples of Patos, while the highest (262.3 eggs / female) was recorded at 28 ° C for females whose João Pessoa. The number of generations per year were 23.6 to 25.9 ° C, 24.7 at 27 ° C and 28.0 ° C for the 30 municipalities of Campina Grande, João Pessoa and Patos, respectively. Thermal constants obtained for the phases of egg, larval and pupal stages were 74.6, 139.8, 38.2 degree-days for the populations of *A. aegypti* Campina Grande; 90.9; 140.8, 49.8 for the population of John Person and 73.3, 156.9, 35.4 for Patos. Based on the development time and thermal requirements of the egg, larva and pupa and fecundity, it was found that the temperature favorable to the vector is between 22 ° C and 36 ° C.

**KEYWORDS:** *Aedes aegypti*, temperature, development, climate tendencies, ovipositio

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Estima-se que no mundo já foram descritas mais de 3600 espécies de mosquitos pertencentes à família Culicidae (Diptera: Nematocera), com distribuição abundante nas regiões tropicais e subtropicais do planeta, excetuando as regiões frias permanentemente congeladas, onde há incompatibilidade com as exigências térmicas necessárias para completar o seu ciclo de vida (FORATTINI, 2002; WARD, 1972).

Os culicídeos são insetos que medem cerca de 3 a 6 mm de comprimento, apresentando desenvolvimento indireto com a fase larval perpassando quatro estágios antes de transformar-se em pupa e adulto. As fêmeas realizam repasto sanguíneo nos hospedeiros enquanto os machos forrageiam líquidos de origem vegetal. A etiologia das doenças veiculadas a estes organismos remetem-se, portanto, à hematofagia das fêmeas de modo que seus movimentos são essencialmente feitos para procurar comida, abrigo, oportunidades de acasalamento e locais para oviposição (FORATTINI, 2002).

O *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L. 1762) (Diptera: Culicidae) popularmente conhecido como “mosquito da dengue” é considerado o vetor mais importante na transmissão da febre amarela e dos quatro sorotipos do vírus do dengue (FORATTINI, 2002; FONSECA; FIGUEIREDO, 2006). Devido a apresentar um comportamento sinantrópico e antropofílico, é reconhecida como a espécie mais associada aos humanos (NATAL, 2002).

No Estado da Paraíba, de acordo com o informativo Dengue/2010 foram notificados 7.551 casos e confirmados 5.541, um incremento de 541,3% em relação ao mesmo período de 2009 (4.677 casos confirmados a mais) colocando a Paraíba no novo mapa de risco do país dentre os 16 estados com Risco Muito Alto para a ocorrência de epidemia por dengue em 2011 (SECRETARIA DE SAUDE DA PARAIBA-INFORMATIVO, 2011). Já para o ano de 2012 no estado da Paraíba, registrou-se um total de 11.502 casos notificados para dengue, onde se configura como uma redução de 29,84% se comparado ao período de 2011 com 16.396 notificações (SECRETARIA DE SAUDE DA PARAIBA-BOLETIM EPIDEMIOLOGICO, 2013).

A presença do vetor no meio urbano deve-se, entre outros fatores, às características climáticas das regiões de ocorrência onde estariam influenciando o ciclo de vida e consequentemente, promovendo sua persistência. Há na literatura um entendimento crescente de que a temperatura, precipitação e umidade estariam associadas à todas as fases de desenvolvimento do vetor, influenciando o período embrionário e viabilidade dos ovos, eclosão e desenvolvimento larval, tempo de vida dos adultos e causando consequentemente,

interferências na distribuição, dispersão e explosões populacionais. (BESERRA et al., 2006; HONORIO et al., 2003; LUZ et al., 2008; MACIEL et al., 2007).

De acordo com Glasser e Gomes (2002) a temperatura seria um fator determinante no ciclo de vida de *A. aegypti* tornando-se um fator limitante quando alcançasse extremos altos e baixos com relação à exigência térmica. Beserra et al., (2009) estudando as exigências térmicas para o desenvolvimento desse inseto em quatro regiões bioclimáticas da Paraíba constatou interações significativas entre população e temperatura com base no tempo de desenvolvimento e viabilidade das fases de ovo, larva e pupa bem como na fecundidade dos adultos, verificando que a temperatura favorável ao vetor encontra-se acima dos 22°C e abaixo dos 32°C, portanto dentro da faixa de temperatura das suas regiões de ocorrências.

Neste sentido, modelos preditivos de explosões populacionais de organismos podem ser úteis na medida em que estabelecem padrões de comportamento das populações em seus nichos ecológicos. Os modelos preditivos para a transmissão do dengue destacam a importância da temperatura, precipitação e umidade relativa do ar sobre a distribuição do *A. aegypti* e na ocorrência de surtos da doença, sendo a precipitação, por exemplo, um dos fatores climáticos cruciais para esses modelos (KOOPMAN et al., 1991). Estudos que relacionam a precipitação já foram realizados demonstrando-se uma maior incidência de dengue na estação chuvosa e nas altas temperaturas, quando aumentam a longevidade do vetor e a possibilidade de transmissão (FOO;LEE;FANG, 1985; RIBEIRO et al., 2006; WATTS et al., 1987)

Considerando a necessidade de pesquisas que possibilitem um melhor entendimento da relação vetor-efeitos climáticos, esta pesquisa objetivou compreender como a temperatura influencia, em laboratório, o desenvolvimento das populações de *A. aegypti*, bem como verificou possíveis interferências nos padrões de distribuição da espécie, em campo, em relação às normais climatológicas de cada região estudada.

O Estudo foi estruturado em dois capítulos: O Capítulo I tratou de identificar padrões na distribuição do vetor em campo, cujos objetivos foram analisar a distribuição espacial e índices entomológicos correlacionados à variáveis climáticas (temperatura, umidade e precipitação). Em seguida, no capítulo II foram avaliados e definidos os parâmetros biológicos de *A. aegypti* em função da temperatura. Objetivou-se obter respostas biológicas com relação ao desenvolvimento das populações oriundas de mesorregiões diferentes do estado da Paraíba.

## OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Compreender como os fatores climáticos (temperatura, precipitação e umidade relativa) influenciam os padrões de oviposição, distribuição e desenvolvimento das populações de *Aedes aegypti* oriundas de mesorregiões diferentes no estado da Paraíba.

### 2.2 Objetivos específicos

1. Correlacionar as variáveis climáticas com a atividade de oviposição do vetor nas regiões de ocorrência estimando os índices entomológicos para determinar sua distribuição espacial
2. Identificar dois padrões de oviposição de *Aedes aegypti* com relação às variáveis climáticas
3. Identificar possíveis tendências climáticas favoráveis à ocorrência de *A. aegypti*, através da análise de série temporal das normais climatológicas das regiões de ocorrência.
4. Avaliar, em condições de laboratório, a influência da temperatura sobre o ciclo de vida das populações de *A. aegypti*.
5. Determinar as exigências térmicas para o desenvolvimento de *A. aegypti*.
6. Estimar, com base nas normais térmicas das regiões de estudo e nas exigências térmicas para o desenvolvimento, o número de gerações anuais e a época favorável a ocorrência de *A. aegypti*.

### 3 PERGUNTAS CONDUTORAS/PROBLEMATIZAÇÃO

• **Problema:** *Aedes aegypti*, considerado importante vetor do vírus da dengue, apresenta alta incidência e persistência em meio urbano, não obstante a variabilidade climática de cada região e as frequentes ações de combate para sua eliminação, pergunta-se então:

- 1) As populações de *Aedes aegypti* podem sobreviver à mudanças climáticas que interfiram nas temperaturas máximas e mínimas das áreas de sua distribuição ?
- 2) As populações de *Aedes aegypti* oriundas de mesorregiões diferentes, apresentarão padrões de desenvolvimento distintos à temperaturas constantes ?
- 3) Com base em uma série temporal das normais climatológicas e tendências climáticas de cada região de estudo será possível determinar condições favoráveis para o ciclo de vida de *Aedes aegypti* ?
- 4) Alterações na temperatura forçam *Aedes aegypti* a alterar suas exigências térmicas ?
- 5) Os fatores climáticos (temperatura, umidade e pluviosidade) modulam a persistência e distribuição de *Aedes aegypti* nas regiões foco de ocorrência?

#### 3. 1 Hipóteses estatísticas e científicas

**Hipótese nula estatística ( $H_0$ )** – As médias dos padrões de oviposição, distribuição e desenvolvimento do ciclo de vida de *Aedes aegypti* em três mesorregiões paraibanas (Brejo, Agreste e Litoral) é resultado da variação aleatória não diferindo entre si.

**Hipótese Alternativa estatística\*** – As médias dos padrões de oviposição, distribuição e desenvolvimento do ciclo de vida de *Aedes aegypti* nas mesorregiões paraibanas, diferem entre si, não resultando de uma variação aleatória.

**1) Hipótese Alternativa científica 1 ( $H^1$ )** O padrão de distribuição e desenvolvimento do ciclo de vida de *Aedes aegypti* em 3 mesorregiões paraibanas (Brejo, Agreste e Litoral) sofre influência da variação dos fatores extrínsecos (temperatura, umidade e precipitação)

**2) Hipótese Alternativa científica 2 ( $H^2$ )** As necessidades térmicas de *Aedes aegypti* estão sofrendo influencia das mudanças climáticas, forçando o vetor a adaptar-se à condições adversas

\*A hipótese alternativa estatística baseia-se tão somente nos padrões dos dados analisados, diferenciando-se da hipótese científica por não ser necessário a inferência científica.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

### 4.1 Aspectos da Ecobiologia de *Aedes (Stegomyia) aegypti*

A família Culicidae abrange cerca de 3.600 espécies de mosquitos pertencentes a 41 gêneros, alguns com importância epidemiológica e médica, como os gêneros *Anopheles*, *Culex* e *Aedes* (FORATTINI, 2002; WARD, 1992). Especificamente no caso do gênero *Aedes* estão representadas aproximadamente 900 espécies distribuídas em 44 subgêneros, sendo um dos mais importantes o *Stegomyia* (FORATTINI, 2002).

O ciclo de vida da espécie não é longo, com faixa de 15 a 30 dias, nos trópicos (BESERRA et al., 2006) compreendendo as fases de ovo, quatro instares larvais (L1, L2, L3 e L4), pupa e adulto, caracterizando a holometabolía. As fêmeas, preferencialmente, realizam repasto sanguíneo na espécie humana, caracterizando relação antropofílica (NATAL, 2002). A atividade hematofágica é do tipo bimodal, período matutino e vespertino, onde o inseto apresenta intensa atividade de picar, e após maturação dos ovários e fecundação as fêmeas procuram locais adequados para a oviposição, geralmente sombreados, com acúmulo de água e não muito rica em matéria orgânica. Entretanto, há registros de oviposição em locais adversos, como água poluída ou com alta concentração de materiais orgânicos, situação considerada inadequada para viabilidade dos ovos e sobrevivência das larvas, sugerindo que a *A. aegypti* esteja tornando-se apto a colonizar áreas insalubres (DONALÍSIO E GLASSER, 2002; FORATTINI e BRITO, 2003; HERRERA-BASTO et al, 1992)

Evidências sugerem que a espécie *Aedes aegypti* remonta à região da Etiópia (África) (FORATTINI, 2002). É na fauna desta região que se encontra grande parte dos representantes do subgênero *Stegomyia* e onde ocorrem as espécies relacionadas àquele vetor (CROVELLO e HACKER, 1972). *A. aegypti* revela grande variabilidade genética, observando-se apreciável plasticidade gênica e grande capacidade de adaptação. Sua distribuição associada às atividades antrópicas, torna a espécie cosmopolita (ESPINDOLA, GUEDES e SOUSA, 2008).

A quantidade de ovos de *Aedes aegypti* postos por fêmea/ciclo pode variar bastante, com médias que vão de 30 até 150 ovos (ALMEIDA, 2003; BESERRA et al., 2006). Os ovos apresentam um formato elíptico com menos de 01 mm de comprimento e coloração esbranquiçada inicialmente, mas após período de tempo tornam-se pretos (FORATTINI, 2002) (Figura 1). Como ficam aderidos à superfície do substrato, sofrem as variações de

temperatura, umidade e precipitação permanecendo em estado de diapausa por meses, caso não entrem em contato com a água do substrato. (FUNASA, 2001; TAUILL, 2002).



Figura 1 – Ovos de *Aedes aegypti*. Fonte: laboratório de Entomologia UEPB. Autor: Rafael Marinho.

Após a eclosão das larvas inicia-se a maturação dos organismos jovens. Pertencente à fase essencialmente aquática, as larvas emergentes apresentam modificações em quatro estádios larvais denominados de instares L1, L2, L3 e L4 (Figura 2). As larvas são providas de grande mobilidade, podendo ser reconhecidas pelos seus movimentos sinuosos característicos de serpente, fazendo um “S” em seu deslocamento (FUNASA, 2001).

Para respirar, a larva vem à superfície, onde fica em posição quase vertical e expõe o sifão respiratório, um tubo que se encontra no segmento anal. É sensível a movimentos bruscos na água e sob feixe de luz desloca-se com rapidez, buscando refúgio no fundo do recipiente (fotofobia). As larvas possuem comportamento não seletivo para alimentos, o que facilita a ação de larvicidas por via oral (FUNASA, 2001).





Figura 2 – Larva de *Aedes aegypti* (instar L4) Fonte: Laboratório de Entomologia UEPB. Fonte: Rafael Aguiar.

A fase de pupa representa o período de transição onde ocorrem profundas transformações que levam à formação do organismo completo e à mudança do ambiente aquático pelo terrestre (Figura 3), não requerendo alimentação. O adulto que emerge após a pupa representa a fase reprodutiva do inseto. O macho se diferencia da fêmea por possuir antenas mais plumosas e palpos mais longos. *A. aegypti* é um mosquito geralmente de cor escura, aspecto vistoso com ornamentações que formam manchas prateadas (Figura 4) (FORATTINI, 2002; FUNASA, 2001).



Figura 3 - Fase de pupa de *Aedes aegypti*. Fonte: Laboratório de Entomologia UEPB. Fonte: Rafael Aguiar.

A procura por locais que possuam recipientes com água acumulada é característica do comportamento da fase adulta de *Aedes aegypti*. As áreas escolhidas para o desenvolvimento das formas jovens são habitats aquáticos naturais como ocos de árvores, folhas de bromélia, pequenas poças de água ou artificiais- garrafas, pneus velhos, tanques, bacias, latas, vasos de planta – enfim, qualquer recipiente que acumule água parada para diversos fins (FORATTINI, 2002; LOPES et al.,1993).



Figura 4 – Indivíduo adulto de *Aedes aegypti* com ênfase no desenho de Lira. Fonte: Laboratório de Entomologia UEPB. Fonte: Rafael Aguiar

#### 4.1.1 Dispersão

Há na literatura diversos estudos que abordam o alcance de vôo de *Aedes aegypti*, não se registrando, porém, uniformidade nos resultados sobre a dispersão, fato possivelmente explicado pelo comportamento mutável do mosquito frente a situações críticas ou impeditivas, concluído-se que a distância média que a espécie alcança vôo se encontra na faixa de até 100 m, significando que o mosquito tenderá a permanecer no peridomicílio (GETIS et al., 2003; ORDONEZ-GOZALES, 2001; TSUDA et al., 2001).

Contudo, para Harrington *et al.* (2005) a distância média de dispersão apresenta um maior significado epidemiológico do que a distância máxima, porque reflete o deslocamento comum às populações de *A. aegypti* em busca de sítios de oviposição ou de hospedeiros possibilitando estudos populacionais e estratégias de combate relacionados à dispersão média.

Estudos sobre a dispersão do *Aedes aegypti* desenvolvidos no Brasil que mensuraram o quanto as fêmeas podem distanciar-se, quando soltas, de um determinado ponto, encontraram a marca de até 800 m do local de liberação (HONÓRIO et al., 2006; MARCELO; OLIVERIA, 2009). Este deslocamento ativo representa um mecanismo pelo qual a fêmea do mosquito pode adquirir e disseminar agentes causadores de doenças ao homem (HONÓRIO et al., 2003). Entretanto, é a dispersão passiva de *A. aegypti* o principal meio de disseminação de ovos resistentes à dessecação que ficam aderidos a parede interna de recipientes de naturezas diversas com capacidade de acumular água (FORATTINI, 2002).

Para Medeiros et al. (2011), a variação do deslocamento do mosquito pode ser explicada pela heterogeneidade na disponibilidade de criadouros, oportunidades de repasto sanguíneo e variações climáticas. Segundo estes mesmos autores, os fatores sugerem que a causa real da disseminação do vírus do dengue sejam a movimentação contínua das pessoas infectadas do que necessariamente a atividade das fêmeas. Concomitantemente, um alto crescimento populacional humano aliado à uma má organização urbana com produção excessiva de resíduos sólidos contribuem para a proliferação de locais de oviposição e persistência deste vetor, afirmam aqueles autores.

#### **4.1.2 Influências da Temperatura, Umidade e Precipitação pluviométrica sobre insetos vetores**

Os insetos, em geral, apresentam padrões comportamentais conforme intensas sejam as variações dos fatores climáticos nas regiões de sua ocorrência. Os padrões de reprodução, alimentação e defesa podem apresentar variações de acordo com as altas ou baixas temperaturas, precipitações e umidades relativas (EPSTEIN, 2001; FARNESI et al., 2009; GLASSER e GOMES, 2002; SILVEIRA-NETO *et al.*, 1976;).

Os efeitos da variação da temperatura sobre o ciclo de vida dos culicídeos e de que modo essa variação pode ser utilizada para se estimar os padrões populacionais destes organismos com vistas à criação de melhores estratégias de monitoramento e erradicação de vetores são abordadas em vários estudos de biologia, como o relatado por Trips e Shemanchuk (1970) ao observarem que a temperatura mais adequada para o desenvolvimento das larvas de *Aedes vexans* (MG.) era de 25 °C. A esta temperatura, 86% das larvas sobreviveram e puparam em 7 dias. À 10, 15, 20 e 30 °C, o tempo de desenvolvimento larval foi de 46, 22, 10 e 8 dias, com taxas de sobrevivência de 17, 56, 74 e 71%, respectivamente. À temperatura de 5°C, todas as larvas morreram no primeiro instar.

Beserra et al. (2009) ao estudar o ciclo de vida das populações de *A. aegypti* oriundas de municípios diferentes no estado da Paraíba, utilizando-se seis temperaturas constantes, constatou que a temperatura favorável ao desenvolvimento do vetor encontra-se entre 22 °C e 32 °C, e para a longevidade e fecundidade dos adultos entre 22 °C e 28 °C onde a velocidade de desenvolvimento da fase aquática é inversamente proporcional ao aumento da temperatura.

Já Costa et al. (1994) estudando a influência de nove temperaturas que variaram entre 5 °C e 45 °C, sobre o ciclo aquático de *Culex quinquefasciatus*, constataram que a faixa ótima para o desenvolvimento encontra-se entre 20°C e 30°C e que a fase de ovo é a menos sensível às variações de temperatura quanto à viabilidade. Calado e Navarro-Silva (2002a) relataram que a temperatura determina a intensidade da atividade hematofágica e oviposição de *Aedes albopictus* Skuse, onde as baixas temperaturas de 15 °C e 20 °C limitam o crescimento populacional do inseto.

Em relação à temperatura da água de vasilhames, pode ocorrer alteração no tempo de desenvolvimento das formas imaturas de *A. aegypti*, repercutindo no sucesso do ciclo de vida, conforme demonstra o estudo realizado por Mohammed e Chadee (2011) que ao avaliar os efeitos do aumento da temperatura da água sobre o desenvolvimento das formas imaturas de *A. aegypti*, sob condições de laboratório, em Trinidad nas Índias Ocidentais, constatou que à temperatura da água entre 24 – 25°C ocorreu 98% de eclosão de larvas após 48 h, mas que à 34–35 °C houve um declínio para 1.6% após 48 h. *A. aegypti* criados em regimes de temperatura constantes mostrou pupação no 4º dia, com a maior pupação ocorrendo em 30°C (78,4%). No entanto, sob os regimes de temperatura diurna, a pupação começou com quatro dias, mas apenas com as temperaturas mais altas de 30-35 °C.

De acordo com Santos (2008), evidências sugerem que os fatores climáticos são determinantes no ciclo de vida de populações de *A. aegypti* no meio urbano, identificando-se diferentes padrões nos trópicos e subtropicais. Por exemplo, em regiões com condições climáticas distintas, o aumento populacional do vetor ocorre principalmente no verão, durante chuvas intensas e esparsas associadas a elevadas temperaturas (GLASSER; GOMES, 2002; HALES et al., 2002, SERPA et al., 2006; VELASQUEZ; SCHWEIGMANN, 2004).

Foo et al. (1985) observaram na Malásia um intervalo de tempo de dois a três meses, entre o início da chuva forte e o surto de dengue, e que ocorrera um aumento de 120% no número de casos de dengue quando a precipitação mensal era de 300 mm ou mais. Vezzani et al. (2004) encontraram uma maior proliferação de ovos e larvas de *A. aegypti* durante períodos de intensas chuvas e altas temperaturas enquanto que Hoeck et al. (2003) mostraram que há associação entre o índice de densidade de ovos e a intensidade da chuva e Salas-

Luevano e Reyes-Villanueva (1994) descobriram que o máximo de fêmeas capturadas ocorreram durante maiores precipitações. Favier et al. (2006), estudando a relação entre clima e *A. aegypti* em uma área de Brasília, Brasil, encontraram uma associação entre índices entomológicos e a umidade relativa do ar, bem como o número de vasilhames de retenção de água e chuvas e o número médio de pupas por recipiente positivo em temperaturas médias.

O entendimento destes padrões se torna crucial para uma melhor otimização das técnicas de combate de transmissão da dengue. Precipitações, por exemplo, afetam a sobrevivência de larvas e ovos para incubação, já que ambas as fases necessitam de água para iniciarem o desenvolvimento (SLOSEK, 1986).

No entanto, o papel relativo da chuva na dinâmica da dengue também é modulado por práticas de armazenamento de água, bem como a existência de recipientes artificiais atuando como criadouros (HALSTEAD, 2008; WHO, 2009). Neste sentido, regiões com escassas precipitações podem apresentar registros de oviposição durante todo o ano, favorecendo a persistência do vetor e sua reprodução.

#### 4.1.3 Utilização de Armadilhas para Oviposição (Ovitrap)

A armadilha de oviposição (Figura.5), foi elaborada e aperfeiçoada nos Estados Unidos com a finalidade de monitorar o vetor *A. aegypti* (FAY; PERRY, 1965). Um recipiente de tamanho médio e cor preta, podendo apresentar à meia altura pequenos orifícios para evitar transbordamento da água que é colocada para atração do vetor. Em seu interior se depositam palhetas de eucatex que servirão de substrato para a oviposição do mosquito. De fácil instalação e manuseio, a armadilha geralmente recebe determinadas infusões de gramíneas que aumentarão a atratividade para as fêmeas (SANT ANA et al., 2006).



Figura 5 – Armadilhas de Oviposição. Fonte: Laboratório de Entomologia, UEPB.

A armadilha para oviposição é um instrumento eficaz para a obtenção de amostras populacionais tanto em alta como baixa densidade do vetor. Além disso, a fácil operacionalização, baixo custo, sensibilidade na detecção de flutuações temporárias e distribuição do vetor, são aspectos vantajosos para a utilização dessa armadilha nos programas de vigilância entomológica (ACIOLI, 2007).

A desvantagem do uso da ovitrampa seria o laborioso trabalho de contagem dos ovos, que podem ultrapassar facilmente o número de 800 ovos por palheta, bem como a dificuldade de correlacionar a densidade vetorial. Outras desvantagens são: necessidade de infraestrutura em laboratório para identificação das formas imaturas; necessidade de treinamento de pessoal; e demanda de muito tempo no processamento das informações (GAMA et al., 2007).

## **Parte 2**

### **Capítulo 1**

**Efeito dos fatores climáticos no comportamento da oviposição e distribuição espacial de populações de *Aedes aegypti* (LINNEU, 1762) em três mesorregiões Paraibanas**

## RESUMO

O *Aedes aegypti* é considerado um organismo altamente oportunista cuja sobrevivência de suas populações baseia-se na capacidade de colonizar habitats diversos distribuindo-se amplamente pelo mundo. O presente estudo monitorou e correlacionou o comportamento de oviposição do *A. aegypti* com as variáveis climáticas (temperatura, precipitação e umidade) e estimou os índices entomológicos para as regiões de Campina Grande, João Pessoa e Patos. O monitoramento da oviposição de *Aedes sp* foi realizado mensalmente, através de coletas realizadas nos bairros de Castelo Branco (João Pessoa), Bodocongó (Campina Grande e Jatobá (Patos) onde ocorria maior incidência do vetor e/ou da dengue. Foram distribuídas 50 armadilhas do tipo “ovitrampa”, sendo cada armadilha alocada em uma residência escolhida aleatoriamente, por quarteirão, perfazendo um total de 50 quarteirões. As armadilhas permaneceram em campo por um período de 4 dias. Os resultados indicaram que para o período de dezembro de 2011 à Novembro de 2012, foram coletados e contabilizados um total de 27.888 ovos de *Aedes spp* para os três bairros selecionados da presente pesquisa, onde na primeira coleta no mês de Dezembro de 2011, das 50 armadilhas de oviposição alocadas nos imóveis em cada quarteirão, (56%) foram reconhecidas e colonizadas como sítios de oviposição em João Pessoa, (26%) em Campina Grande e 16% em Patos. De acordo com a correlação de Spearman, os resultados indicaram correlações negativas não significativas ao nível de (0,05) entre o índice de positividade de ovitrampa (IPO) e o índice de densidade de ovos (IDO) com as variáveis climáticas (temperatura, precipitação e umidade) para os bairros de Bodocongó, Castelo Branco e Jatobá, respectivamente. Entretanto, há exceção para o IDO referente ao bairro Jatobá (Patos), já que para este último a interação foi significativa entre o IDO e a precipitação ( $r = 0,83287$ ;  $p = 0,0008$ ) e umidade relativa ( $r = 0,60140$ ;  $p = 0,0386$ ). Detectou-se correlação positiva ( $r = 0,66900$ ;  $p = 0,0174$ ) entre o IDO e o IPO apenas para o município de João Pessoa. Os índices entomológicos, neste caso, indicaram relativa densidade de ovos nos períodos de maior precipitação para os três bairros analisados, o que se configura como um dado estratégico para otimização das ações de combate ao vetor, nos períodos de maior volume de chuvas e não apenas nas altas temperaturas.

**PALAVRAS CHAVES:** *Aedes aegypti*, índices entomológicos, oviposição, ovitrampa, distribuição



## ABSTRACT

*Aedes aegypti* is considered a highly opportunistic organism survival of their population which is based on the ability to colonize various habitats are widely distributed throughout the world. This study monitored and correlated the oviposition behavior of *A. aegypti* with climatic variables (temperature, rainfall and humidity) and estimated the entomological indices for regions of Campina Grande, João Pessoa and Patos. The monitoring of oviposition of *Aedes sp* was performed monthly through collections made in the districts of Castelo Branco (João Pessoa), Bodocongó (Campina Grande and Jatoba (Patos) where there was greater incidence vector and / or dengue. Were distributed 50 traps type "egg trap", each trap allocated randomly chosen in a residence, by block, for a total of 50 blocks. traps remained in the field for a period of four days. Results indicated that for the period December 2011 to November 2012 were collected and counted a total of 27,888 eggs of *Aedes spp* for the three selected districts of this research, where the first collection in December 2011, from 50 oviposition traps housed in the buildings on every block, (56 %) were colonized and recognized as oviposition sites in João Pessoa (26%) in Campina Grande and 16% in Patos. According to the Spearman correlation, the results showed negative correlations not significant at (0.05) between the positivity rate of egg trap (IPO) and egg density index (ODI) with climatic variables (temperature, rainfall and humidity) for the districts of Bodocongó, Castelo Branco and Jatoba, respectively. however, no exception for IDO for the neighborhood Jatoba (Patos), since for the latter interaction was significant between IDO and rainfall ( $r = 0.83287$ ,  $p = 0.0008$ ) and relative humidity ( $r = 0.60140$ ,  $p = 0.0386$  .) detected a positive correlation ( $r = 0.66900$ ,  $p = 0.0174$ ) between the IDO and the IPO only for the city of João Pessoa. Entomological indices in this case indicated relative density of eggs during periods of heavy precipitation for the three districts analyzed, which is configured as a given strategic optimization of actions to combat the vector, in periods of higher rainfall and not just in high temperatures.

**KEYWORDS:** *Aedes aegypti* entomological indices, oviposition, egg trap, distribution

## 1 INTRODUÇÃO

O *Aedes aegypti* (LINNEU, 1762) é um vetor r-estrategista altamente oportunista, colonizador de recipientes ou sítios de água doce nos trópicos (SCHOFIELD, 1991). Originário da Etiópia (FORATINNI, 2002), dispersou-se para áreas onde a atividade antrópica e o clima favoreceram a sua adaptação e infestação (CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994), mas suas populações tropicais e subtropicais não apresentam dissimilaridade genética significativa com as que ocorrem a oeste do continente africano (SANTOS, 2008).

O vetor tem preferência pelos depósitos artificiais como local de oviposição, e devido à concentração populacional advinda com a urbanização, ao lado da larga utilização de recipientes artificiais, *A. aegypti* obteve crescente proliferação nos centros urbanos das regiões neotropicais (COSTA, 2010; PONTES, RUFFINO-NETTO, 1994). Presente nas áreas urbanas, as condições extrínsecas do meio permitem o desenvolvimento da espécie, que a partir daí, pode dispersar-se ativamente ou passivamente para outras áreas, acompanhando a espécie humana e se estabelecendo em novos centros urbanos (SILVA et al., 2004).

A sazonalidade nas regiões tropicais e subtropicais auxilia na eficiência da dinâmica do crescimento populacional e distribuição de *A. aegypti*, onde já é possível identificar padrões distintos do aumento do número de indivíduos nas áreas tropicais, bem como nas subtropicais e até temperadas, como consequência da variabilidade climática recorrente (SERPA et al., 2006; VEZZANI; VELASQUEZ; SCHWEIGMANN, 2004).

Os padrões identificados evidenciam o crescimento populacional de *Aedes aegypti* nos períodos de maior precipitação quando a probabilidade de surgimento de novos criadouros é maior (MICIELI; CAMPOS, 2003). Neste contexto, registra-se a ocorrência de um aumento populacional no transcorrer do verão, quando ocorrem precipitações significativas e esparsas e a temperatura ambiente torna-se elevada (GLASSER; GOMES, 2002) e quando se inicia a estação chuvosa propriamente dita (REGIS et al., 2008; RÍOS-VELÁSQUEZ et al., 2007; YANG, et al., 2007).

Para o reconhecimento desses padrões é necessário a utilização de instrumentos adequados para monitoramento do vetor em campo à longo prazo. A armadilha de oviposição (ovitampa), idealizada por Fay e Perry (1965) é a ferramenta que melhor se destina ao monitoramento de ovos de espécies de *Aedes spp* (BRAGA; VALLE, 2007). Os ovos coletados nestas armadilhas permitem o cálculo de índices que refletem a distribuição e a

densidade dos mosquitos em áreas infestadas e, segundo Acioli (2007) fornecem melhores informações se comparados aos índices larvários de larga utilização.

Com base na utilização de ovitrampas e o rápido cálculo dos índices de positividade e densidade de ovos nos locais de preferência para a oviposição do *Aedes aegypti* associado às características eco-climáticas das regiões de ocorrência, os trabalhos das equipes de combate se tornariam mais eficientes do ponto de vista da prevenção de picos populacionais e surgimento de epidemias de Dengue.

O presente estudo monitorou e correlacionou o comportamento de oviposição do vetor *A. aegypti* com as variáveis climáticas (temperatura, precipitação e umidade) das regiões de ocorrência e estimou os índices entomológicos, obtendo-se dados objetivos para melhor entendimento dos padrões de oviposição em campo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2. 1. Área de estudo

A pesquisa foi realizada por um período de 12 meses em três bairros de três cidades das mesorregiões paraibanas, a saber: **Campina Grande** (Bairro Bodocongó - 07°13'14,92 S/ 035°55'1,32 O), **João Pessoa** (Castelo Branco - 07°08'11 S/ 034°51'9,33 O) e **Patos** (Jatobá - 07°02'40" S/ 037°16'16" O), localizadas nas mesorregiões do Agreste, Mata e Sertão da Paraíba, respectivamente (Figura 1).

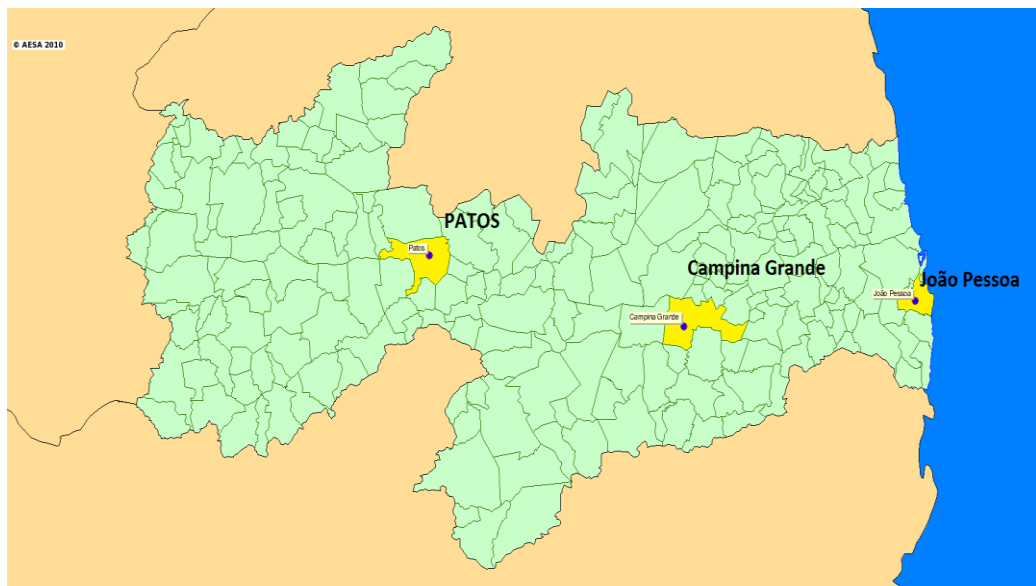


Figura 1 - Mapa geográfico da localização dos Municípios de João Pessoa (Litoral), Campina Grande (Agreste) e Patos (Sertão) do estado da Paraíba, Brasil. Fonte: Adaptado da Aesa (<http://geo.aesa.pb.gov.br/>)

Campina Grande está incluída na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro (MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2005). Esta delimitação tem como critérios o índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco de seca. Possui um clima com temperaturas mais moderadas, considerado tropical com estação seca, apresentando chuvas durante o outono e o inverno, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (WORLD MAP OF THE KÖPPEN-GEIGER CLIMATE CLASSIFICATION, 2012). As temperaturas máximas anuais são de 30 °C nos dias mais quentes de verão e 18 °C em dias de inverno. As temperaturas mínimas ficam em torno de 20 °C nos dias mais quentes de verão, ou 15 °C nas noites mais frias do ano. A umidade relativa do ar está entre 75 a 82 %.

O município de João Pessoa incluído na mesorregião litorânea da Paraíba, apresenta clima quente e úmido, do tipo intertropical com temperatura média anual 26,1° e precipitação pluviométrica de 178 mm, com umidade relativa anual de 80%. Entre os meses de maio a julho, o índice atinge o máximo, 87%, correspondendo à "época das chuvas". No período mais seco, é reduzido para 68%.

Patos localiza-se na mesorregião do Sertão Paraibano (MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2005). O clima é semiárido do tipo Aw, segundo o (WORLD MAP OF THE KÖPPEN-GEIGER CLIMATE CLASSIFICATION, 2012), quente e seco, com poucas chuvas. O mês mais quente é Dezembro com média mínima de 20,4 °C e média máxima de 32,7 °C. O mês mais frio é Julho com média mínima de 17,1 °C e média máxima de 28,1 °C.

## **2. 2 Atividade de oviposição de *Aedes aegypti***

O monitoramento da oviposição de *Aedes aegypti* foi realizado através de 12 coletas mensais em bairros de maior incidência do vetor e/ou da dengue, segundo informações obtidas das Secretarias Municipais de Saúde. Foram distribuídas 50 armadilhas do tipo "ovitrampa" de forma a cobrir todo o bairro selecionado, sendo cada armadilha alocada em uma residência escolhida aleatoriamente, por quarteirão, perfazendo um total de 50 quarteirões. As armadilhas permaneceram em campo por um período de 4 dias e o local de escolha para sua fixação foi o peridomicílio, em área sombreada à 1m do chão.

Cada ponto amostral foi georreferenciado no espaço levando em consideração as coordenadas geográficas. Para o georeferenciamento dos pontos de amostragem foi utilizado um GPS Garmin de navegação <Sistema de Posicionamento Global>, com projeção UTM e "Datum" planimétrico SAD 69. Posteriormente, as coordenadas dos pontos de coleta foram inseridas em mapas já georeferenciados para que fosse possível mostrar sua distribuição real no espaço e indicar com precisão os sítios de oviposição da espécie. Os valores de coleta dos ovos foram transferidos e organizados em planilha eletrônica do Excel (2010).

Os valores das variáveis meteorológicas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) foram obtidas através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e correlacionadas com a oviposição dos insetos.

Análises de correlação de Spearman foram utilizadas para se encontrar o modelo que melhor descrevesse os padrões de distribuição e de oviposição em relação às variáveis climáticas. Os dados foram processados no software estatístico SAS. Para se estimar a distribuição espacial da infestação e os períodos de maior e menor reprodução das fêmeas,

índices de positividade de ovos (IPO) e densidade de ovos (IDO) foram calculados, seguindo as fórmulas abaixo:

$$\text{IPO} = \text{N}^\circ \text{ de armadilhas positivas} / \text{N}^\circ \text{ de armadilhas examinadas} \times 100$$

$$\text{IDO} = \text{N}^\circ \text{ de ovos} / \text{N}^\circ \text{ de armadilhas Positivas}$$

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Índices entomológicos e oviposição

Os índices entomológicos IPO e IDO estimados para a presença e quantidade de ovos indicaram ocorrência de *Aedes aegypti* nos três bairros analisados, incluindo *Aedes albopictus* que ocorreu no bairro de Castelo Branco (João Pessoa). Para o período de dezembro de 2011 à Novembro de 2012 (1 ano), foram coletados e contabilizados um total de 27.888 ovos de *Aedes spp* para os três bairros selecionados da presente pesquisa, onde na primeira coleta no mês de Dezembro de 2011, das 50 armadilhas de oviposição alocadas nos imóveis em cada quarteirão, 56% foram reconhecidas e colonizadas como sítios de oviposição em João Pessoa, 26% em Campina Grande e 16% em Patos.

O bairro de Castelo Branco (João Pessoa) apresentou a maior quantidade de ovos coletados durante o período de 12 meses com 18.794 ovos (67,3%), seguido do Bairro de Bodocongó (Campina Grande) com 4.736 ovos (16,9%) e Jatobá (Patos) com 4.358 ovos (15,6%) (Tabela 1). Não foram encontradas outras espécies de Culicídeos para os bairros de Campina Grande e Patos, exceto João Pessoa que teve ocorrência de *Aedes albopictus* com 1456 ovos (7,74%) durante todo o estudo.

O índice de positividade de ovitrapa (IPO) apresentou maiores picos de armadilhas positivas nos meses de abril/12 (78%), março/12 (46%) e julho/12 (40%) para os bairros de Castelo Branco, Jatobá e Bodocongó, respectivamente. Já o nível de infestação estimado pelo IDO apresentou maior registro nos meses julho/12 com (132,3 ovos), fev/2012 (78,4 ovos) e mai/2012 (49,4 ovos) para os bairros de Castelo Branco, Jatobá e Bodocongó, respectivamente (tab. 1).

De acordo com a correlação de Spearman, os resultados indicaram correlações negativas não significativas ao nível de (0,05) entre o IPO e IDO com as variáveis climáticas (temperatura, precipitação e umidade) para os três bairros estudados. Entretanto, houve exceção para o IDO referente ao bairro Jatobá (Patos), já que para este último a interação foi significativa entre o IDO e a precipitação ( $r = 0,83287$ ;  $p = 0,0008$ ) e umidade relativa ( $r = 0,60140$ ;  $p = 0,0386$ ). Detectou-se correlação positiva ( $r = 0,66900$ ;  $p = 0,0174$ ) entre o IDO e o IPO apenas para o município de João Pessoa.

**Tabela 1** – Número total de ovos (X±DP) coletados em 50 ovitrampas e índices de positividade e densidade de ovos de *Aedes spp* dos Bairros de Castelo Branco (João Pessoa), Jatobá (Patos) e Bodocongó (Campina Grande), Paraíba, Brasil.

Período de Coleta	João Pessoa			Patos			Campina Grande		
	Nº ovos	IPO <sup>1</sup>	IDO <sup>2</sup>	Nº ovos	IPO	IDO	Nº ovos	IPO	IDO
<b>Dez/11</b>	1113(22,3±29)	56	39,7	85(1,67±5,8)	16	10,2	550(11±29,6)	26	42,3
<b>Jan/12</b>	114(2,3±7,2)	14	16,2	69(1,35±8,0)	4	34,5	59(1,18±4,69)	6	19,6
<b>Fev/12</b>	1043(20,9±44,2)	38	54,8	549(10,7±5,8)	14	78,4	22(4,48±12,7)	26	17,2
<b>Mar/12</b>	2484(49,7±72,0)	66	75,2	907(17,7±48,6)	46	39,4	280(5,6±17,3)	14	40,0
<b>Abr/12</b>	2328(46,6±56,6)	78	59,6	478(9,37±26,7)	20	47,8	406(8,1±22,4)	30	27,0
<b>Mai/12</b>	429(8,6±14,5)	42	20,4	377(7,39±15,9)	34	22,1	346(6,9±19,9)	14	49,4
<b>Jun/12</b>	1779(35,6±60,7)	58	61,3	568(11,1±25,3)	36	31,5	270(5,4±12,6)	22	24,5
<b>Jul/12</b>	4501(90±104,1)	68	132,3	612(12±30)	38	32,2	619(12,3±24,3)	40	30,9
<b>Ago/12</b>	1465(29,3±33,5)	58	50,5	204(4±12,08)	18	22,6	394(7,8±17)	24	32,8
<b>Set/12</b>	1554(31,1±41,8)	64	48,5	231(4,53±13,8)	18	25,6	640(12,8±27,6)	28	45,7
<b>Out/12</b>	1128(22,6±26,8)	60	37,6	158(3,1±7,9)	22	14,3	566(11,3±20,3)	28	40,4
<b>Nov/12</b>	856(17,1±24,4)	44	38,9	120(2,35±6,0)	16	15,0	382(7,6±14,2)	28	27,2
<b>Total</b>	<b>18794(1566,1±1105,6)</b>	<b>50,2</b>	<b>46,7</b>	<b>4358(363,1±250,9)</b>	<b>24,2</b>	<b>37,7</b>	<b>4736(394,6±167,6)</b>	<b>19,7</b>	<b>31,4</b>

<sup>1</sup>Índice de positividade de ovitrampa (%).

<sup>2</sup>Índice de densidade de ovos

Para o bairro de Jatobá que apresentou correlação positiva significativa entre o IDO com a precipitação e umidade, observou-se que o aumento da infestação de ovos na área ocorreu durante o pico de maior pluviosidade para o mês de fevereiro/12 (146,4 mm) e taxa média de umidade relativa em (60 %) com declínio acentuado nos meses subsequentes, onde praticamente não ocorreram mais chuvas e a intensidade de infestação diminuiu (Figura 2 e 3).

Ao analisar o comportamento das chuvas na área é possível perceber que estas ocorreram nos meses de janeiro à março, mas que em relação ao ano anterior (2011), o registro da precipitação foi abaixo do esperado. Em 2011, a precipitação ultrapassou 200 mm para o mesmo mês de fevereiro, e fora acentuadamente maior no mês de Janeiro/11 se comparado ao mês equivalente em 2012, o que, provavelmente, poderia refletir em índices entomológicos elevados se as coletas tivessem sido iniciadas no início do ano. (Figura 4).



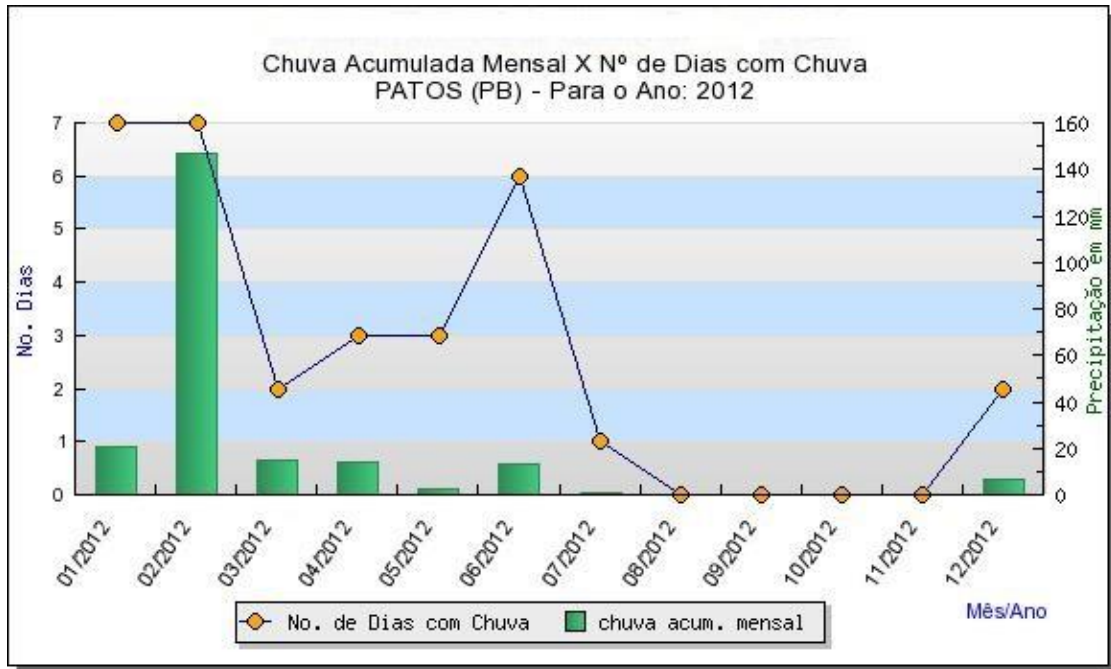


Figura 2 - Precipitação mensal para o período de fevereiro de 2012 para o município de Patos, Paraíba. Fonte: Inmet (<http://www.inmet.gov.br/grafico>)

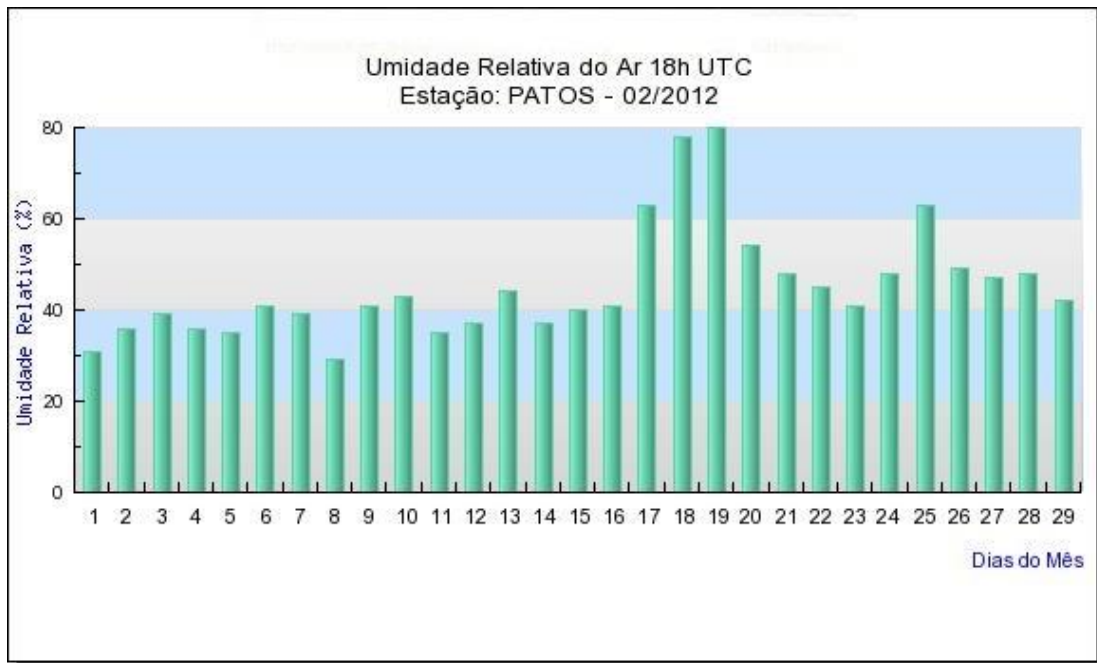


Figura 3 - Umidade relativa do ar mensal para o período de fevereiro de 2012 para o município de Patos, Paraíba. Fonte: Inmet (<http://www.inmet.gov.br/grafico>)

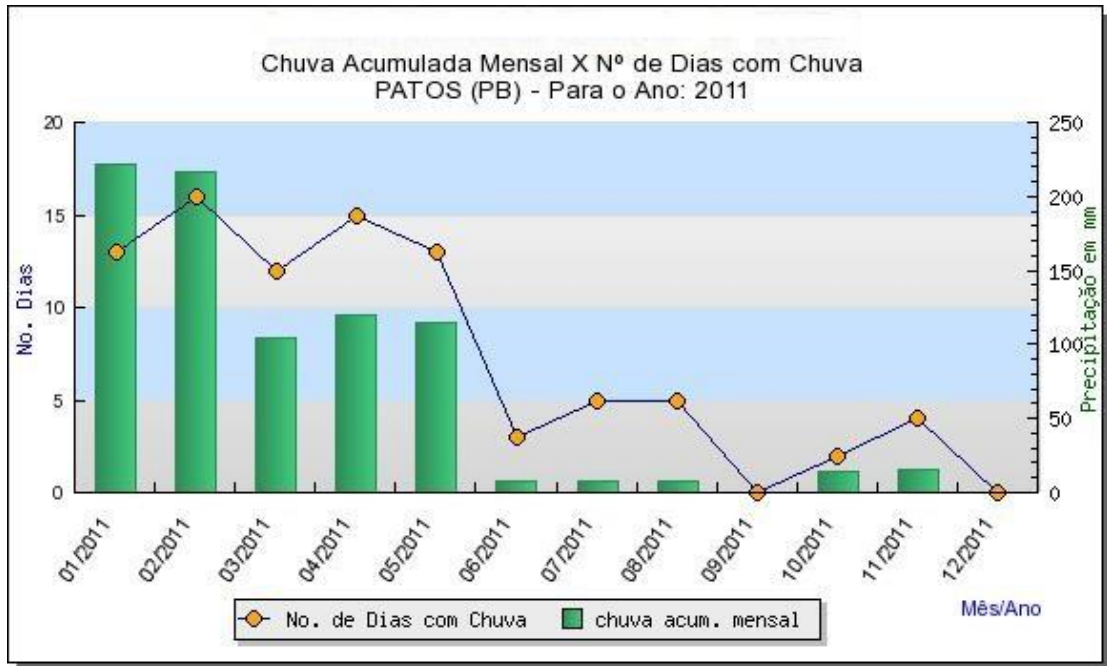


Figura 4 - Precipitação mensal para o período de 2011 para o município de Patos, Paraíba. Fonte: Inmet (<http://www.inmet.gov.br/grafico>)

Não houve exclusão de imóveis durante o período estudado, apenas 3 substituições na primeira coleta para o município de João Pessoa. O bairro de Bodocongó (Campina Grande) apresentou 36 imóveis positivos ao longo do estudo (72%) e 14 armadilhas não foram colonizadas (28%). Dentre os quarteirões com armadilhas positivas, o de número 21 obteve o maior número de ovos coletados (532) e os quarteirões 11 e 20 apresentaram apenas 1 ovo coletado em cada. Um total de 13 ovitrampas (26%) foram reconhecidas como sítios de oviposição já na 1ª coleta ocorrida em Dezembro de 2011.

Para o bairro de Castelo Branco (João Pessoa) ao longo da pesquisa, a ovitrampa do quarteirão 33 apresentou o maior número de ovos coletados (939 ovos) e a do quarteirão 11 obteve o menor número (4 ovos). Para este bairro, todas as 50 armadilhas foram colonizadas durante o transcorrer do estudo, sendo os quarteirões 06, 11, 30, 35 e 53 os que apresentaram os menores números de colonizações com 2, 1, 2, 2 e 3 vezes, respectivamente. A flutuação espaço-temporal da infestação de ovos de *Aedes aegypti* nos três bairros analisados está representada nas figuras de 5 a 7 e revelou que, apesar do número mínimo de ovitrampa por quarteirão (uma em cada), há constantemente registros de oviposição em cada mês, por todo o ano, sendo o Município de João Pessoa, o que apresentou a maior densidade de ovos.

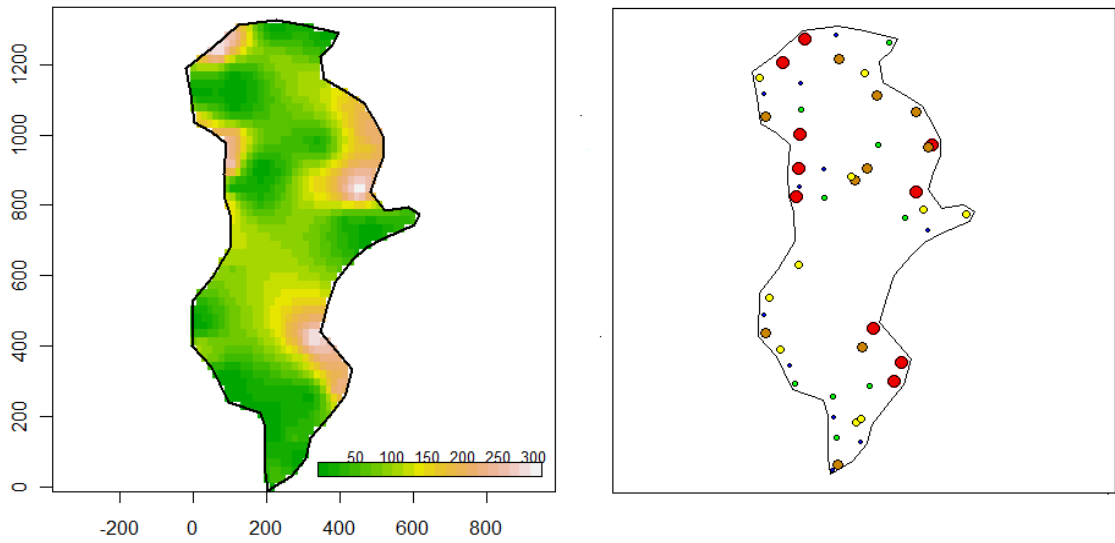


Figura 5 - Mapa de Kernel de densidade de ovos de *Aedes aegypti* em 50 ovitampas alocadas no bairro de Bodocongó em um período de 12 meses, Campina Grande, Paraíba

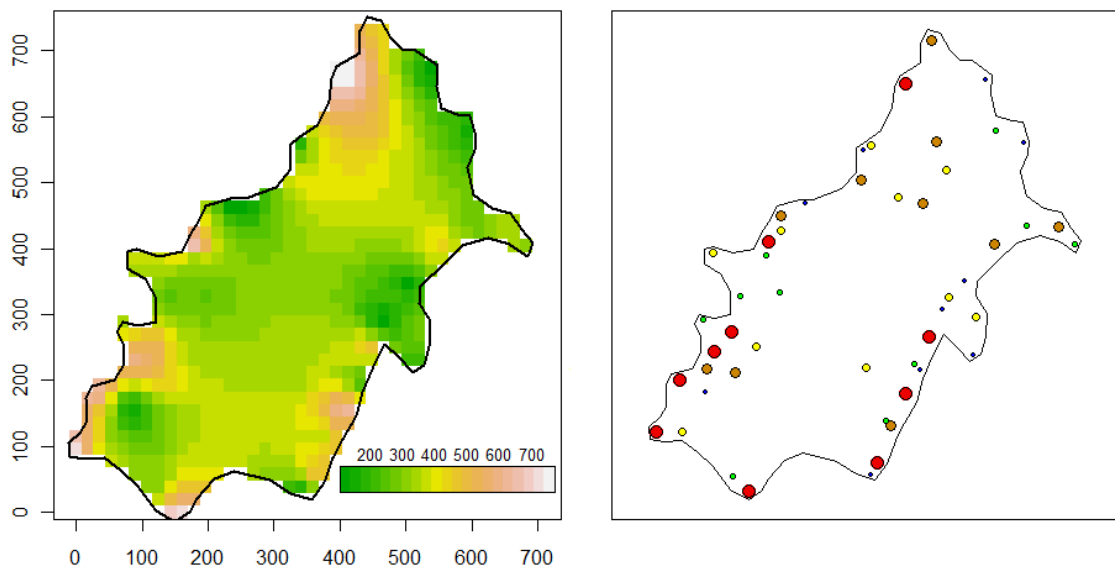


Figura 6 - Mapa de Kernel de densidade de ovos de *Aedes aegypti* em 50 ovitampas alocadas no bairro de Castelo Branco, em um período de 12 meses, João Pessoa, Paraíba

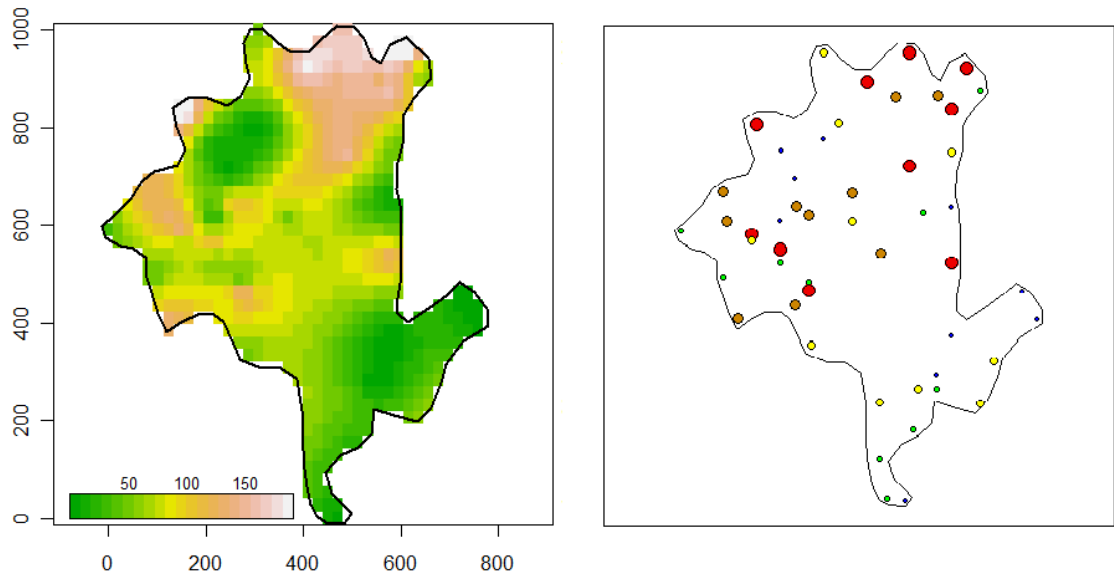


Figura 7 - Mapa de Kernel de densidade de ovos de *Aedes aegypti* em 50 ovitrampas alocadas no bairro de Jatobá, em um período de 12 meses, Patos, Paraíba

Quanto ao bairro de Jatobá, 46 imóveis (92%) estiveram positivos para ovos de *A. aegypti*, sendo apenas 8 ovitrampas (16%) reconhecidas como sítios de colonização na primeira coleta no mês de dezembro/11. O imóvel do quarteirão 22 foi o que apresentou maior número de ovos nos 12 meses com 546 ovos retirados de campo enquanto que o quarteirões 16 e 53 apresentaram apenas 2 ovos coletados durante todo o andamento do estudo.

Constatou-se diferenças na intensidade da infestação em cada bairro estudado, onde o bairro de Castelo Branco apresentou as maiores médias de ovos por ovitrampa positiva, seguido de Bodocongó e o bairro de Jatobá. A frequência média de ovos em cada bairro são mostradas nas figuras 8, 9 e 10.

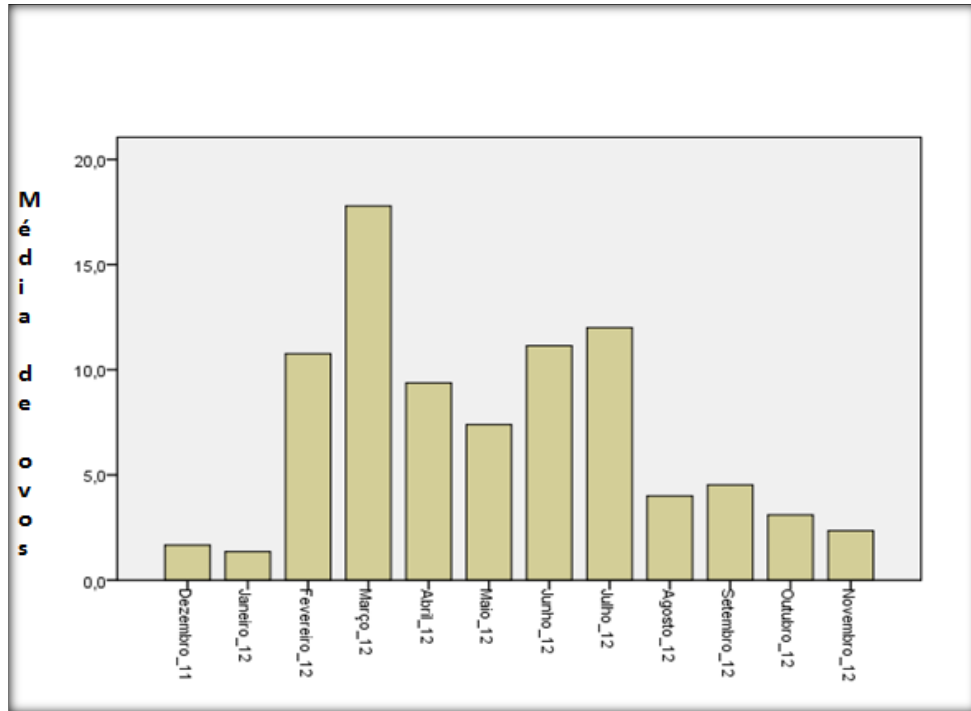


Figura 8 - Frequência da média de ovos de *A. aegypti* por coleta em cada mês durante 1 ano no Bairro de Jatobá, Patos, Brasil.

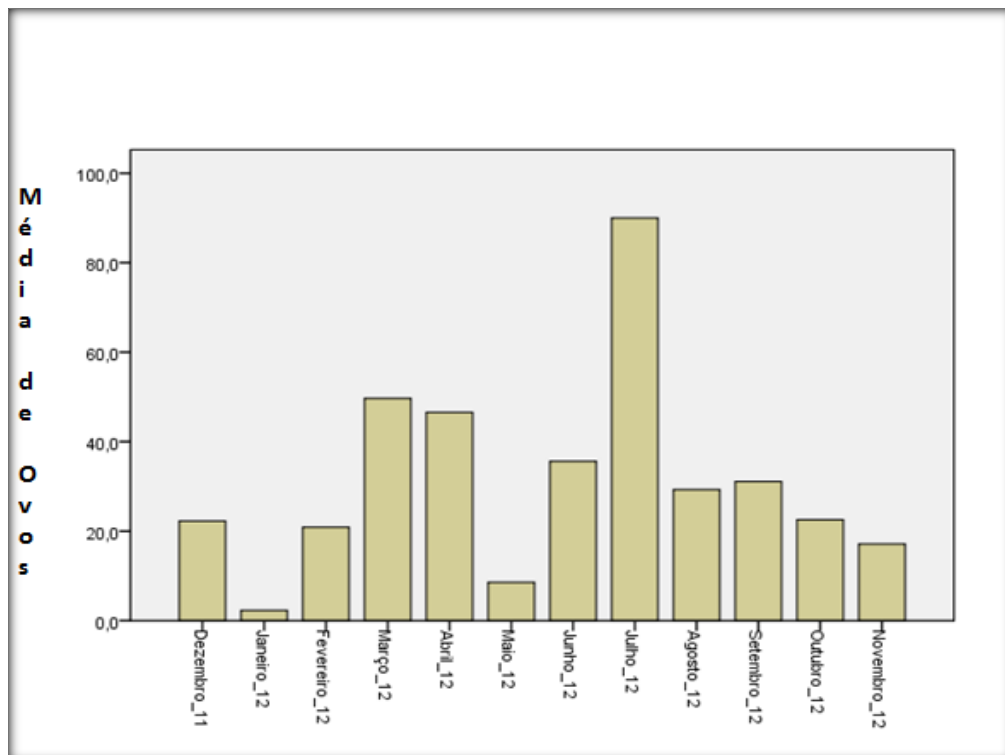


Figura 9 - Frequência da média de ovos de *A. aegypti* por coleta em cada mês durante 1 ano no Bairro de Castelo Branco, João Pessoa, Brasil.

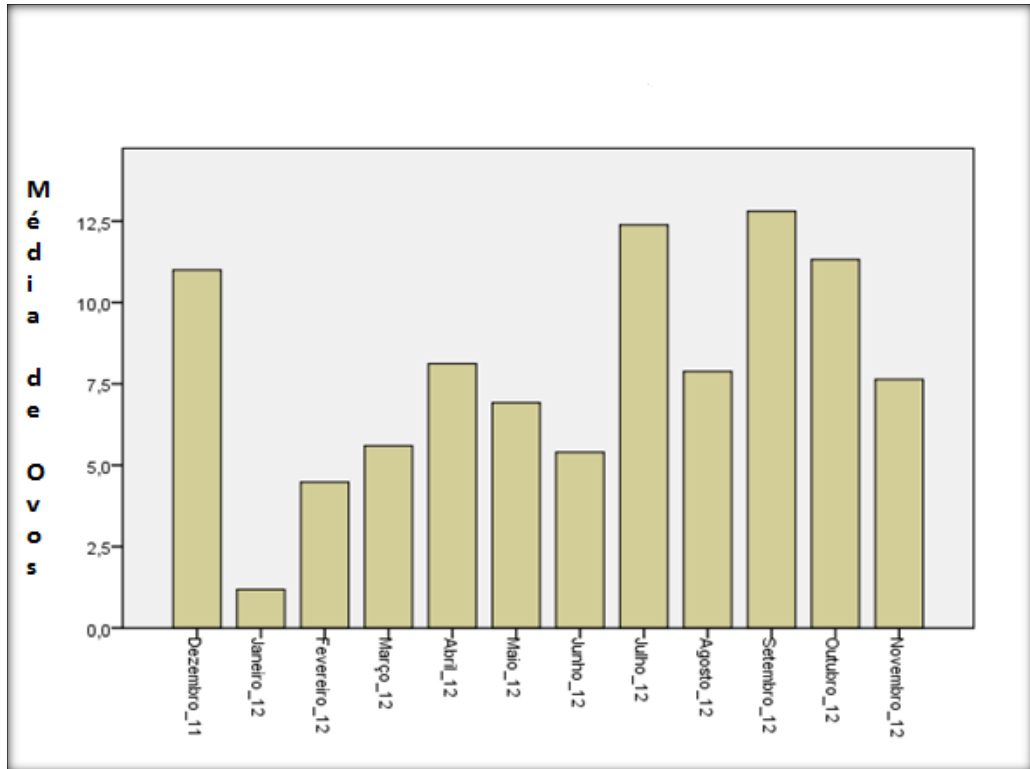


Figura 10 - Frequência da média de ovos de *A. aegypti* por coleta em cada mês durante 1 ano no Bairro de Bodocongó, Campina Grande, Paraíba

## 4 DISCUSSÃO

Os índices de infestação estimados pela presença (IDO) e quantidade de ovos (IDO) coletados nos bairros selecionados revelaram como o vetor *Aedes aegypti* apresenta ampla distribuição nas áreas de estudo. O índice de positividade de ovitrampa foi maior no bairro pertencente à mesorregião do litoral onde as condições de temperatura, precipitação e umidade foram favoráveis ao comportamento da oviposição, apesar de não ter sido encontrado significância estatística entre os índices entomológicos e as variáveis climáticas. É válido mencionar que a intensidade da infestação diminuiu ao se afastar do litoral e adentrar na mesorregião do agreste e deste para a mesorregião do sertão paraibano, o que indica que o padrão de oviposição quanto à intensidade é modulado pelo efeito das características climáticas de cada região e que estas se tornam limitantes para o vetor.

A ocorrência de *Aedes albopictus* apenas nas armadilhas coletadas no bairro de Castelo Branco em João Pessoa (litoral) pode ter como causa a existência da Mata Atlântica (Fragmentos) que ocorre tangente ao bairro, localizada dentro da Universidade Federal da Paraíba. De acordo com Lima-Camara et al (2006) e Alencar (2008) a abundância do *A. albopictus*, segundo a localização dos bairros, é crescente quando se desloca da região litorânea para a mata. Neste caso, os insetos estariam se deslocando da mata até o bairro para colonização da área e passando a coexistir com *Aedes aegypti*, fato no qual é possível se, segundo Fantinatti et al (2007), as condições da área forem favoráveis para sua proliferação e dispersão, dependendo da disponibilidade de sítios para oviposição.

Em estudo realizado por Leandro (2012) no mesmo bairro da presente pesquisa, constatou-se a ocorrência de *A. albopictus* tanto na parte peridomiciliar (0,6%) como na parte intradomiciliar (24,6%) o que também foi verificado no presente estudo, onde as armadilhas eram fixadas na área do peridomicílio. A presença já consolidada de *A. albopictus* em áreas urbanas e suburbanas intensamente arborizadas ou com florestas próximas já foi reportada por diversos autores (LIMA-CAMARA et al., 2006; NAKAZAWA, 2006; RÍOS-VELAQUEZ et al., 2007).

Ovos de *Aedes* spp foram coletados em todos os três bairros e nenhum mês apresentou zero registro de ovos durante o curso da pesquisa. A maior densidade foi observada nos períodos de maior precipitação, onde para o bairro de Jatobá a infestação foi estatisticamente significativa enquanto que para Castelo Branco e Bodocongó, foi não significativa. As ovitampas permaneceram em campo por 4 dias e não foram adicionados atrativos, seguindo o que determinava a metodologia, o que pode ter, provavelmente, interferido no número de armadilhas

positivas, e conseqüentemente, na intensidade da infestação, o que refletiu na ausência de relação significativa entre as variáveis climáticas com os índices entomológicos para os bairros de João Pessoa e Campina Grande.

Em estudo realizado por Santos (2008), no bairro do Engenho do Meio, Pernambuco, Recife, as armadilhas de oviposição permaneceram em campo por um período de 7 dias, e a densidade de ovos foi maior no período de maior precipitação, constatando-se que o número de dias calculados para a permanência em campo é crucial para revelar a verdadeira infestação de uma área. Contudo, em Patos houve relação entre as chuvas nos meses de fevereiro com aumento da umidade e a densidade de ovos nas ovitrampas, o que demonstra a importância da pluviosidade em regiões de clima semi-árido com temperaturas que atingem nos períodos mais quentes, taxas de 39°C.

Evidências sugerem que os fatores climáticos são determinantes no ciclo de vida de populações de *Aedes aegypti* no meio urbano, identificando-se diferentes padrões nos trópicos e subtropicais (SERPA et al., 2006). Um destes padrões ocorre em regiões com condições climáticas distintas, onde o aumento populacional do vetor ocorre principalmente no verão, durante chuvas intensas e esparsas associadas a elevadas temperaturas (GLASSER; GOMES, 2002; HALES et al., 2002), o que foi constatado na presente pesquisa para os dados coletados na região de Patos. Nesta área de coleta, é costume as pessoas acumularem água em caixas d'água, tanques, tonéis e baldes, o que os torna potenciais criadouros, sendo necessário uma maior atenção, principalmente na estação seca, onde se poderá ter a ocorrência do vetor, mesmo não se registrando precipitações ou mesmo durante o período de transição entre estações (REGIS et al., 2008).

Vezzani et al. (2004) encontraram uma maior proliferação de ovos e larvas de *A. aegypti* durante períodos de intensas chuvas e altas temperaturas enquanto que Hoeck et al. (2003) mostraram que há associação entre o índice de densidade de ovos e a intensidade da chuva.

É válido mencionar que cada imóvel comporta-se como um habitat único para o vetor e a dinâmica de atividade de seus proprietários, pode causar interferências no sucesso reprodutivo do vetor, e conseqüentemente, no surgimento de explosões populacionais. Apesar de não se ter constatado relação significativa em Castelo Branco e em Bodocongó, a densidade de ovos coletada é indício preocupante de que o vetor está de alguma forma, conseguindo realizar a hematofagia e, em seguida, ovipor em um substrato com água acumulada.

Embora tenha-se estimados os índices entomológicos a partir dos ovos coletados, não foi possível determinar o número de fêmeas que realizou postura, mesmo as armadilhas tendo sido



alocadas em apenas um imóvel em cada quarteirão. Neste caso, para estimação da flutuação populacional, a armadilha de ovos seria inadequada (FOCKS, 2003).

Os resultados obtidos demonstram a necessidade de criar ações de combate ao vetor baseados na ecologia associada aos efeitos das variáveis climáticas. Neste sentido, programas voltados à erradicação da Dengue, devem alocar recursos para capacitação de pessoal e dispor de ferramentas que monitorem as atividades de oviposição nos períodos que antecedem à grandes precipitações e após estas, associadas ao aumento da temperatura nas regiões de ocorrência.

## **CAPÍTULO 2**

Efeito da temperatura no ciclo de vida, exigências térmicas e número de gerações anuais de *Aedes aegypti* (LINNEU, 1762) provenientes de três mesorregiões da Paraíba, Brasil

## RESUMO

O culicídeo *Aedes aegypti* ocorre amplamente pelo mundo, sobretudo nas regiões de clima tropical e subtropical. Objetivou-se compreender como a temperatura influencia, em laboratório, o ciclo de vida das populações de *A. aegypti*, determinando-se as necessidades térmicas para o desenvolvimento e o número de gerações anuais para cada população. As coletas de ovos foram realizadas mensalmente nos municípios de João Pessoa, Campina Grande e Patos. Após quantificação e estabelecimento das colônias em câmaras climatizadas (26°C/Fotofase 12h), os insetos foram submetidos a seis temperaturas constantes (16, 22, 28, 33, 36 e 39°C) calibradas conforme as séries de tendências climáticas de temperatura para cada região. As Tendências de aumento de temperatura máxima foram de 0,073 °C/ano, 0,044°C/ano e 0,061 °C/ano para os municípios de João Pessoa, Campina Grande e Patos, respectivamente. O período de incubação dos ovos das populações de *A. aegypti* variaram de 13,46 dias à 16°C a 2,59 dias à 36°C. A duração do desenvolvimento para as fases de larva, pupa e ovo à emergência do adulto teve os menores períodos observados para a população de João Pessoa. Considerando-se a média geral das longevidades, constatou-se diferenças significativas entre as populações, sendo esta de 16,7; 22,45 e 19,27 para as fêmeas e de 17,04; 22,98 e 20,71 para os machos das populações de Campina Grande, João Pessoa e Patos, respectivamente. Se registrou para o município de Patos à 16° C, o menor número de ovos/fêmea (1,46 ovos) e à 36°C (16,1 ovos) para o município de Campina Grande. O maior número de ovos/fêmea foi constatado a 28°C para as fêmeas da população de João Pessoa (262,3 ovos). O número de gerações anuais foram de 23,6 à 25,9°C, 24,7 à 27°C e 28,0 à 30°C para os municípios de Campina Grande, João Pessoa e Patos, respectivamente. As constantes térmicas obtidas para as fases de ovo, larva e pupa foram de 74,6; 139,8; 38,2 graus-dia (GD) para as populações de *A. aegypti* de Campina Grande; 90,9; 140,8; 49,8 para as populações de João Pessoa e 73,3; 156,9; 35,4 para Patos, respectivamente. Com base no tempo de desenvolvimento e necessidades térmicas das fases de ovo, larva e pupa e na fecundidade dos adultos, constatou-se que a temperatura favorável ao vetor encontra-se entre 22°C e 36°C.

**PALAVRAS CHAVES:** *Aedes aegypti*, ciclo biológico, variação intrapopulacional, desenvolvimento, efeito da temperatura

## ABSTRACT

The mosquito *Aedes aegypti* occurs widely throughout the world, particularly in regions of tropical and subtropical climate. This study aimed to understand how temperature influences in the laboratory, the life cycle of populations of *A. aegypti*, determining the thermal requirements for development and the number of generations for each population. The collections of eggs were collected monthly in the municipalities of João Pessoa, Campina Grande and Patos. After quantification and establishment of colonies in growth chambers (26 °C/photophase 12h), insects underwent six constant temperatures (16, 22, 28, 33, 36 and 39 °C) calibrated according to the series of climatic trends in temperature for each region. Tendencies of maximum temperature increase were 0.073 ° C / year, 0.044 ° C / year and 0.061 ° C / year for the municipalities of João Pessoa, Campina Grande and Patos, respectively. The incubation period of the eggs populations of *A. aegypti* ranged from 13.46 days at 16 ° C at 2,59 days at 36 ° C. The development period for the stages of larva, pupa and egg to adult emergence periods observed were lower for the population of João Pessoa. Considering the overall average life spans, we found significant differences between the populations, which is of 16.7, 22.45 and 19.27 for females and 17.04, 22.98 and 20.71 for male populations of Campina Grande, João Pessoa and Patos, respectively. Registered for the city of Patos to 16 ° C, the lowest number of eggs / female (1,46 eggs) and 36 ° C (16,1 eggs) for the city of Campina Grande. The largest number of eggs / female was observed at 28 ° C for the female population of João Pessoa (262,3 eggs). The number of generations per year were from 23.6 to 25.9 ° C, 24.7 at 27 ° C and 28.0 ° C for the 30°C municipalities of Campina Grande, João Pessoa and Patos, respectively. Thermal constants obtained for stages of egg, larva and pupa were 74.6, 139.8, 38.2 degree-days (GD) for the populations of *A. aegypti* of Campina Grande, 90.9, 140.8, 49.8 for populations of Joao Pessoa and 73.3, 156.9, 35.4 for Patos, respectively. Based on the development time and thermal requirements of the phases of eggs, larvae and pupae and of adults in fertility, it was found that the temperature favorable to the vector is between 22 ° C and 36 ° C.

**KEYWORDS:** *Aedes aegypti*, biological cycle, intrapopulation variation, development, effect of temperature

## 1 INTRODUÇÃO

*Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) é um importante vetor dos quatro sorotipos do vírus da dengue na espécie humana. É um inseto extremamente sinantrópico, que estabelece com o homem uma forte relação de parasitismo, devido à sua natureza antropofílica e necessidades reprodutivas específicas. *A. aegypti* persiste e dispersar-se apenas nas áreas quentes do planeta, onde suas exigências térmicas sempre são supridas, não apresentando, porém, boa dispersão para as regiões mais frias, permanentemente congeladas, já que não consegue estabelecer populações por um longo período (FORATTINI, 2002).

A influência do clima na biologia do vetor apresenta padrões característicos que calibram a duração do tempo das fases de desenvolvimento (ovo, larva e pupa) e longevidade da fase adulta em campo. Os limites de temperatura interferem na distribuição global de *A. aegypti* em isotermas de cerca de 10 °C, limitando o seu desenvolvimento larval e sobrevivência dos adultos (HOPP; FOLEY, 2001; OMS, 2009; SLOSEK, 1986;). É geralmente aceito que um aumento de temperatura dentro da faixa de sobrevivência de *A. aegypti* reduzirá o período de incubação extrínseca, o que irá resultar em maiores taxas de transmissão (FOCKS et al., 2000; HOPP; FOLEY, 2001).

Altas taxas de viabilidade tem sido referida para ovos de *Aedes aegypti* com o aumento da temperatura na faixa entre 22 a 30 °C associado à umidade e precipitações regulares. Beserra et al. (2006) constataram que para populações de *A. aegypti* da Paraíba, o percentual de eclosão das larvas variou de 61,9% a 78,6%. Estes autores concluíram em seus experimentos que a temperatura favorável ao desenvolvimento de *A. aegypti* encontra-se entre 21 °C e 29 °C, e para a longevidade e fecundidade dos adultos entre 22 °C e 30 °C, chegando a 24 gerações/ano.

Costa et al. (2010) analisando o efeito de pequenas variações na temperatura e umidade, sobre a fecundidade, fertilidade e sobrevivência de *A. aegypti* observou que as fêmeas responderam ao aumento da temperatura com redução na produção de ovos, tempo de oviposição e mudança nos padrões de postura. Segundo estes autores a 25 °C e umidade relativa de 80%, as fêmeas sobreviveram duas vezes mais e produziram 40% mais ovos, que aquelas mantidas a 35 °C e umidade de 80%.

Mudanças climáticas que resultem no aumento de temperatura e alterações na precipitação, poderão influenciar drasticamente o ciclo reprodutivo de *A. aegypti*, promovendo um maior aumento na velocidade de desenvolvimento larval, e conseqüentemente, a presença de uma população maior em campo. Segundo Donalísio

(2002), projeções de elevação de 2°C da temperatura para o final do século XXI provavelmente aumentarão a extensão da latitude e altitude da distribuição da dengue no planeta.

Neste sentido, o presente estudo avaliou a influencia da temperatura, em laboratório, sobre o ciclo de vida de *A. aegypti*, bem como observou um sucesso reprodutivo em extremos de temperatura (16°C – 39°C) com base em uma série temporal obtida das tendências climáticas das regiões de ocorrência.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2. 1. Área de estudo

A pesquisa foi realizada por um período de 12 meses em três bairros de três cidades dentro das mesorregiões paraibanas, a saber, **Campina Grande** (Bairro Bodocongó - 07°13'14,92 S/ 035°55'1,32 O), **João Pessoa** (Castelo Branco - 07°08'11 S/ 034°51'9,33 O) e **Patos** (Jatobá - 07°02'40" S/ 037°16'16" O), localizadas nas mesorregiões do Agreste, Mata e Sertão da Paraíba, respectivamente.

Campina Grande está incluída na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro (MIN, 2005). Esta delimitação tem como critérios o índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco de seca. Possui um clima com temperaturas mais moderadas, considerado tropical com estação seca, com chuvas durante o outono e o inverno, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger. As temperaturas máximas são de 30 °C nos dias mais quentes de verão e 18 °C em dias de inverno. As temperaturas mínimas ficam em torno de 20 °C nos dias mais quentes de verão, ou 15 °C nas noites mais frias do ano. A umidade relativa do ar está entre 75 a 82 %.

O município de João Pessoa apresenta clima quente e úmido, do tipo intertropical, temperatura média anual 26,1° e precipitação pluviométrica de 178 mm, com umidade relativa anual de 80%. Entre os meses de maio a julho, o índice atinge o máximo, 87%, correspondendo à "época das chuvas". No período mais seco, é reduzido para 68%.

Patos localiza-se na mesorregião do Sertão Paraibano. O clima é semiárido do tipo Aw segundo o (WORLD MAP OF THE KÖPPEN-GEIGER CLIMATE CLASSIFICATION, 2012), quente e seco, com poucas chuvas. O mês mais quente é Dezembro com média mínima de 20.4°C e média máxima de 32.7°C. O mês mais frio é Julho com média mínima de 17.1°C e média máxima de 28.1°C.

## **2.2. Técnica de manutenção de *Aedes aegypti* em laboratório**

A metodologia de criação de *Aedes aegypti* seguiu aquela descrita por Beserra et al., (2006). As palhetas de eucatex contendo ovos do vetor provenientes do campo foram colocadas para secar por 48h e, em seguida, acondicionadas em bandejas plásticas de cor branca (40 x 27 x 7,5 cm), com um terço de sua capacidade preenchida com água de torneira.

Após a eclosão, ração para peixe ornamental (Alcon/Goldfish crescimento) foi oferecida na proporção de 100 mg/bandeja, sendo as mesmas cobertas por tela de malha fina. As pupas, após sexadas, foram acondicionadas em copos descartáveis de 250 ml com água destilada e colocados em gaiolas de manutenção dos adultos (40 cm x 40 cm x 30 cm), mantendo-se a densidade de 200 indivíduos (100 machos e 100 fêmeas).

Os adultos foram alimentados com solução de mel a 20%. Às fêmeas foi oferecido repasto sanguíneo em codornas da espécie *Coturnix japonica*, durante 15 min, três vezes por semana. Para o repasto, procedeu-se com a imobilização das aves por meio de anestesia intramuscular. Após o repasto, os ovos foram coletados em um funil plástico revestido por um papel filtro dentro de um copo com água, que serviu de substrato para a oviposição.

## **2.3 Identificação das espécies de *Aedes* ssp**

Para se evitar possíveis interferências entre as espécies de *Aedes* ssp coletadas nas áreas de estudo, as palhetas dos respectivos quarteirões com ovos coletados das ovitrampas, após quantificadas, foram submersas em recipientes individuais. Ao atingirem o 4º instar, as larvas foram fixadas sobre lâmina para identificação da espécie com base nos caracteres morfológicos do 8º segmento abdominal, que diferencia *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, de acordo com a chave de classificação descrita em Consoli, Lourenço-de-Oliveira (1994). Um percentual de 30% para cada recipiente com larvas foi identificado.

## **2.4 Tendências climáticas com base na temperatura para o desenvolvimento de *Aedes aegypti***

Para se calcular as tendências de temperatura para as regiões de estudo, foram obtidos dados históricos anuais de temperatura do período compreendido entre 1975 a 2011, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O Banco abriga dados meteorológicos diários em forma digital, referentes a séries históricas da rede de estação do INMET (291 estações



meteorológicas convencionais).

Para cálculo dos índices foi utilizado o software RClindex 1.9.0. Este calcula todos os 27 índices básicos recomendados pela equipe de peritos do CCI/CLIVAR para Climate Change Detection Monitoring and Índices (ETCCDMI), assim como, outros índices de temperatura e precipitação com limites estabelecidos pelo usuário. O Rclindex perante dados faltosos ou descalibrados, realiza processo de ajuste com base nos seguintes procedimentos: 1) substitui todos os dados faltosos codificando-os como (-99,9), um formato interno reconhecido pelo R e 2) substitui todos os valores não aceitáveis por -99.9. Estes valores incluem: a) quantidades de precipitação diárias menores que zero e b) temperatura máxima diária menor que a temperatura mínima diária.

Um planilha formatada no Excel 2010 foi ajustada para formatação dos dados, contendo: 1) Colunas nas seguintes sequencias: ANO, MÊS, DIA (ordem cronológica), temperatura máxima (TMAX) e temperatura mínima (TMIN) (°C). 2) O formato descrito acima foi delimitado por espaços, em geral, com cada elemento separado por um ou mais espaços e (;) 3) Os dados faltosos foram codificados como -99.9 (Canadian International Development Agency, 2004).

## **2.5 Exigências térmicas para a biologia do desenvolvimento de *Aedes aegypti***

O ciclo biológico de cada espécie foi avaliado em seis temperaturas (16, 22, 28, 33, 36 e 39° C). Destas, as que representam os extremos de 16° e 39°C foram calibradas pelas tendências lineares de temperatura onde se representou possíveis cenários futuros de temperatura média para o ano de (2032) para as regiões estudadas de João Pessoa, Patos e Campina Grande. Com fotofase de 12h e umidade relativa de 70%, utilizou-se a primeira geração de laboratório (F1). Cinco copos descartáveis de 500 ml com água destilada foram utilizados para se mergulhar ovos de *A. aegypti* coletados dos três municípios da pesquisa. As avaliações foram diárias, registrando-se para cada temperatura, o período de desenvolvimento e a mortalidade das fases de ovo, larva e pupa, a emergência, a longevidade e a fecundidade dos adultos, conforme as cinco réplicas utilizadas com 20 larvas cada uma.



Figura 1 - Réplicas com ovos de *Aedes aegypti* dispostas em B.O.D para avaliação da fase aquática. Laboratório de Entomologia, UEPB.

As variáveis biológicas foram analisadas por meio da Análise de variância (ANOVA). Foram verificados os pressupostos da ANOVA através da família de transformação ótima de Box-Cox (1964) e o teste de Hartley (1950) foi aplicado para verificar homogeneidade de variâncias. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado num esquema fatorial  $3 \times 6$ , ou seja, 18 tratamentos. Os tratamentos constituíram-se dos níveis dos fatores temperatura (16, 22, 28, 33, 36 e  $39^{\circ}\text{C}$ ) e populações (João Pessoa, Campina Grande e Patos). Uma vez verificado os pressupostos da ANOVA, aplicou-se o teste F ( $p < 0,05$ ) com objetivo de verificar possíveis diferenças entre os fatores e sua interação. Prosseguiu-se com as análises realizando-se o desdobramento dos fatores por meio do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os dados foram analisados utilizando-se o programa computacional (SAS/STAT, 2003).

Equações lineares de regressão  $y_i = a_i + b_i t$  foram estimadas entre o inverso do desenvolvimento (**1/D variável resposta,  $y_i$  – dias**) e as temperaturas estudadas (variável dependente,  $t$  -  $^{\circ}\text{C}$ ). A temperatura base ( $T_b$ ) foi estimada pela relação do intercepto com o coeficiente linear da equação (**i.e.,  $T_b = -a_i/b_i$** ), resultante da estimativa de desenvolvimento zero na equação ( **$0 = a_i + b_i t$** ). A constante térmica (**K**), expressa em graus-dia, foi calculada pelo inverso do coeficiente linear ( **$K = 1/b_i$** ) (SANTANA et al., 2010).

A partir dos dados biológicos obtidos na temperatura na qual o ciclo foi completado em menor tempo e, em função da constante térmica do ciclo biológico e do total de graus-dia disponíveis para as populações no ano, foi estimado o número de gerações anuais das espécies

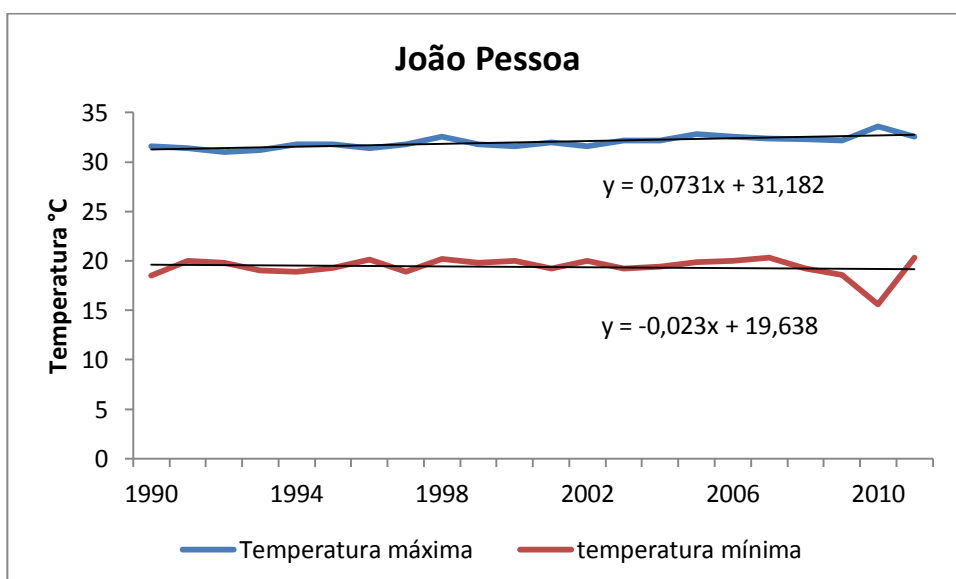
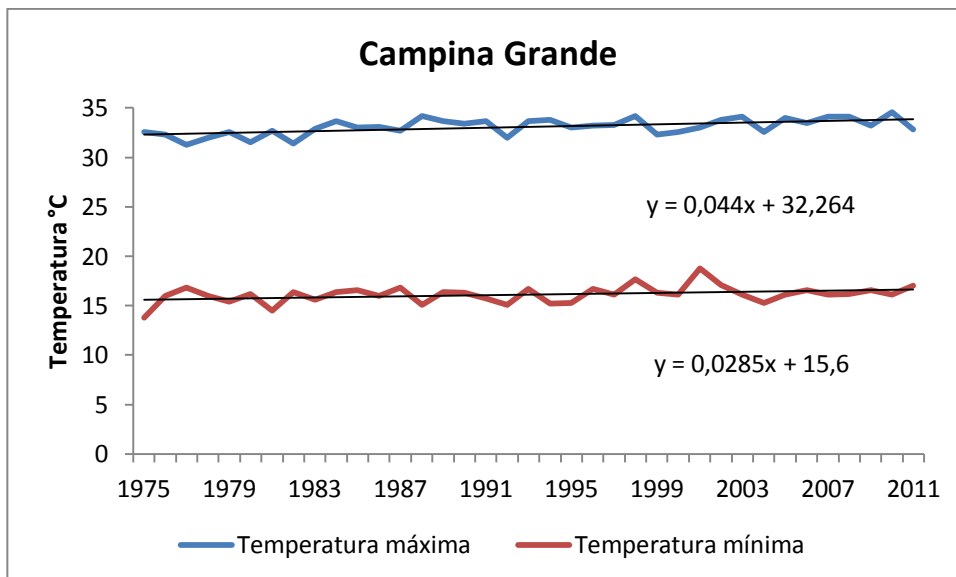
em laboratório. O número provável de gerações anuais dos insetos em campo foi estimado com base em suas exigências térmicas e nas normais térmicas das áreas de procedência dos insetos, obtidas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e calculados através da equação abaixo, onde T foi o tempo considerado em ano e tc, as temperaturas médias mensais das regiões de estudo, sendo K e tb a constante térmica e a temperatura base, respectivamente:

$$NG = [T (tc - tb) / K]$$

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Tendências de temperatura máxima e mínima

As tendências de temperatura para as regiões de estudo apresentaram favorabilidades para o aumento da temperatura máxima conforme o passar dos anos de forma linear. Contudo os resultados para as tendências foi não significativo ao nível 0,05 em todas as mesorregiões avaliadas, bem como foram excluídos das séries temporais os anos que apresentaram dados incompletos, o que resultou na diferença em anos para as três séries. Conforme as séries temporais validadas pelo software Rclindex, das normais climatológicas de cada região, houve acréscimo nas temperaturas máximas das três localidades estudadas, enquanto que para a temperatura mínima, apenas Campina Grande apresentou tendência de elevação (figura 2).



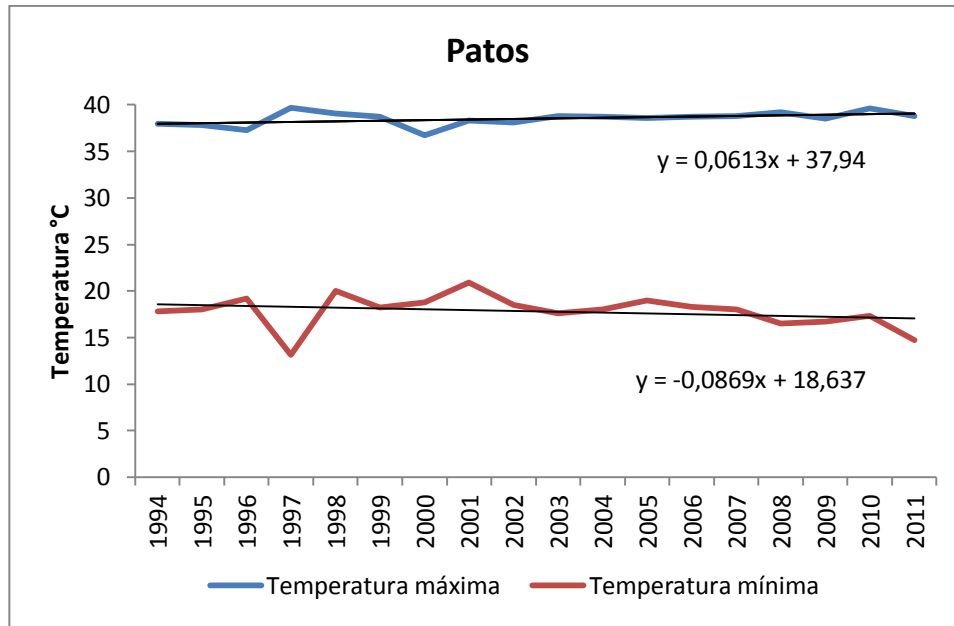


Figura 2 - Tendências das temperaturas máxima e mínima para os municípios de Campina Grande, João Pessoa e Patos, com base na série de dados históricos INMET.

O município de João Pessoa apresentou uma tendência de aumento de 0,073 °C/ano para a temperatura máxima e redução de -0,023°C/ano para a temperatura mínima. A estimativa da temperatura máxima, em João Pessoa, até 2032, foi de 32,6 °C, enquanto que para a temperatura mínima foi de 19,1 °C. O município de Campina Grande apresentou uma tendência de aumento de 0,044 °C/ano para a temperatura máxima e 0,028 °C/ano para a temperatura mínima, de modo que em 2032, Campina Grande estará com temperatura máxima de 33,1° C e mínima de 16,1° C. A tendência de temperatura para Patos foi de 0,061 °C/ano para a temperatura máxima e -0,0869 °C/ano para a temperatura mínima. Para o ano de 2032, o município de Patos apresentará temperatura máxima de 39,1°C e mínima de 16,8° C

Como as tendências são anuais, foi necessário multiplicar por 10 para se obter as tendências decadais. Como projetou-se as médias das temperaturas máxima e mínima para o ano de 2032, totalizou-se 2 décadas ou 20 anos, a partir de 2012. Com base nas tendências, foi possível calibrar de forma linear, as temperaturas das três mesorregiões. Partindo-se da menor temperatura mínima estimada (16°C) até a temperatura máxima (39°C) e as exigências do método da hipérbole, calibrou-se as demais temperaturas a cada 6°C, 5°C e 3°C de diferença para estudo da Biologia de *Aedes aegypti*, implicando em faixas de temperaturas constantes de 16, 22, 28, 33, 36 e 39°C.

### 3.2 Ciclo de vida aquático de *A. aegypti* em seis temperaturas constantes

O ciclo de vida aquático de *A. aegypti* apresentou respostas distintas quanto à duração do desenvolvimento nas três populações avaliadas, já que duração em dias foi inversamente proporcional ao aumento da temperatura. As temperaturas médias das águas em que ocorreram os desenvolvimentos da fase de larva das três populações de *A. aegypti* estudadas variaram de 15,0 a 15,7°C; 21,0 a 21,7°C; 27,2 a 27,5°C; 32,0 a 32,8°C; 34,9 a 35,5°C; 38,1 a 38,7 para as temperaturas controladas de 16°C, 22°C, 28°C, 33°C, 36°C e 39°C respectivamente.

As fases de ovo, larva e pupa e do ciclo completo (ovo-adulto) de cada população, apresentaram respostas similares quando se considera o efeito conjunto da variável preditora (temperatura), mas para a intensidade da resposta em cada população ocorreram variações significativas, demonstrando serem estas populações diferentes quanto aos seus padrões de desenvolvimento com relação ao efeito térmico (Tabela 1 a 3). Não ocorreu à 39° C (temperatura da água 37,8 – 38,5°C), desenvolvimento embrionário nem sobrevivência dos estágios larvais para as três populações avaliadas, sendo esta temperatura excluída das análises estatísticas.

O período de desenvolvimento embrionário das populações de *A. aegypti* variaram de 13,4 dias à 16°C a 2,59 dias à 36°C. Deve-se ressaltar a ocorrência de interação significativa entre população e temperatura com relação ao período de desenvolvimento embrionário em todas as temperaturas avaliadas, sendo em média de 5,86, 5,03 e 5,92 dias para as populações de Campina Grande, João Pessoa e Patos, respectivamente (tabela 1).

**Tabela 1.** Duração em (dias) ( $X \pm EP$ ) do desenvolvimento embrionário de populações de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) dos municípios de Campina Grande, João Pessoa e Patos na Paraíba, em cinco temperaturas e fotofase de 12 horas.

População	Desenvolvimento embrionário (dias) / Temperatura <sup>1,2</sup>					Média Geral
	16°C	22°C	28°C	33°C	36°C	
Campina Grande	13,4±0,47aA	7,68±0,59bA	3,35±0,62cA	2,70±0,41cB	3,66±0,59cA	5,86±3,95A
João Pessoa	10,4±0,59aB	5,16±0,30bB	3,15±0,40cA	2,61±0,64cB	3,48±0,32cA	5,03±3,01B
Patos	11,5±0,66aB	7,92±0,65bA	3,32±0,48cdA	4,23±0,43cA	2,59±0,36dA	5,92±3,46A
<b>CV (%)</b>	<b>9.32</b>					

<sup>1</sup>, médias originais; para efeito da análise estatística os dados foram transformados em  $\log(x)$ ; <sup>2</sup>, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Houve efeito da temperatura sobre a viabilidade das fases de ovo, larva e pupa de *A. aegypti*, porém não houve interação significativa entre a origem da população e temperatura (Tabela 2), significando que independente do local de coleta das amostras do vetor, a temperatura influenciará de forma similar para todas as populações. Em média a viabilidade foi de 83,2%, 81,9% e 91,6% para as fases de ovo, larva e pupa, respectivamente.

**Tabela 2.** Estatística F da Viabilidade (%) das fases de ovo, larva e pupa de populações de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) dos municípios de Campina Grande, João Pessoa e Patos na Paraíba em cinco temperaturas e fotofase de 12 horas

Variáveis	Estatística F		
	Ovo	Larva	Pupa
<i>Temperatura</i>	79,32*	44,67*	29,64*
<i>Local</i>	2,37 <sup>ns</sup>	5,66*	1,03 <sup>ns</sup>
<i>Temp*Local</i>	0,47 <sup>ns</sup>	1,79 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>
Campina Grande	81,8±14,57	78,2±21,97	91,2±11,79
João Pessoa	85,2±14,38	80,0±15,74	91,0±12,37
Patos	82,59±16,23	87,7±14,59	92,6±10,71
<b>Média Geral</b>	<b>83,2</b>	<b>81,9</b>	<b>91,6</b>
<b>CV</b>	<b>7,09</b>	<b>11,5</b>	<b>7,79</b>

\* Significativo ao nível de (0,05)

<sup>ns</sup> não significativo ao nível de (0,05)

Os períodos de desenvolvimento em dias das fases de ovo, larva, pupa e do ciclo ovo-adulto sofreram acentuada redução com o aumento da temperatura, sendo registrados nos extremos de temperaturas (16 e 36 °C) os maiores e menores períodos de desenvolvimentos, respectivamente. Constatou-se que a duração do desenvolvimento para as fases de larva, pupa e ovo à emergência do adulto diferiu significativamente entre as temperaturas avaliadas, sendo os menores períodos observados para a população de João Pessoa (com média geral de 10,39; 3,11 e 18,36 para as fases de larva, pupa e ovo à adulto, respectivamente). Constatou-se ainda que nas temperaturas de 16 °C e 22 °C, o ciclo de ovos à emergência do adulto, foi significativamente maior para *A. aegypti* proveniente de Campina Grande (Tabela 3).

Tabela 3. Duração (dias) das fases de larva, pupa e de ovo à emergência do adulto de populações de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) dos municípios de Campina Grande, João Pessoa e Patos na Paraíba em cinco temperaturas e fotofase de 12 horas .

População	Fases de desenvolvimento/temperatura <sup>1</sup>					Média Geral
	16°C	22°C	28°C	33°C	36°C	
	(15,0-15,7°C) <sup>2</sup>	(21,0-21,7°C)	(27,2-27,5°C)	(32,0-32,8°C)	(34,9-35,5°C)	
<b>Fase Larval</b>						
Campina Grande	20,51±1,45aA	13,40±0,54bA	6,16±0,63cdA	6,70±0,37cA	5,17±0,79dA	10,39±6,0A
João Pessoa	19,86±0,70aA	12,49±0,49bA	7,20±0,46cA	6,12±0,72cdA	5,26±0,35dA	10,19±5,58A
Patos	20,19±1,01aA	12,12±0,49bA	7,25±0,30cA	7,12±0,38cA	5,43±0,97dA	10,42±5,51A
<b>CV</b>	<b>6,90</b>					
<b>Fase de Pupa</b>						
Campina Grande	6,97±1,53aA	3,68±0,70bA	2,08±0,48cA	2,51±0,33bcA	1,29±0,30dA	3,30±2,16A
João Pessoa	5,95±0,74aA	3,25±0,50bA	2,16±0,69bcA	2,69±0,27bA	1,50±0,39cA	3,11±1,64A
Patos	7,06±1,61aA	3,38±0,91bA	2,51±0,34bcA	1,88±0,16cA	1,30±0,18cA	3,22±2,21A
<b>CV</b>	<b>23,31</b>					
<b>Ovo-adulto</b>						
Campina Grande	41,42±2,56aA	24,76±1,06bA	11,59±0,57cA	11,92±0,43cA	10,13±1,29dA	19,96±12,2A
João Pessoa	36,28±1,63aB	20,91±0,54bB	12,52±0,49cA	11,43±0,64cdA	10,67±1,40dA	18,36±9,93B
Patos	38,82±1,46aAB	23,42±1,46bAB	13,08±0,60cA	13,24±0,46cA	9,33±0,90dA	19,58±10,9A
<b>CV</b>	<b>6,51</b>					

<sup>1</sup>, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); <sup>2</sup>, variação da temperatura da água em que ocorreu o desenvolvimento larval de *Aedes aegypti*.



### 3.3 Longevidade de adultos e número de ovos por fêmea de *Aedes aegypti*

Detectou-se interações significativas entre população e temperatura com relação à longevidade e fecundidade das fêmeas, havendo reduções drásticas das longevidades para todas as populações quando os organismos adultos foram submetidos às temperaturas de 16 °C e 36 °C, sendo esta diminuição iniciada a partir dos 28 °C para as fêmeas e machos das três populações. As populações oriundas do município de João Pessoa foram as que apresentaram as maiores longevidades na faixa de temperatura de 22°C, registrando para os machos 35,5 dias e para as fêmeas a 34,7 dias (Tabela 4).

Não há uniformidade na longevidade para machos e fêmeas entre as populações e temperaturas, onde se observou que para a população de Campina Grande, as fêmeas foram mais longevas que os machos nas temperaturas de 16, 28 e 33 °C e menos longevas em 22 e 36 °C. Já os machos da população de João Pessoa foram mais longevos que as fêmeas da própria população, exceto para a temperatura de 36 °C. Os machos da população de Patos apresentaram maiores longevidades do que as fêmeas em todas as temperaturas. Considerando-se a média geral das longevidades em todas as amostras constatou-se diferenças significativas entre as populações, sendo esta de 16,7; 22,45 e 19,27 para as fêmeas e de 17,04; 22,98 e 20,71 para os machos das populações de Campina Grande, João Pessoa e Patos, respectivamente.

Os extremos de temperatura de 16 °C e 36 °C diminuíram consideravelmente o número de ovos por fêmea das três populações avaliadas, onde se registrou para o município de Patos à 16° C, o menor número de ovos/fêmea (média de 1,46) e à 36 °C para o município de Campina Grande (média de 16,1 ovos/fêmea). O maior número de ovos/fêmea foi constatado a 28 °C para as fêmeas da população de João Pessoa (média de 262,3). Considerando-se a média geral de todas as populações, as fêmeas da população de João Pessoa (101,6 ovos/fêmea) foram as mais fecundas enquanto que as fêmeas da população de Campina Grande obtiveram a menor fecundidade (40,7 ovos/fêmea).

Tabela 4. Longevidade dos adultos (dias) e número de ovos/fêmea de populações de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) dos municípios de Campina Grande, João Pessoa e Patos na Paraíba em cinco temperaturas e fotofase de 12 horas.

População	Temperatura <sup>1,2</sup>					Média Geral
	16°C	22°C	28°C	33°C	36°C	
<b>Longevidade dos Machos</b>						
Campina Grande	10,89±3,83bA	29,26±2,03aAB	21,94±3,32abB	14,75±5,11bB	8,32±1,50bA	17,04±8,40B
João Pessoa	15,37±2,64cA	35,55±3,41aA	32,06±2,26aA	23,18±3,38bA	8,72±1,43cA	22,98±10,5A
Patos	10,86±1,38bA	27,59±4,16aB	31,05±3,92aA	23,54±1,19aA	10,53±2,13bA	20,71±9,1A
<b>CV</b>	<b>14,88</b>					
<b>Longevidade das Fêmeas</b>						
Campina Grande	12,93±2,44bcA	25,44±4,13aB	23,30±2,16aB	15,05±3,33bB	7,10±1,45cA	16,76±7,39C
João Pessoa	14,76±2,74cA	34,71±1,88aA	30,08±3,95aA	22,16±1,98bA	10,53±1,68cA	22,45±9,56A
Patos	10,22±2,73bA	26,56±1,56aB	27,45±2,05aAB	22,64±2,11aA	9,49±3,77cA	19,27±8,38B
<b>CV</b>	<b>13,72</b>					
<b>Número de Ovos/Fêmea<sup>3</sup></b>						
Campina Grande	3,50±1,44dA	79,22±11,2aB	64,42±8,65abB	40,4±11,7bA	16,12±8,83cA	40,73±30,1C
João Pessoa	2,75±1,51dA	161,5±7,34bA	262,3±19,7aA	51,3±10,5cA	30,57±14,1cA	101,6±99,8A
Patos	1,46±0,70dA	126±23,3aAB	181,3±43,1aA	52,92±10,8bA	22,27±8,73cA	76,79±71,53B
<b>CV</b>	<b>21,5</b>					

<sup>1</sup>, médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05); <sup>2,3</sup>, médias originais; para efeito da análise estatística os dados foram transformados em log (x)

### 3.4 Necessidades térmicas para o desenvolvimento e estimativa do número de gerações anuais de *A. aegypti*

A velocidade de desenvolvimento do ciclo de vida de *A. aegypti* respondeu significativamente ao aumento da temperatura, conforme demonstram as regressões estimadas (Figura 3).

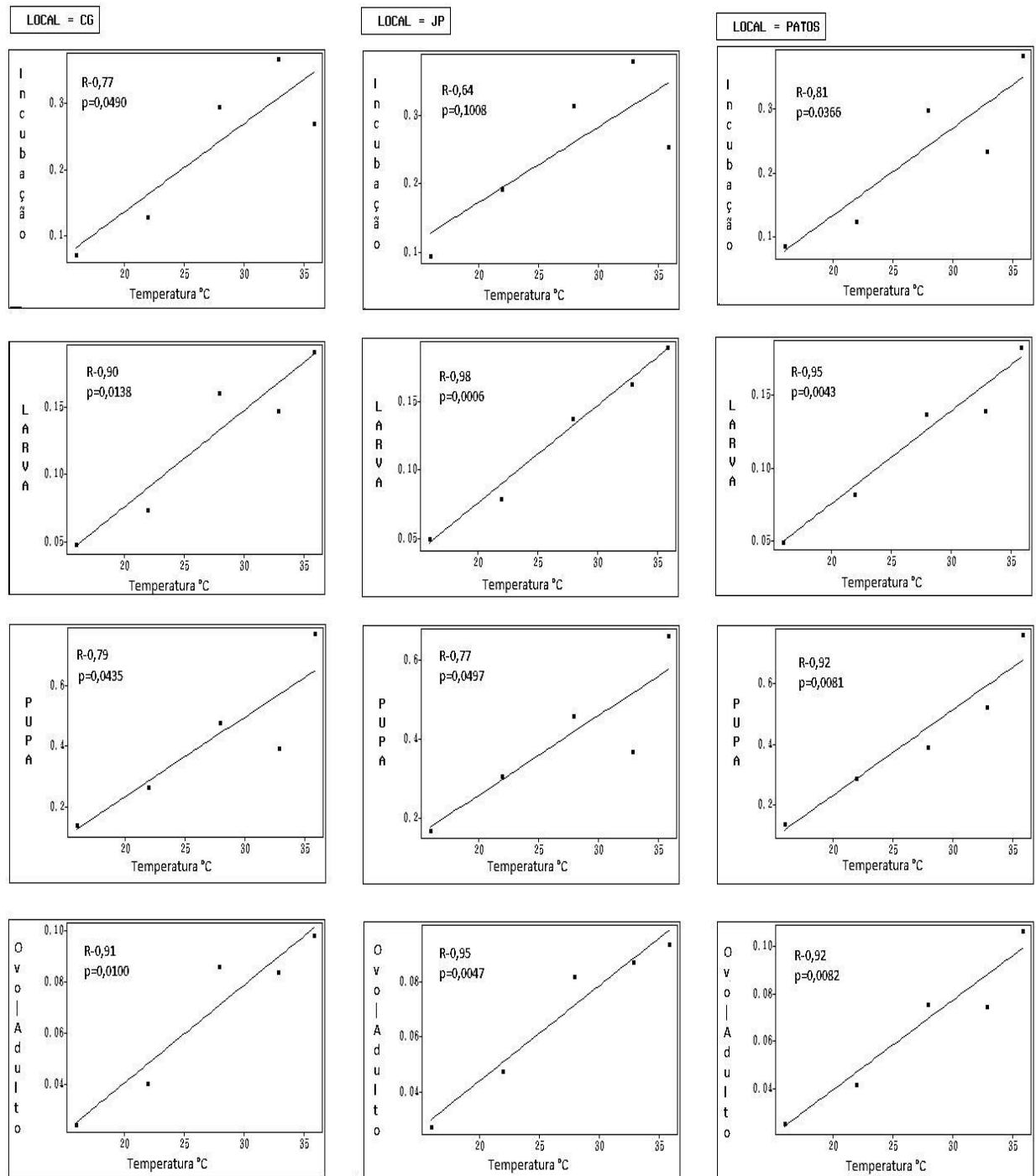


Figura 3 - Velocidade de desenvolvimento em função da temperatura para as fases de incubação, larva, pupa e ovo-adulto de três populações dos Municípios de Campina Grande, João Pessoa e Patos, respectivamente.

Os valores estimados para as temperaturas bases ( $t_b$ ) e as constantes térmicas (K) para as fases de ovo, larva, pupa e de ovo à emergência do adulto para as populações de Campina Grande, João Pessoa e Patos, variaram entre as fases do desenvolvimento dos imaturos e o ciclo completo do vetor.

Dentre as populações avaliadas, João Pessoa apresentou a menor temperatura base ( $4,3^\circ\text{C}$ ) para o período embrionário enquanto que o maior valor foi para a fase de pupa da população de Patos ( $11,9^\circ\text{C}$ ). Constatou-se que as fases de ovo, pupa e de ovo à emergência do adulto da população de João Pessoa e a fase de larva da população de Patos, devido aos baixos valores de suas respectivas temperaturas bases, são as que podem apresentar maiores tolerâncias à diminuição da temperatura ambiente (Tabela 5).

As constantes térmicas obtidas das fases de ovo, larva e pupa foram de 74,6; 139,8; 38,2 graus-dia (GD) para a população de *A. aegypti* de Campina Grande; 90,9; 140,8; 49,8 (GD) para a de João Pessoa e 73,3; 156,9; 35,4 para a de Patos. Como a constante térmica representa a somatória das temperaturas favoráveis (graus-dias obtidos dia após dia) ao desenvolvimento do inseto, neste estudo foram requeridos 261,0; 290,6 e 264,5 GD para finalizar o ciclo de ovo à emergência dos adultos de *A. aegypti* provenientes de Campina Grande, João Pessoa e Patos, respectivamente.

Para cada temperatura utilizada para a fase de desenvolvimento embrionário à emergência do adulto, a variação entre elas foi demonstrada pela diferença dos coeficientes angulares das equações de regressão. Neste sentido, as populações de Patos apresentaram maiores coeficientes angulares na fase de ovo (0,01363) e pupa (0,02824), o que expressa o aumento da velocidade de desenvolvimento em função da temperatura. Contudo, para a fase larval, as populações de Campina Grande responderam melhor à variação da temperatura, já que para cada variação daquela, a velocidade de desenvolvimento aumentará em 0,00715 vezes, seguido de João Pessoa que terá como velocidade inicial de 0,0710. O coeficiente angular reflete o quanto a velocidade de desenvolvimento aumenta quanto maior for a temperatura.

Tabela 5. Temperatura base (tb), constante térmica (K), intercepto (a) e coeficiente angular (b) da equação de regressão da velocidade de desenvolvimento e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do desenvolvimento de populações de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) dos municípios de Campina Grande, João Pessoa e Patos na Paraíba, fotofase de 12 horas.

População	Fases de desenvolvimento				
	Tb (°C)	K (GD)	a ± erro padrão	b± erro padrão	R <sup>2</sup>
<b>Fase de Ovo</b>					
Campina Grande	9,92	74,6	-0,13286±0,11663	0,01339±0,00417	0,77
João Pessoa	4,32	90,9	-0,04758±0,13102	0,01099±0,00469	0,64
Patos	10,35	73,3	-0,14111±0,10571	0,01363±0,00378	0,81
<b>Fase de larva</b>					
Campina Grande	9,41	139,8	-0,06734±0,03843	0,00715±0,00137	0,90
João Pessoa	9,45	140,8	-0,06713±0,01274	0,00710±0,00045	0,98
Patos	8,31	156,9	-0,05298±0,02273	0,00637±0,00081	0,95
<b>Fase de Pupa</b>					
Campina Grande	11,1	38,2	-0,29193±0,21694	0,02612±0,00776	0,79
João Pessoa	7,31	49,8	-0,14683±0,17590	0,02006±0,00629	0,77
Patos	11,9	35,4	-0,33578±0,12554	0,02824±0,00449	0,92
<b>Fase de Ovo-adulto</b>					
Campina Grande	9,57	261,0	-0,03667±0,01830	0,00383±0,00065	0,91
João Pessoa	7,30	290,6	-0,02513±0,01259	0,00344±0,00045	0,95
Patos	9,65	264,5	-0,03648±0,01688	0,00378±0,00060	0,92

Tomando-se por base as temperaturas avaliadas em laboratório e as exigências térmicas para o desenvolvimento de *A. aegypti*, constatou-se que o número de gerações anuais pode variar entre 8,7 (a 16° C) a 37 gerações anuais em laboratório (a 36° C). Já com base nas normais climatológicas de cada região de coleta do vetor, observa-se que em Patos, há um número maior de gerações do inseto em relação a Campina Grande e João Pessoa (Tabela 6), portanto há uma probabilidade maior de aumento populacional mais rápido naquele município.

Tabela 6. Número de Gerações Anuais estimados para campo e laboratório das populações de *Aedes aegypti* dos municípios de Campina Grande, João Pessoa e Patos.

População	Número de Gerações Anuais					
	Normal Climatológica	Temperaturas (°C)				
		16	22	28	33	36
Campina Grande	23,6	9,0	17,3	25,7	32,7	37,0
João Pessoa	24,7	10,9	18,4	26,0	32,2	36,0
Patos	28,0	8,7	17,0	25,3	32,2	36,3

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Tendências Climáticas

Nos países neotropicais, as projeções atuais de aumento nas temperaturas (cenários) sugerem que as médias diárias de 29° C podem no futuro aumentar entre 30,4 e 34,8°C (IPCC, 2007). As tendências climáticas estimadas para as regiões de Campina Grande, João Pessoa e Patos, são similares aos dados observados no 4° relatório do IPCC (2007), onde nos últimos 100 anos vem acontecendo um progressivo aumento na temperatura, provocada pela variabilidade climática e, principalmente, pelas atividades antrópicas.

Em Fevereiro de 2007 o IPCC divulgou os resultados do seu Quarto Relatório de Avaliação das Mudanças Climáticas do planeta, chamado de IPCC-AR4 (Alley et al., 2007), onde evidencia-se um aumento médio global das temperaturas entre 1,8°C e 4,0°C até 2100. Segundo o IPCC (2007), para as próximas duas décadas, projeta-se um aquecimento de cerca de 0,2°C por década para uma faixa de cenários de emissões do Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (RECE).

Em estudo realizado por Santos et al (2010) onde se estimaram as tendências climáticas do Nordeste do Brasil (NEB) para os cenários de 2050 e 2100, os resultados obtidos indicaram tendências crescentes nas séries temporais de temperatura do ar, estatisticamente significativas. As maiores taxas foram encontradas para a situação climática atual e para o cenário do ano de 2050, e menor aumento de seus valores entre os cenários de 2050 e 2100. Aqueles autores, ao analisarem as temperaturas médias nas capitais do Nordeste brasileiro, destacaram a estação de Teresina, no estado do Piauí, que apresentou o menor acréscimo de temperatura média do ar, de 0,0144 °C ano<sup>-1</sup>, resultando um aumento de 0,62 °C para o cenário de 2050 e de 1,34 °C para o cenário de 2100. Para São Luís, Maranhão, a tendência foi de 0,0145 °C ano<sup>-1</sup>; Segundo os mesmos autores, os resultados das tendências, são superestimados pelas previsões apresentadas para o NEB no relatório AR4 do IPCC (2007), o que ocorre também para a presente pesquisa.

Os cenários aqui apresentados sugerem que nas regiões neotropicais há uma tendência de aumento da temperatura ao longo dos anos. Segundo o IPCC (2007) as médias diárias de 29° C podem, no futuro, aumentar para 30,4 a 34,8°C , o que também foi observado para João Pessoa (32,6°C até 2032). Assim, pode-se inferir que como consequência para as populações de *A. aegypti*, a elevação da temperatura favoreceria a expansão das áreas de ocorrência do vetor e sua persistência, já que as temperaturas estimadas estariam dentro da faixa favorável ao desenvolvimento como observado na figura 07 e nas tabelas de 01 a 06. Nestas condições, ocorreriam respostas evolutivas favoráveis à sobrevivência e estabelecimento das populações do vetor (HOFFMAM, 2011; TUN-LIN et al, 2000; VARGAS et al, 2010).

#### **4.2 Efeito da Temperatura no Ciclo de Vida de *Aedes aegypti***

As temperaturas avaliadas possibilitaram o desenvolvimento completo das populações de *A. aegypti* das três regiões avaliadas e não causou efeitos deletérios, exceto para temperatura de 39°C que não permitiu o desenvolvimento embrionário e provocou a morte em poucas horas das larvas que conseguiram eclodir. Deve-se salientar que apesar da não obtenção de dados à temperatura de 39°C, o fato de se ter observado a eclosão de algumas larvas nas amostras, indica uma provável resposta fisiológica à alta temperatura da água que variou de 37,9 à 38,5°C.

A redução da taxa de desenvolvimento ou mesmo a morte do organismo é efeito esperado quando se aproxima da temperatura letal. Este processo justifica-se pelo fato de que os insetos quando expostos a temperaturas favoráveis ao ciclo de vida, obtém desenvolvimento em todos os estágios e aumentam a velocidade daquele com o aumento da elevação térmica. Ou seja, após ultrapassar a temperatura ótima de desenvolvimento, um aumento de temperatura excedente causará interferências na taxa de desenvolvimento do inseto e poderá leva-lo à morte (TORRES et al., 2002; AGHDAM et al., 2009; SANTANA et al., 2010).

No entanto para as amostras populacionais do vetor dos municípios de Campina Grande, João pessoa e Patos, a faixa ótima de desenvolvimento para a fase de ovo a emergência do adulto encontra-se entre 22°C e 36 °C (tabelas 01 a 03), o que também foi constatado por Beserra et al (2009). Segundo esses autores há uma relação inversa entre tempo de desenvolvimento e temperatura onde os menores períodos de duração



das fases de ovo, larva e pupa ocorreram com o aumento da temperatura, e que a faixa ótima de desenvolvimento encontra-se entre 22°C e 32 °C.

Para o período de desenvolvimento embrionário dos ovos houve uma redução de aproximadamente 9 dias quando os ovos foram mantidos a 33°C e 36°C em relação à temperatura de 16°C. Essas diferenças quanto ao padrão de desenvolvimento já foram evidenciadas em populações de *A. aegypti* procedentes das mesorregiões do agreste e sertão do estado da Paraíba, nos municípios de Campina Grande, Brejo dos Santos, Boqueirão, Remígio e Itaporanga, onde as diferenças constatadas em relação ao padrão de desenvolvimento seriam intrínsecas à cada população avaliada, como consequência das adaptações eco-climáticas às suas regiões de origem (BESERRA et al., 2006).

As médias da viabilidade do estágio de ovo, larva e pupa observada para as populações estudadas, apesar de não ter ocorrido interação significativa entre as populações e a temperatura, foi considerada alta (acima de 80%). Relatos de altas viabilidades para *A. aegypti* são encontrados nos estudos de Farnesi et al., (2009), que ao testar diferentes temperaturas para a viabilidade de ovos de *A. aegypti* constatou que entre 16-31 °C, a viabilidade foi superior a 80 % e à 25°C encontrou porcentagem de eclosão de 96,0%. Altas taxas de viabilidade também já foram registradas nos trabalhos de Beserra et al. (2006) que encontraram viabilidades acima de 80,0% de eclosão de larvas para populações de *A. aegypti*. Estudos desenvolvidos por Tejerina et al. (2009) com quatro subpopulações de *A. aegypti* da província das Missões (Argentina), sob condições semi-naturais, registrou alta porcentagem de sobrevivência larval e pupal (97-100%), contudo não se detectando diferenças significativas entre as quatro subpopulações.

Relatos dos efeitos da temperatura sobre o ciclo de vida de culicídeos vetores são encontrados em várias pesquisas (RIBEIRO et. al., 2004; CALADO & NAVARRO-SILVA, 2002; MOHAMMED; CHADEE, 2011; ZEQUI e LOPES, 2012). Trips e Shemanchuk (1970) ao estudarem o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento das larvas de *Aedes vexans* (MG.) constataram que a temperatura mais compatível ao seu ciclo de vida era de 25 °C. À esta temperatura, 86% das larvas sobreviveram e puparam em 7 dias. À 10, 15, 20 e 30°C, o tempo de desenvolvimento larval foi de 46, 22, 10 e 8 dias, com taxas de sobrevivência de 17, 56, 74 e 71%, respectivamente. À temperatura de 5°C, todas as larvas morreram no primeiro instar.

Estudos com o vetor *Culex quiquefasciatus* Say, 1823, constataram desenvolvimento embrionário em temperaturas que variaram entre 10°C e 34°C,

excetuando-se a 5°C e a 40°C, e o período de desenvolvimento larval reduziu de 53,7 dias a 15°C para 7,4 dias a 30°C (COSTA et. al., 1994). Para essa mesma espécie também já se constatou que o período de pupa varia em média de 1,7 dias (30 °C) a 5,2 dias (15 °C) e a viabilidade manteve-se acima de 78% nas temperaturas de 20°C a 30° C, havendo um ligeiro declínio a 15°C (78%), evidenciando menor influência da temperatura sobre a viabilidade quando comparado ao estágio de larva (RIBEIRRO et. al., 2004).

É necessário esclarecer que há diferenças metodológicas entre os estudos citados e a presente pesquisa, como a questão do volume nos recipientes e a densidade larval utilizada que consequentemente geram respostas diversas para cada experimento. Contudo, os resultados suportam a afirmação de que os Culicídeos vetores, principalmente a espécie *Aedes aegypti*, apresenta a capacidade de responder imediatamente ao efeito da temperatura e suas variações, sem apresentar efeitos deletérios à longo prazo.

#### **4.3 Longevidade dos adultos e número de ovos por fêmea**

Os extremos térmicos de 16°C e 36°C diminuíram consideravelmente a longevidade dos adultos e a fecundidade das fêmeas, resposta fisiológica semelhante à encontrada por Costa et al (2010) que ao avaliar o efeito da temperatura e umidade em colônias de *A. aegypti*, observaram que as fêmeas responderam ao aumento da temperatura com redução na produção de ovos, tempo de oviposição e mudança nos padrões de postura. Aqueles autores relataram que à 25 ° C e 80% de umidade, as fêmeas de *A. aegypti* sobreviveram duas vezes mais e produziram 40% mais ovos em relação às fêmeas submetidas a 35 ° C e 80% de umidade, sugerindo que a intensidade do efeito da temperatura seja influenciado pela umidade selecionada.

Os resultados de longevidade e fecundidade do presente estudo se assemelham, aos relatados por Beserra et al (2009) onde demonstrou-se interações significativas entre população e temperatura com relação a longevidade e fecundidade dos adultos, ocorrendo diminuição das longevidades com o aumento da temperatura a partir dos 28°C, sendo significativamente maiores a 26°C para as fêmeas e a 22° e 26°C para os machos das três populações de *Aedes aegypti* avaliadas. Estudos realizados com outras espécies do gênero *Aedes*, como *A. albopictus*, também verificaram respostas na

longevidade com relação à temperatura para as fêmeas e machos (DELATTE et al., 2009; LÖWENBERG NETO e NAVARRO-SILVA, 2004).

#### **4.4 Exigências térmicas e número de gerações anuais**

Como a velocidade de desenvolvimento da fase aquática em função da temperatura ajustou-se ao modelo linear determinado através da recíproca da equação da hipérbole (HADDAD e PARRA, 1984), foi possível obter estimativas dos limites térmicos (tb) de desenvolvimento e as respectivas constantes térmicas (K), expressas em graus-dias (GD), para as fases de ovo, larva, pupa e de ovo à emergência do adulto, nas três populações avaliadas.

Para as fases de incubação e ovo-adulto do município de João Pessoa, houve uma redução significativa da temperatura base, o que reflete a capacidade da população em tolerar por mais tempo a redução gradativa da temperatura até o limite fixado pela temperatura base, faixa abaixo do qual cessaria o seu desenvolvimento. Deve-se ressaltar que na menor temperatura avaliada (16 °C) o vetor apresentou uma maior velocidade de desenvolvimento e, conseqüentemente, menor duração do período de ovo a adulto, demonstrando maior capacidade de tolerar baixas temperaturas em relação às demais amostras populacionais avaliadas.

Para todos os estágios avaliados, as populações dos municípios de Campina Grande, João Pessoa e Patos mantiveram temperaturas bases e graus-dias distintos entre si, efeito direto da diferença entre o desenvolvimento das formas imaturas de cada mesorregião. Ressalta-se que os valores obtidos para as populações de Campina Grande quanto à temperatura base e constantes térmicas, diferiram dos resultados obtidos por Beserra et al (2009) para o mesmo município, onde as temperaturas bases e as constantes térmicas estimadas para as fases de ovo, larva, pupa e de ovo à emergência do adulto foram de 3,54; 11,84; 12,38; 8,99 e 117,65; 69,20; 29,15 e 213,20 Graus Dias, respectivamente. Tais variações são conseqüências das diferenças estruturais e fisiológicas inerentes a cada estágio de desenvolvimento do inseto, que garante à espécie a capacidade de adaptação às variações ambientais (CALADO e NAVARRO-SILVA, 2002).

Para todos os municípios estudados, conforme o comportamento das populações ao efeito conjunto com as temperaturas em laboratório, expressos na tabela 6, haverá condições de ocorrência do vetor nas regiões de estudo por todo o ano. No caso da

população de Campina Grande que apresentou um maior número de gerações anuais do que nas demais localidades, tal fato estaria associado à rápida velocidade de desenvolvimento da população desta região, como pode ser verificado pelo coeficiente angular das equações de regressão estimadas para a fase de ovo à adulto, o que possibilitou a finalização do ciclo de vida em menor tempo.

De acordo com Silveira Neto (1976), muitas espécies de insetos apresentam ciclos que necessitam em cada estágio de desenvolvimento, de local diferente e exigência térmica compatível para cada fase e local, além da flutuação sazonal da temperatura. Embora a temperatura seja o principal fator limitante para o desenvolvimento dos insetos, outros fatores abióticos como a umidade relativa do ar, o fotoperíodo selecionado e a qualidade da dieta alimentar poderá modular a taxa de gerações ao ano (SANTANA et al., 2010).

## 5 CONCLUSÃO GERAL

A persistência do vetor nos bairros analisados deixa exposta a ineficiência das estratégias de combate incrementadas pelas secretarias de saúde dos municípios, onde os precários monitoramentos da população vetorial apenas na fase larval, bem como da evolução do número de casos de dengue na população humana, refletem a necessidade de inovações nos programas de erradicação do mosquito.

Os índices estimados a partir da coleta de ovos revelaram que as áreas estudadas estão com ocorrência de *Aedes aegypti*, onde o modelo de ovitrampa utilizado neste presente estudo foi eficiente para o monitoramento.

Neste sentido, o comportamento de oviposição de *Aedes aegypti* está dentro dos padrões identificados para a espécie, onde nos períodos de maior precipitação e altas temperaturas, a região urbana que apresentar o vetor, poderá ter infestações ou explosões populacionais recorrentes.

Conforme as tendências de temperaturas estimadas para os Municípios de Campina Grande, João Pessoa e Patos, as temperaturas máximas e mínimas obtidas, não oscilarão fora da temperatura favorável de desenvolvimento do inseto nos próximos anos, o que requererá maior atenção na prevenção de picos populações em determinados períodos, já que o inseto terá um número significativo de gerações obtidas ao longo do ano.

O vetor *Aedes aegypti* apresentou sucesso no desenvolvimento de seu ciclo de vida em 5 das 6 temperaturas avaliadas (16, 22, 28, 33 e 36° C). Para a temperatura de 39° C, ocorreram efeitos deletérios para o período embrionário e eclosão das larvas, o que demonstra que esta temperatura não é favorável ao seu ciclo de vida e está acima de seu limite térmico superior.

A fase aquática (ovo, larva e pupa) respondeu ao efeito da temperatura, com o tempo de duração em dias sendo inversamente proporcional ao aumento daquela, o que caracteriza a temperatura como o fator abiótico extrínseco que melhor modula a fisiologia do inseto. A longevidade dos adultos e a fecundidade das fêmeas não respondem adequadamente à temperatura de 16 e 36° C, o que indica que a faixa ótima para estes dois atributos da espécie ainda encontra-se entre 22° C e abaixo de 36°C.

As demais temperaturas possibilitaram o desenvolvimento do inseto, mesmo quando submetidos à temperaturas extremas de 16° C e 36°C, evidenciando uma possível adaptação fisiológica para suportar variações na temperatura da água nos

recipientes expostos às condições ambientais. Nos dias mais frios do ano que alcancem 16° C, o desenvolvimento larval não será afetado, mas apenas desacelerado, porque o inseto adaptado ao efeito térmico, não necessitará entrar em diapausa. O mesmo ocorrerá nas altas temperaturas do ano, onde em poucos dias, o inseto chegará à fase adulta. Neste contexto, a temperatura ótima favorável ao ciclo de vida de *Aedes aegypti*, encontra-se na faixa compreendida entre 22 à 33 °C.

Os valores das temperaturas bases para as três populações avaliadas e suas exigências térmicas refletem a capacidade da espécie em adaptar-se a condições ambientais adversas, porque a velocidade de desenvolvimento da fase aquática evidencia que a larva só passará para o próxima fase de pupa, quando o meio fornecer as condições adequadas à mudança ou ela própria conseguir adaptar-se aos escassos nutrientes disponíveis e promover sua transformação para pupa, repercutindo, provavelmente, no tamanho corporal da fase adulta.

## 6 REFERENCIAS

ACIOLI, R. V. **Uso de armadilhas de oviposição (ovitrampa) como ferramenta para o monitoramento populacional do *Aedes* spp. em bairros do Recife.** 140 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2007

ALENCAR, C. H. M. de **Infestação pelo *Aedes albopictus* (Skuse), em criadouros naturais e artificiais encontrados em áreas verdes na cidade de Fortaleza-Ceará** [Dissertação]. Fortaleza, 2008.

AGHDAM, H. R et al. Temperature-dependent development and temperature threshold of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Iran. **Environment Entomology** 38: 885-895, 2009.

BESSERA, E. B. et al. Biologia e Exigências Térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) Provenientes de Quatro Regiões Bioclimáticas da Paraíba. **Neotropical Entomology** 35(6), 2006.

BESSERA, E. B. *et al.* Ciclo de vida de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Diptera, Culicidae) em águas com diferentes características. **Iheringia, Sér. Zool.**, Porto Alegre, 99(3):281-285, 2009.

BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformations (with discussion). Journal of the Royal Statistical Society, Paris, Séries B, v. 26, p. 211-252. 1964.

BRAGA, I. B; VALLE, D ***Aedes aegypti*: vigilância, monitoramento da resistência e alternativas de controle no Brasil.** Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, 16(4):261-278, out-dez, 2007. Disponível em:< [scielo.iec.pa.gov.br/pdf/ess/v16n4/v16n4a06.pdf](http://scielo.iec.pa.gov.br/pdf/ess/v16n4/v16n4a06.pdf) >. Acesso dia 09 de março de 2012.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 27. Julho 2012, 2006.

BRASIL, Instituto nacional de meteorologia. Normais climatológicas. Disponível em:< <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em 12 de Janeiro de 2013.

BRASIL, Ministério da saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Dengue instruções para pessoal de combate ao vetor: manual de normas técnicas.** 3. ed., rev. - Brasília: Disponível em:<[www.funasa.gov.br/internet/arquivos/museu/galeria/armadilha.asp](http://www.funasa.gov.br/internet/arquivos/museu/galeria/armadilha.asp)>. Acesso dia 16 de fevereiro de 2011, 2001.

BRASIL, Ministerio da integração nacional. Relatório Final do Grupo de trabalho interministerial para redelimitação do semi-árido nordestino e do polígono das secas.

Disponível em <[http://www.integracao.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=090e3f78-bde3-4a1b-a46c-da4b1a0d78fa&groupId=10157](http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=090e3f78-bde3-4a1b-a46c-da4b1a0d78fa&groupId=10157)>, 2005.

CALADO, D. C.; SILVA, M. A. N. Influência da temperatura sobre o *Aedes albopictus*. **Rev Saúde Pública** 36(2):173-9, 2002.

CONSOLI, R.A.G.B; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. 1994., Fiocruz, Rio de Janeiro. 225pp. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**

COSTA, E. A. P. A; SANTOS, E. M. M; CORREIA, J. C; ALBUQUERQUE, C. M. R; Impact of small variations in temperature and humidity on the reproductive activity and survival of *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). **Rev. Bras. entomol.**, vol.54, n.3, pp. 488-493. ISSN 0085-5626. 2010

COSTA, P.R.P. et al. 1994. Influência da temperatura na longevidade e viabilidade do ciclo aquático do *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera: Culicidae) em condições de laboratório. *Revista Brasileira Parasitologia. Vet.* 3: 87-92, 1994.

CROVELLO, T. J; HACKER, C. S. Evolutionary strategies in life table characteristics among feral and urban strains of *Aedes aegypti* (L.). **Evolution.** Vol. 26 No. 2 pp. 185-196, 1972.

DELATTE, H.; GIMONNEAU, G.; TRIBOIRE, A. & FONTENILLE, D. Influence of Temperature on Immature Development, Survival, Longevity, Fecundity, and Gonotrophic Cycles of *Aedes albopictus*, Vector of Chikungunya and Dengue in the Indian Ocean. **J. Med. Entomol.** 46(1): 3341 (2009).

DONALÍSIO, M. R; GLASSER, C. M. Vigilância Entomológica e Controle de Vetores do Dengue. **Rev. Bras. Epidemiol.** Vol. 5, Nº 3, 2002. Disponível em:<[www.scielosp.org/pdf/rbepid/v5n3/05.pdf](http://www.scielosp.org/pdf/rbepid/v5n3/05.pdf)> Acesso dia 13 de dezembro de 2001.

EPSTEIN, P.R. Climate change and emerging infectious diseases. **Microbes And Infection/Institut Pasteur** 3: 747-754., 2001

ESPINDOLA, C.B.; GUEDES, R.N.; SOUZA, R.C.P. Avaliação da eficácia do *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* no Controle de Formas Imaturas do *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (Linnaeus, 1762) em ambiente de laboratório. **EntomoBrasilis**, 1(1): 10-13. 2008.

FARNESI, L. C ; MARTINS, A. J; VALLE, D; REZENDE, G. L. Embryonic development of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): influence of different constant temperatures. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, vol.104, n.1, pp. 124-126. ISSN 0074-0276. 2009.

FANTINATTI, E. C. S. *et al.* Abundância e Agregação de Ovos de *Aedes aegypti* L. e *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) no Norte e Noroeste do Paraná. **Neotropical Entomology** 36(6), 2007.

FAY, R. W.; PERRY, A. S. Laboratory studies of the oviposition preferences of *Aedes aegypti*. **Mosquitoes News**, Fresno, v. 25, n. 3, p. 276-281, 1965.



FAVIER, C. et al, Early determination of the reproductive number for vector-borne diseases: the case of Dengue in Brazil. **Tropical Medicine & International Health**, 11, 332-340, 2006.

FOCKS, D. A. **A review of entomological samples methods and indicators for dengue vector**. Geneva: WHO, TDR, 2003. (TDR/IDE/Den/03.1).

FOCKS, D. A., et al. Transmission thresholds for dengue in terms of *Aedes aegypti* pupae per person with discussion of their utility in source reduction efforts. **Am J Trop Med Hyg** 62: 11-18, 2000.

FONSECA, B.A.L; FIGUEIREDO L.T.M.,. **Tratado de Infectologia**. Febre Amarela. 2 ed., Atheneu, São Paulo, p. 389-397, 2006.

FORATTINI, O. P. **Culicidologia Medica**. São Paulo: Edusp, cap.14, p. 453-492. 2002.

FORATTINI, O. P; BRITO, M. Reservatórios domiciliares de água e controle do *Aedes aegypti*. **Revista de Saúde Pública**. 2003. 37(5):676-7. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/rsp/v37n5/17487.pdf>> Acesso dia 14 de dezembro de 2012.

FOO L; LEE H.L; FANG R. Rainfall, abundance of *Aedes aegypti* and dengue infection in Selangor, Malaysia. **Southeast Asian J Trop Med Public Health**; v. 16:560-568, 1985.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Controle de Vetores: Procedimentos de Segurança**. Ministério da Saúde/ FUNASA, Brasília: p. 204, 2001.

GAMA, R. A. et al. Evaluation of the sticky MosquiTRAP™ for detecting *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) during the dry season in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, p. 294-302, 2007

GETTIS, A. et al. Characteristics of the spatial pattern of the dengue vector, *Aedes aegypti*, in Iquitos, Peru. **American Society of Tropical Medicine and Hygiene**, Baltimore, v. 69, n. 5, p. 494-505, 2003.

GLASSER, C. M.; GOMES, A. de C. Clima e sobreposição da distribuição de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* na infestação do Estado de São Paulo. **Rev. Saúde Pública** 2002; 36(2):166-72.

HADDAD, M.L; PARRA J.R.P. **Métodos para estimar as exigências térmicas e os limites de desenvolvimento dos insetos**. FEALQ, 45 p, 1984.

HALES, S. et al. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. **Lancet** 360:830–834, 2002.

HALSTEAD, S. B. Dengue Virus-Mosquito Interactions. **The Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 53, p. 273-291, 2008.

- HARRINGTON, L. C., et al. Dispersal of the dengue vector *Aedes aegypti* within and between rural communities. **Am. J. Trop. Med. Hyg.** 72: 290, 2005.
- HARTLEY, H.O. The use of range in analysis of variance. *Biometrika*, London, v. 37, p. 271–280, 1950. SAS INSTITUTE. SAS/Stat 9.1.3 Service Pack 2. Cary, 2003.
- HERRERA-BASTO, E. et al., First reported outbreak of classical dengue fever at 1,700 meters above sea level in Guerrero, State Mexico, June 1988. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, 46, 649-653, 1992.
- HOFFMANN A. A.; SGRO, C. M. Climate change and evolutionary adaptation. **Nature**, 470 (7335):479-85, 2011.
- HONÓRIO, N. A., et al. Dispersal of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in an urban endemic dengue area in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 98, n. 2, p. 191-198, 2003.
- HOPP, M. J; FOLEY, J. A. Global-scale relationships between climate and the dengue fever vector, *Aedes aegypti*. **ClimChange** 48:441–463, 2001.
- HIEN, D.S. Biology of *Aedes aegypti* (L. 1762) and *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) Díptera, Culicidae. The Gonotrophic Cycle and Oviposition. **Acta Parasit.** Pol. 24: 37-55, 1976.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p.
- KÖPPEN-GEIGER , C. C. World Map of the Köppen-Geiger climate classification. Disponível em <<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>>. Acesso em 15 Janeiro 2013.
- LIMA-CAMARA, T. M.; HONÓRIO, N. A. & LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. Frequência e distribuição espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (Díptera, Culicidae) no Rio de Janeiro, Brasil. **Cad. Saúde Pública** 22: 2079-2084, 2006.
- LOPES, J.; SILVA, M. A. N. et al. *Aedes* (Stegomyia) *aegypti* L. e a culicídeo-fauna associada em área urbana da região Sul, Brasil. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, 27(5):326-333, 1993
- LÖWENBERG NETO, P.L; NAVARRO-SILVA, M. A. 2004. Development, longevity, gonotrophic cycle and oviposition of *Aedes albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae) under cyclic temperatures. **Neotropical Entomology**. 33: 29-33.
- LUZ, C., et al. Impact of moisture on survival of *Aedes aegypti* eggs and ovicidal activity of *Metarhizium anisopliae* under laboratory conditions. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz** 103: 214-215, 2008.

MACIEL-DE-FREITAS R, et al. Variation in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) container productivity in a slum and a suburban district of Rio de Janeiro during dry and wet seasons. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102: 489-496, 2007.

MEDEIROS L,C,C. et al. Modeling the dynamic transmission of dengue fever: investigating disease persistence. **Plos Neglected Tropical Disease** 5(1): 2011.

MICIELI, M. V; CAMPOS R. E. Oviposition activity and seasonal pattern of a populations of *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) in Subtropical Argentina. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 98: 659-663, 2003.

MOHAMMED, A; CHADEE, D. D. Effects of diurnal temperature regimens on the development of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) mosquitoes. *Acta Trop.* 119: 38'43, 2011

NATAL, D. *et. al.* Encontro de *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse) em Bromeliaceae na periferia de São Paulo, SP, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo. p. 31:517, 518, 2002.

NAZAKAZAWA, M. M. *et.al.* **Abundância Relativa de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) em diferentes áreas do Recife-PE.** 2006.

OMS, Organização Mundial de Saúde. **Viagens Internacionais e Saúde.** Relatório. Disponível em< [http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241580403\\_por.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241580403_por.pdf)> Acesso em 12 de Dezembro de 2012.

ORDONEZ-GONZALEZ J, G, et al. The use of sticky ovitraps to estimate dispersal of *Aedes aegypti* in north-eastern Mexico. **J Am Mosq Control Assoc** 17:93–97. 2001

PANIZZI, A. R; J. PARRA, R. R. A ecologia nutricional e o manejo integrado de pragas. p. 313-336. *In:* A. R. Panizzi & J. R. P. Parra (eds.), **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas.** São Paulo, Manole, 412 p, 1991.

PINHEIRO, V.C.S; TADEI, W.P. Frequency, Diversity, and productivity study on the *Aedes aegypti* most preferred containers in the city of Manaus, Amazonas, Brazil. S. Paulo. *Rev. Inst. Med. Trop.* 44: 245-250, 2002.

PONTES, R. J. S. & RUFFINO-NETTO, A. Dengue em localidade urbana da região sudeste do Brasil: aspectos epidemiológicos. **Rev. Saúde Pública** vol.28 no.3 São Paulo Jun 1994. Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-89101994000300010&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101994000300010&lng=en&nrm=iso)>. Acesso dia 30 de março de 2012.

REGIS L, et al. Developing new approaches for detecting and preventing *Aedes aegypti* population outbreaks: basis for surveillance, alert and control system. **Mem Inst Oswaldo Cruz** 103: 50-59, 2008.

REITER, P. Oviposition et dispersion de *Aedes aegypti* dans environnement urbain. **Bull. Soc. Pathol. Exot.**, 89 : (2), 120-122, 1996.

RIBEIRO, P.B, et al., Exigências térmicas de *Culex quinquefasciatus* (Diptera, Culicidae) em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia. Ser. Zool.* 94: 177-180, 2004.

RÍOS-VELASQUEZ, C. M. *et al.* Distributions of dengue vectors in neighborhoods with different urbanization types of Manaus, state of Amazonas, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 102, p. 617-623, 2007.

SALAS-LUÉVANO, M. A; REYES-VILLANUEVA, F. Variación estacional de las poblaciones de *Aedes aegypti* em Monterrey, Mexico. *Salud Pública Méx* 36: 385-392, 1994.

SANT ANA, A. L et al. Characteristics of Grass Infusions as Oviposition Attractants to (Diptera: Culicidae). **Journal of Medical Entomology**, v. 43, n.2, p. 214-220, 2006

SANTANA, S. W. J.; BARROS, R.; TORRES, J.B.; GONDIN, M. G. Exigências térmicas da praga do coqueiro *Atheloca subrufella* (Hulst) (Lepidoptera: Phycitidae). **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 181-186. 2010.

SANTOS, D. N.; et al. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.14, p.492-500, 2010.

SANTOS, M. A. V. de M. *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): **Estudos populacionais e estratégias integradas de controle vetorial em municípios da região metropolitana do Recife, no período de 2001 a 2007**. Centro de Pesquisas Aggeu, Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, [Dissertação], 2008.

SERPA, L. L. N. *et al.* Variação sazonal de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* no município de Potim, São Paulo. **Rev. Saúde Pública** 2006. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/rsp/v40n6/20.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rsp/v40n6/20.pdf)>. Acesso dia 23 de março de 2011.

SILVA, I. G *et al.* Comportamento de oviposição de *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae) em diferentes estratos e ciclo biológico. **Acta Biol. Par.**, Curitiba, 32 (1, 2, 3, 4): 1-8. 2004.

SILVEIRA NETO, S., et al. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Ceres, 1976. 419p.

SCHWEIGMANN et al. *Aedes albopictus* in an area of Misiones, Argentina. *Rev Saude Publica* 38 136-138, 2004.

SLOSEK, J. 1986. *Aedes aegypti* mosquitoes in the Americas: a review of their interactions with the human population. **Soc Sci Med** 23: 249-257.

SCHOFIELD, C. Vector population responses to control intervention. **Ann. Soc. Belg. Med. Trop.**, v. 71, p. 201-217, 1991

- TAUIL, P. L. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. **Caderno de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, n. 18(3). p. 867-871, 2002.
- TEJERINA, E. F. et al., Bionomics of *Aedes aegypti* subpopulations (Diptera: Culicidae) from Misiones province, northeastern Argentina. **Acta Tropica** 109 (1), 4549, 2009.
- TORRES, J. B. et al., Thermal requirements and parasitism capacity of *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae) under constant and fluctuating temperatures. **Biocontrol Sci Technol** 12: 583-593, 2002.
- TUN-LIN, W. et al., Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. *Med Vet Entomol* 14: 31-37, 2000.
- TSUDA, Y. ET AL. 1994. A comparative study on life table characteristics of two strains of *Aedes albopictus* from Japan and Thailand. *Tropical Medicine* 36(1): 15-20.
- TRIPS, M; SHEMANCHUK J. A. Effect of constants temperature on the larval development of *Aedes vexans* (Diptera: Culicidae). *Can Entomol* 1970;102:1048-51,1970.
- VARGAS, R. E. M et al., Climate associated size and shape changes in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations from Thailand. **Infection, Genetics and Evolution** 10, 580–585, 2010.
- VEZZANI, D.; VELASQUEZ, S. M.; SCHWEIGMANN, N. Seasonal pattern of abundance of *Aedes aegypti* (Diptera:Culicidae) in Buenos Aires City, Argentina. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 99, p. 351-356, 2004.
- WARD, R.A. 1992. Third Supplement to "A Catalog of the Mosquitoes of the World" (Diptera: Culicidae). **Mosquito Systematics**, v. 24(3): 177-230.
- WATTS, D.M, et al. Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for Dengue 2 virus. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene** 36: 143-152, 1987.
- WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Dengue, Guidelines for Diagnosis, Treatment and Control.**, Geneva.147pp, 2009.
- YANG, H. M *et al.* **Dinâmica da Transmissão da Dengue com Dados Entomológicos Temperatura-dependentes.**TEMA Tend. Mat. Apl. Comput., 8e, No. 1, 159-168, 2007.
- ZEQUI, J. A. C.; LOPES, A. Development of the immature stages of *Culex(Culex) saltanensis* Dyar (Diptera, Culicidae) under laboratory conditions. **Revista Brasileira de Entomologia**, vol.56:1, 2012. Disponível em<  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0085-56262012000100017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0085-56262012000100017)>  
Acesso em 20 de Janeiro de 2012.