

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

JOSIANE DO CARMO SAMPAIO

**A LONGEVIDADE DO *Aedes aegypti* DURANTE A ESTAÇÃO
CHUVOSA NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA**

**FORTALEZA – CEARÁ
2010**

JOSIANE DO CARMO SAMPAIO

A LONGEVIDADE DO *Aedes aegypti* DURANTE A ESTAÇÃO
CHUVOSA NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Acadêmico em Saúde Pública do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Saúde Pública.

Área de Concentração: Políticas e Serviços de Saúde.

Orientador: Prof. Dr. José Wellington de Oliveira Lima.

FORTALEZA – CEARÁ
2010

S192l Sampaio, Josiane do Carmo
A longevidade do *Aedes aegypti* durante a estação no município de Fortaleza / Josiane do Carmo Sampaio. Fortaleza, 2010.
114 p. ; il.
Orientador: Prof. Dr. José Wellington de Oliveira Lima.
Dissertação (Programa de Mestrado Acadêmico em Saúde Pública) Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências da Saúde. Área de Concentração: Políticas e Serviços de Saúde.
1. Dengue. 2. *Aedes aegypti*. 3. Capacidade vetorial. I. Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências da Saúde.

CDD: 616.921

JOSIANE DO CARMO SAMPAIO

A LONGEVIDADE DO *Aedes aegypti* DURANTE A ESTAÇÃO
CHUVOSA NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Acadêmico em Saúde Pública do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Saúde Pública.

Área de Concentração: Políticas e Serviços de Saúde.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Wellington Oliveira de Lima (Orientador)
Universidade Estadual do Ceará – UECE

Prof. Dr. José Ricardo Soares Pontes
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Luciano Pamplona de Góes Cavalcanti
Universidade Federal do Ceará – UFC

Dedico com todo amor e gratidão esta dissertação a minha mãe, Graça e minha irmã Joziana, pelo amor, dedicação e coragem dado a mim, em todas as horas, durante esta trajetória.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por conceder a mim esta grande conquista, e força e coragem para continuar e enfrentar os desafios que surgiram nesta caminhada.

A Jesus Cristo, que me fortaleceu nos momentos de desânimo, e me encheu de confiança e perseverança para avançar nas dificuldades e enfrentar com serenidade as horas difíceis desta trajetória.

Aos meus pais, João e Graça, pelos anos de amor, luta e dedicação aos filhos, sempre procurando nos compreender e acolher com alegria e satisfação.

À minha querida mãe, amiga verdadeira, pelo amor incansável, pelo sorriso acolhedor que cura toda tristeza e desfalecimento, pelas infindáveis palavras e gestos de amor, carinho, compreensão, alegria, pela eterna disposição de amar e se dedicar a mim que me fazem ver a vida paz e alegria.

Às minhas irmãs, Joiza, Jossandra e Josele, amigas e companheiras nas lutas diárias da vida, seja nas horas de dificuldades ou alegrias, pelos momentos de amizade, apoio, compreensão, ânimo e alegria, que me encorajaram a persistir.

À minha irmã querida Joziana, um porto seguro que Deus me concedeu na minha vida, que está sempre ao meu lado me auxiliando, com palavras e atitudes de amor, amizade, alegria, compreensão, apoio, coragem, dedicação em todas as horas desta caminhada, principalmente naqueles momentos de mais dificuldade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Wellington Oliveira de Lima, pelo entusiasmo e boa vontade de compartilhar comigo a sua sabedoria e perspicácia, incentivando-me a adentrar pelos caminhos prazerosos da ciência.

A Coordenadora e Prof. Dra. Maria Salete Bessa Jorge pela dedicação em propiciar um ambiente contínuo de conhecimento em busca do saber científico.

A Mayrla pela sempre boa vontade e disposição em me atender.

Aos meus colegas de mestrado, pelas tardes divertidas que compartilhamos juntos.

Aos professores, Dr. Ricardo Soares Pontes e Dr. Luciano Pamplona, que participaram da Banca examinadora e contribuíram para o aperfeiçoamento desta pesquisa.

A CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

RESUMO

A dengue se constitui em um grave problema de Saúde Pública mundial e o Estado do Ceará vivencia casos de dengue desde 1986. No município de Fortaleza, Capital do Estado do Ceará, foram registradas grandes epidemias de dengue, evidenciando-se que a incidência da dengue é maior durante a estação chuvosa do que na estação não chuvosa. Macdonald (1952) definiu que para a Capacidade Vetorial, a longevidade do vetor é mais importante do que a densidade vetorial na transmissão da doença. Assim o presente estudo experimental realizado no município de Fortaleza, no período de abril a junho, utilizando a geração F¹ mosquitos *Aedes aegypti* coletados em campo foi efetuado com o objetivo de estimar a longevidade média do *Aedes aegypti* em condições ambientais naturais com flutuação de temperatura e umidade durante a estação chuvosa e sua relação com o aumento da incidência de casos de dengue, portanto buscando explicar porque grandes epidemias de dengue ocorrem em Fortaleza e porque a incidência da dengue é maior na estação chuvosa do que na estação não chuvosa. Nos três experimentos, utilizou-se a geração de mosquitos *Aedes aegypti* coletados em campo e mantidos em gaiolas de madeira teladas sob condições flutuantes de temperatura e umidade em um imóvel residencial. Aos mosquitos adultos foi disponibilizado uma solução de açúcar a 10% e uma alimentação sanguínea com uma codorna por três horas e potes escuros com papel de filtro aderido à parede para a oviposição. As medidas de temperatura e umidade foram registradas diariamente por um termo-higrômetro. Os mosquitos mortos foram monitorados diariamente, diferenciando-os por sexo e registrados. Tabelas de sobrevivência foram elaboradas através do método de tabela de vida, assim como gráficos que foram elaborados pela técnica de Kaplan-Meier. Evidenciou-se que nos três experimentos, a sobrevivência das fêmeas foi significativamente maior do que dos machos ($p < 0,001$ nos três experimentos). Ao se agregar os três experimentos, estima-se que 75%, 50% e 25% das fêmeas atingiram a idade de 40 a 42 dias, 50 a 52 dias e 56 a 58 dias, respectivamente. Verificou-se que variação da umidade foram significativamente diferentes nas primeiras 26 e últimas 26 semanas, tanto em 2004 e 2005, respectivamente. Conclui-se que a umidade no 1º semestre do ano, propiciou uma longevidade maior do *Aedes aegypti* na estação chuvosa do que na estação não chuvosa, pois os mosquitos vivem mais no ar úmido do que no ar seco e como as fêmeas sobrevivem tempo suficiente para ultrapassar o período de incubação extrínseca e transmitir o vírus, ou seja, a idade atingida por fêmeas de *Aedes aegypti* de Fortaleza confere a estas uma grande Capacidade Vetorial.

Palavras-chave: *Aedes aegypti*. Capacidade vetorial. Longevidade. Umidade relativa do ar.

ABSTRACT

Dengue fever constitutes a serious world health problem and the state of Ceará has been showing dengue fever since the year of 1986. In Fortaleza city, the capital of the state of Ceará it was registered a great number of dengue epidemics, highlighting that the incidence of dengue fever is bigger during the rainy season rather than the non-rainy season. McDonald (1952) has defined that for the vector capacity the lifetime of the vector is more important than the vector density in the disease transmission. In that way the present experimental study that took place in Fortaleza City, between the months of April and June, using the *Aedes aegypti* F¹ mosquito generation collected on the ground was effected with the purpose of estimating the middle lifetime of *Aedes aegypti* in natural environmental conditions with temperature and humidity floating during the rainy season and its relation with the increase of incidence of dengue fever incidence, therefore trying to explain why a great number of dengue fever occurs in Fortaleza and why the incidence of dengue fever is bigger in the rainy season than the non-rainy season. In the three experiments it was used the generation of *Aedes aegypti* mosquito collected on the ground and maintained in sealed wooden cages under floating temperature and humidity conditions of a residential property. To the adult mosquitoes a sugar solution in 10 per cent was given and a bloody feeding with a tinamou for three hours and dark pots with filter paper glued on the wall for the ovulation. The measures of temperature and humidity were registered every day by a thermo-hydrometer. The dead mosquitoes were monitored daily, differing by gender and registered. Survival tables were elaborated through the life table method, as well as graphics that were elaborated by the Kaplan-Meier method. It was evidenced that in the three experiments, the survival of the females was significantly bigger than the males' survival ($p < 0,001$ in the three experiments). By gathering the three experiments, it is estimated that 75%, 50% and 25% of the females came to the age of 40 to 42 days, 50 to 52 days and 56 to 58 days, respectively. It was verified that both humidity variations were significantly different to the first and last weeks, both in 2004 and 2005 respectively. It is concluded that the humidity in the first semester of the year, occasioned a longer lifetime of the *Aedes aegypti* in the rainy season than in the non-rainy season, given that the mosquitoes live longer in a more humid air than a drier air and females survive sufficient time to cross the period of incubation and transmit the virus, it means, the lifetime gained by the females of *Aedes aegypti* of Fortaleza gives them a high vector capacity.

Key-words : *Aedes aegypti*. Capacity Vectorial. Longevity. Humidity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICOS

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Curvas de Kaplan-Meier de espécimens machos de <i>Aedes aegypti</i> nos 3 experimentos..... | 71 |
| 2 | Curvas de Kaplan-Meier de espécimens fêmeas de <i>Aedes aegypti</i> nos 3 experimentos..... | 71 |
| 3 | Curvas de Kaplan-Meier de machos e fêmeas de <i>Aedes aegypti</i> no primeiro experimento..... | 72 |
| 4 | Curvas de Kaplan-Meier de machos e fêmeas de <i>Aedes aegypti</i> no segundo experimento..... | 72 |
| 5 | Curvas de Kaplan-Meier de machos e fêmeas de <i>Aedes aegypti</i> no terceiro experimento..... | 73 |
| 6 | Curvas de Kaplan-Meier de machos e fêmeas de <i>Aedes aegypti</i> nos 3 experimentos..... | 73 |
| 7 | Percentil 25 da umidade do ambiente no qual foram mantidas as colônias de <i>Aedes aegypti</i> | 74 |
| 8 | Média da umidade do ambiente no qual foram mantidas as colônias de <i>Aedes aegypti</i> | 74 |
| 9 | Percentil 75 da umidade do ambiente no qual foram mantidas as colônias de <i>Aedes aegypti</i> | 75 |
| 10 | Umidade da cidade de Fortaleza durante o ano de 2004..... | 75 |
| 11 | Umidade na cidade de Fortaleza durante o ano de 2005..... | 76 |
| 12 | Percentil 25 da temperatura do ambiente no qual as colônias de <i>Aedes aegypti</i> foram mantidas..... | 76 |
| 13 | Média da temperatura do ambiente no qual as colônias de <i>Aedes aegypti</i> foram mantidas..... | 77 |
| 14 | Percentil 75 da temperatura do ambiente no qual as colônias de <i>Aedes aegypti</i> foram mantidas..... | 77 |
| 15 | Temperatura na cidade de Fortaleza durante o ano de 2004..... | 78 |
| 16 | Temperatura na cidade de Fortaleza durante o ano de 2005..... | 78 |

FIGURAS

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Gaiolas de Manutenção de <i>Aedes Aegypti</i> no laboratório externo..... | 66 |
| 2 | Termo higrômetro..... | 66 |
| 3 | Lupa Microscópica..... | 67 |
| 4 | Placa de Petri com <i>Aedes aegypti</i> | 67 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Computação da capacidade vetorial de <i>Aedes albopictus</i> em Macao para vírus da dengue (1997-1998) para um período de 10 dias de incubação extrínseca..... | 38 |
| 2 | Longevidade de fêmeas e machos de <i>Ae.albopictus</i> sob diferentes temperaturas..... | 39 |
| 3 | Desenvolvimento de <i>Aedes aegypti</i> a partir de oviposturas colhidas na região urbana de Uberlândia, nos períodos secos e chuvosos de março de 2003 a fevereiro de 2005..... | 46 |
| 4 | Temperaturas de ovo à Emergência do adulto e Longevidade de fêmeas de populações de <i>Aedes aegypti</i> da Paraíba Fotofase 12h..... | 47 |
| 5 | Desenvolvimento de larva para pupa, pupa para adulto, ciclo gonotrófico e esperança de vida..... | 57 |
| 6 | Sobrevivência de espécimes machos e fêmeas de <i>Aedes aegypti</i> no primeiro experimento, em condições naturais, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, na cidade de Fortaleza, Ceará..... | 79 |
| 7 | Sobrevivência de espécimens machos e fêmeas de <i>Aedes aegypti</i> no segundo experimento, em condições naturais, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, na cidade de Fortaleza, Ceará..... | 79 |
| 8 | Sobrevivência de espécimens machos e fêmeas de <i>Aedes aegypti</i> no terceiro experimento, em condições naturais, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, na cidade de Fortaleza, Ceará..... | 80 |
| 9 | Sobrevivência de espécimens fêmeas de <i>Aedes aegypti</i> nos três experimentos (agregando dos dados dos três experimentos), em condições naturais, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, na cidade de Fortaleza, Ceará..... | 80 |
| 10 | Temperatura e umidade do ambiente onde foram realizados os experimentos de sobrevivência de <i>Aedes aegypti</i> , em condições naturais, durante 88 dias, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, na cidade de Fortaleza, Ceará..... | 81 |
| 11 | Temperatura e umidade na cidade de Fortaleza, Ceará, nas primeiras e nas últimas 26 semanas do ano de 2004 e 2005..... | 81 |
| 12 | Número de casos de dengue notificados pela Secretaria de Saúde de Fortaleza, no período de 1995 a 2008..... | 86 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|---------|---|
| BR | Britânico |
| CEVEPI | Célula de Vigilância Epidemiológica |
| CH | Chacarita |
| CR | Carrizal |
| DC | dengue clássico |
| DCC | Dengue com Complicação |
| EEO | Encefalite Equina Oeste |
| EEV | Encefalite Equina Venezuelana |
| EI | incubação extrínseca |
| EIP | Período de Incubação Extrínseca |
| FHD | Febre Hemorrágica da Dengue |
| FNS | Fundação Nacional de Saúde |
| FRV | Febre do Rift Valley |
| FUNCEME | Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos |
| HJ | Houston |
| IIP | Índice de Infestação Predial |
| LIA | Levantamento de Índice de Amostragem |
| NB | Newala-Bamboo |
| NH | Newala-House |
| OC | Ocala |
| OPS | Organización Pan Americana de la Salud |
| SCD | síndrome de choque da dengue |
| SGIB | barreiras de infecção das glândulas salivares |
| SINAN | Sistema de Informação de Agravos de Notificação |
| UR | umidade relativa |
| Who | World Health Organization |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 1.1 | PROBLEMA..... | 25 |
| 1.2 | OBJETIVO GERAL..... | 25 |
| 1.2.1 | Objetivos específicos..... | 25 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA..... | 25 |
| 1.4 | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO..... | 30 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA..... | 32 |
| 2.1 | <i>Aedes Aegypti</i> | 32 |
| 2.2 | CAPACIDADE VETORIAL..... | 33 |
| 2.3 | INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E UMIDADE NA BIOLOGIA E COMPORTAMENTO DE VETORES TRANSMISSORES DE ARBOVIROSES..... | 38 |
| 2.4 | INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA UMIDADE NA INFECTIVIDADE DE VETORES TRANSMISSORES DE ARBOVIROSES..... | 48 |
| 2.5 | INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E UMIDADE NA LONGEVIDADE DE VETORES TRANSMISSORES DE ARBOVIROSES..... | 53 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 63 |
| 3.1 | TIPO DE ESTUDO..... | 63 |
| 3.2 | ETAPAS DA PESQUISA..... | 63 |
| 3.3 | DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA..... | 63 |
| 3.3.1 | Fase de campo – coleta dos ovos de <i>Aedes aegypti</i> por ovitrampas..... | 63 |
| 3.3.2 | Criação e reprodução no laboratório de entomologia..... | 64 |
| 3.3.3 | 2ª Etapa: Manutenção das colônias de <i>Aedes aegypti</i> no laboratório externo em um imóvel residencial e monitoramento e contagem diária dos machos e fêmeas mortos sob condições ambientais naturais flutuantes de temperatura e umidade..... | 65 |
| 3.4 | ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 68 |
| 4 | RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS..... | 69 |
| 4.1 | RESULTADOS..... | 69 |
| 5 | DISCUSSÃO..... | 83 |
| 5.1 | OBJETIVO DA DISCUSSÃO..... | 83 |
| 5.2 | TESE 1: Grandes epidemias de dengue já ocorreram na cidade de Fortaleza... | 83 |
| 5.2.1 | Grandes epidemias de dengue que ocorreram na cidade de Fortaleza..... | 83 |
| 5.2.1.1 | Contexto no Brasil..... | 83 |
| 5.2.1.2 | Contexto no Estado do Ceará..... | 84 |
| 5.2.1.3 | Situação de Fortaleza – incidência de dengue..... | 84 |
| 5.2.2 | Grandes epidemias de dengue ocorreram em Fortaleza porque a Capacidade Vetorial do <i>Aedes aegypti</i> de Fortaleza é grande..... | 86 |
| 5.2.2.1 | Estimativas da duração de vida do <i>Aedes aegypti</i> | 86 |
| 5.2.2.2 | A duração da vida é o componente mais importante da Capacidade Vetorial... | 87 |
| 5.2.2.3 | A competência vetorial aumenta com o aumento da idade do vetor..... | 90 |
| 5.3 | TESE 2: Em Fortaleza, a incidência da dengue é maior na estação chuvosa que na estação não chuvosa..... | 93 |

| | | |
|--------------|---|------------|
| 5.3.1 | A incidência da dengue na estação chuvosa..... | 94 |
| 5.3.1.1 | Sazonalidade dos casos..... | 94 |
| 5.3.1.2 | Descrição das epidemias de 1986, 1990, 1994, 2001 e 2008..... | 94 |
| 5.4 | A INCIDÊNCIA DA DENGUE É MAIOR NA ESTAÇÃO CHUVOSA PORQUE A CAPACIDADE VETORIAL DO <i>Aedes aegypti</i> DE FORTALEZA É MAIOR NA ESTAÇÃO CHUVOSA..... | 96 |
| 5.4.1 | A duração da vida do <i>Aedes aegypti</i> e de outros culicídeos aumenta com o aumento da umidade..... | 96 |
| 5.4.2 | Em Fortaleza a umidade é maior na estação chuvosa: dados da FUNCEME..... | 98 |
| 5.4.3 | Levantar a hipótese que a duração de vida do <i>Aedes aegypti</i> seja maior na estação chuvosa..... | 99 |
| 5.4.4 | A capacidade vetorial do <i>Aedes aegypti</i> em Fortaleza é maior na estação chuvosa e que este deve ser um dos fatores que explica a maior incidência da dengue na estação chuvosa..... | 99 |
| 5.4.5 | Mostrar que em Fortaleza, a temperatura é menor durante a estação chuvosa..... | 100 |
| 5.4.6 | A multiplicação do arbovirus aumenta com o aumento da temperatura... | 101 |
| 5.5 | CONCLUSÃO: A maior incidência da dengue na estação chuvosa, entre outros fatores, pode ser atribuída ao aumento da duração da sobrevivência do <i>Aedes aegypti</i> que acarreta um aumento da Capacidade Vetorial..... | 103 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 107 |
| | REFERÊNCIAS..... | 108 |

1 INTRODUÇÃO

A dengue se constitui em um grave problema de saúde pública mundial. É hoje considerada a arbovirose de maior importância no mundo em decorrência da sua elevada magnitude e poder de disseminação, sendo a que causa mais impacto em termos de morbimortalidade na população mundial. Estima-se que 2,5 bilhões de pessoas vivem em áreas sob o risco de contágio da doença e que 50 milhões de pessoas se infectam anualmente, ocorrendo 500.000 casos de Febre Hemorrágica da Dengue (FHD) e 22.000 mortes, principalmente dentre as crianças (WORLD HEALTH ORGANIZATION-WHO, 2008).

A dengue é uma doença febril aguda, que pode ser de curso benigno ou grave, dependendo da forma como se apresente: infecção inaparente, dengue clássico (DC), febre hemorrágica da dengue (FHD) ou síndrome de choque da dengue (SCD) (BRASIL, 2006a).

A DC em geral se inicia abruptamente, com febre alta (39° a 40°C), seguida de cefaléia, mialgia, prostração, artralgia, anorexia, astenia, dor retroorbitária, náuseas, vômitos, exantema, prurido cutâneo, hepatomegalia, (ocasional), dor abdominal generalizada (principalmente em crianças). Podem ocorrer também pequenas manifestações hemorrágicas (petéquias, epistaxe, gengivorragia, sangramento intestinal, hematúria e metrorragia). Apresenta duração de cerca de 5 a 7 dias, ocorrendo a regressão dos sinais e sintomas, podendo persistir a fadiga (BRASIL, 2006a).

Já na FHD e SCD, os sintomas iniciais são semelhantes aos da DC, mas no terceiro ou quarto dia o quadro se agrava, com apresentação de dor abdominal, sinais de debilidade profunda, agitação ou letargia, palidez facial, pulso rápido e débil, hipotensão, com diminuição da pressão diferencial, manifestações hemorrágicas espontâneas (petéquias, esquimosos, púrpura, sangramento do trato gastrointestinal), derrames cavitários, cianose e diminuição brusca da temperatura, tendo como principal característica fisiopatológica associada ao grau de severidade da FHD o extravasamento do plasma, que se manifesta por meio de valores crescentes do hematócrito e hemoconcentração (BRASIL, 2006b).

Nos casos graves de FHD, o maior número de casos de choque ocorre entre o 3° e o 7° dias da doença. O choque é decorrente do aumento da permeabilidade vascular, seguida de hemoconcentração e falência circulatória, apresenta curta duração e pode levar a óbito

dentro de 12 a 24 horas, caracterizando-se por pulso rápido e fraco, com diminuição da pressão de pulso e arterial, extremidades frias, pele pegajosa e agitação. Alguns pacientes podem ainda apresentar manifestações neurológicas, como convulsões e irritabilidade (BRASIL, 2006b).

O diagnóstico da DC é clínico e laboratorial nos primeiros casos e, em seguida, clínico-epidemiológico. A FHD e a SCD requerem exame clínico para os sinais de alerta e prova do laço e confirmação laboratorial específica (BRASIL, 2006b).

A infecção por dengue é causada por um arbovírus do gênero Flavivírus, pertencente à família Flaviviridae, com quatro sorotipos conhecidos: DENV 1, DENV 2, DENV 3, DENV 4. Os vetores são mosquitos do gênero *Aedes* (Diptera: Culicidae). A dengue é transmitida pela picada da fêmea do mosquito *Aedes aegypti*, no ciclo homem-*Aedes aegypti*-homem, quando um mosquito susceptível ingere sangue de uma pessoa infectada durante o período de viremia, que começa um dia antes da febre e perdura até o sexto dia da doença, e termina com a inoculação do vírus, através da picada, em um hospedeiro humano susceptível. Após o repasto de sangue infectado, o mosquito está apto a transmitir o vírus, depois de 8 a 12 dias de incubação (BRASIL, 2006a), que é conhecido como o Período de Incubação Extrínseca (EIP) no mosquito, o qual consiste no intervalo de tempo decorrido entre a ingestão de uma refeição sanguínea infectante e a transmissão oral do vírus. A duração do EIP varia entre vírus e hospedeiros e é grandemente afetada pelos fatores ambientais, principalmente temperatura, nutrição larval, e dose infectiva do vírus (BLACK IV et al., 2002).

A dengue apresenta um grande potencial de expansão e um caráter endemo-epidêmico em praticamente todos os continentes do globo. A dengue apresenta-se endêmica em todos os continentes, exceto na Europa. A dengue, hoje, é endêmica em mais de 100 países na África, nas Américas, no Leste do Mediterrâneo, no Sul e Sudeste Asiático e no Oeste do Pacífico, observando-se um crescente aumento na incidência de dengue e dengue hemorrágica nas Américas.

Nas Américas, a infecção tem-se expandido nos últimos decênios da segunda metade deste século XX. A endemia estende-se desde o México, ao norte, até a Argentina, ao sul, podendo ser encontrados os quatro sorotipos (FORATINI, 1999). Até a década de 1970, somente nove países registraram epidemias de Febre Hemorrágica da Dengue (FHD), a partir de então o número de casos se tornou quatro vezes maior. Se na década de 1950 eram

notificados, em média, 900 casos de DC/FHD por ano, no período de 1990 a 1999, eles contabilizavam quase 500 mil (479.848). Durante a pandemia de 1998, um total de 1,2 milhões de casos de dengue e FHD foram reportados à Organização Mundial de Saúde. Em 2001, somente as Américas registraram mais de 652.212 casos de dengue, dos quais 15.500 foram de FHD (WHO, 2008).

Quanto à distribuição geográfica da dengue, pode-se afirmar que a Ásia constitui o continente mais atingido pela virose. A dengue tem se espalhado pelo mundo tropical, acompanhando a expansão da distribuição geográfica do *Aedes aegypti*. Em nosso país, está restrito às vilas e cidades, sempre ligada ao peridomicílio e ao domicílio humano, expondo a população a constantes surtos de dengue (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994).

Tem-se relatado a ocorrência da dengue há mais de 200 anos, destacando-se a intensificação da circulação do vírus da dengue nas Américas partir da década de 1960. A partir de 1963, houve circulação comprovada dos sorotipos DENV 2 e DENV 3 em vários países. Em 1977, o sorotipo DENV 1 foi introduzido nas Américas, inicialmente pela Jamaica. Já em 1980, foram notificadas epidemias em vários países desse continente, dentre os quais o Brasil (1982, 1986, 1996, 2002), Bolívia (1987), Paraguai (1988), Equador (1988), Peru (1990) e Cuba (1977, 1981). A Febre Hemorrágica da Dengue (FHD) afetou Cuba em 1981 e foi um evento de extrema importância na história da dengue nas Américas. Essa epidemia foi causada pelo sorotipo DENV 2, tendo sido o primeiro relato de Febre Hemorrágica da Dengue ocorrido fora do Sudeste Asiático e do Pacífico Ocidental. O segundo surto ocorreu na Venezuela, em 1989, e em 1990/1991 alguns casos foram notificados no Brasil, no Rio de Janeiro, e em 1994 em Fortaleza-CE (BRASIL, 2006a).

A dengue se mantém como uma enfermidade endêmica na maior parte dos países da América, apresentando durante os últimos 20 anos, surtos epidêmicos cíclicos a cada período de 3 a 5 anos. Durante o período de 2001-2007, os países do Cone Sul (Argentina, Brasil, Chile, Paraguai e Uruguai) notificaram 64,6% (n=2.798.601) de todos os casos de dengue nas Américas, destes 6.733 foram de FHD, o que resultou em um total de 500 óbitos, com o Brasil aportando 98,5% do total de casos notificados (ORGANIZACIÓN PAN AMERICANA DE LA SALUD-OPS, 2009).

No ano de 2007, foram registrados 900.754 casos de dengue nas Américas, evidenciando-se uma possível redução de 5,5% nos casos em 2008, ano em que foram

contabilizados cerca de 850.769 casos (fase de revisão). Apesar do decréscimo no número de casos, observou-se um incremento no número de mortes por FHD e outras formas graves da dengue: foram registrados 38.621 casos de FHD e 584 óbitos por outras formas graves da doença, representando um aumento de 46% e 84%, respectivamente, comparando-se com os 26.413 casos e 317 óbitos registrados em 2007 (OPS, 2009).

No ano de 2008, o Cone Sul registrou 587.787 casos de dengue, incluindo 22.142 casos de FHD e outras formas complicadas da dengue e 478 óbitos, sendo responsável por 57% (22.140) casos de FHD e formas complicadas da dengue de todas as Américas (OPS, 2009).

Em 2009, durante o primeiro trimestre, foram descritos surtos epidêmicos nas Américas, Guiana Francesa, Aruba, Guiana, Bolívia, Paraguai e Argentina. Até a Semana Epidemiológica 11 (SE) de 2009 foram registrados 113.758 casos de dengue, incluindo 2.052 casos de FHD e 42 óbitos. Na Argentina e Paraguai, até o dia 16 de março de 2009, a SE (11), foram registrados 1.289 e 1.270 casos de dengue confirmados por laboratório, respectivamente (OPS, 2009).

No Brasil há referências de epidemias em 1916, em São Paulo, e em 1923, em Niterói, sem diagnóstico laboratorial. A primeira epidemia documentada clínica e laboratorialmente ocorreu em 1982, em Boa Vista – Roraima, causada pelos sorotipos DENV1 e DENV 4, mas a dengue somente adquiriu importância epidemiológica a partir de 1986, quando ocorreu uma epidemia no Estado do Rio de Janeiro e foi isolado o sorotipo DENV 1, notificando-se 33.568 e 60.342 casos em 1986 e 1987, respectivamente. Pouco depois a epidemia alcançou a Região Nordeste. No período entre 1986 e 1990, as epidemias de dengue se restringiram a alguns Estados das Regiões Sudeste (Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais) e Nordeste (Pernambuco, Alagoas, Ceará e Bahia) (BRAGA; VALLE, 2007).

A introdução dos sorotipos DENV 2 e DENV 3 foi detectada no Rio de Janeiro em 1990 e em dezembro de 2000 respectivamente. O sorotipo DENV 3 apresentou rápida dispersão para 24 estados do país no período de 2001-2003. Os primeiros casos de FHD foram registrados em 1990 no estado do Rio de Janeiro, após a introdução do sorotipo DENV 2. Nos anos de 2001 e 2002, foi detectado um aumento no total de casos de FHD, refletindo a circulação simultânea dos sorotipos DENV 1, DENV 2 e DENV 3 do vírus da dengue (BRASIL, 2006b).

O padrão epidemiológico da dengue no Brasil, durante os últimos vinte anos pode ser dividido em dois períodos distintos: (01) 1981-1993, caracterizado por ondas epidêmicas em áreas localizadas e (02) 1994-2002, com ampla circulação viral endêmica e epidêmica no país. Em 1981, ocorreram os primeiros casos confirmados laboratorialmente por dengue (DENV 1 e DENV 4) em área isolada, no estado de Roraima, cuja propagação viral não se dá para o resto do país a partir desse episódio pelo fato de o mesmo ter sido rapidamente controlado.

Após um intervalo de 05 anos sem caso confirmado de febre da dengue, em 1986 ocorreu uma epidemia no Rio de Janeiro devido à introdução do DENV 1. Essa epidemia foi seguida por diversas outras em cidades altamente povoadas das regiões Sudeste e Nordeste do Brasil.

O pico do número de casos da dengue foi registrado em 1987 e 1991, alcançando cerca de 100.000 casos, devido provavelmente à introdução dos diferentes sorotipos DENV 1 e DENV 2, respectivamente. De 1986 a 1993, um total de 76,6% dos 294.419 casos de dengue registrados, ocorreu de dezembro a maio, durante a estação chuvosa, delineando o padrão sazonal da doença. Evidenciou-se entre esses dois picos epidêmicos um padrão cíclico de intervalos de 2 anos, com baixos índices de notificação, que sugeriu baixa atividade viral na estação seca (junho a novembro).

O segundo período, de 1994-2002, registrou um total de 2.826.948 casos de dengue, observando-se uma tendência ascendente na incidência, passando de 37 para 454 por 100.000 habitantes, denotando-se que, embora a maioria dos casos tenha ocorrido na estação chuvosa, 482.163 casos foram registrados na estação não chuvosa. Por mais que a maior parte dos casos incidentes de dengue se originou das áreas metropolitanas, diversos surtos foram notificados nas localidades menores em 25 dos 27 estados. Duas epidemias sem precedentes ocorreram em 1998 e 2002, com 528.388 e 794.219 casos de dengue, respectivamente. Ainda, em 2002, ocorreram 150 óbitos por FHD, registrando-se a transmissão de dengue em todos os estados, à exceção de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, onde os casos detectados eram importados (SIQUEIRA JR. et al., 2005).

Entre 2001-2003, foram notificados 1.564.112 casos de dengue no país, sendo 4.123 na forma hemorrágica, com 217 óbitos (CÂMARA et al., 2007). No ano de 2006, até o mês de dezembro, foram registrados 345.922 casos de dengue, com 628 casos confirmados de FHD e a ocorrência de 67 óbitos. Em 2008, até o mês de novembro, registrou-se 787.726

casos suspeitos de dengue em 2008, com 4.137 casos confirmados de FHD e a ocorrência de 223 óbitos (BRASIL, 2006b; 2008).

A dengue encontra-se hoje presente em todos os 27 estados da Federação (BRASIL, 2005). Câmara et al. (2007) realizou um estudo longitudinal retrospectivo sobre o comportamento histórico da dengue segundo as regiões brasileiras, no período de 1986 a 2003, e mostrou que a região nordeste deteve o maior número de casos notificados do total (48,3%) neste período, seguido pela região sudeste (37,2%). Em 2006, a região nordeste apresentou 30% do total de casos notificados (105.017 casos) no mesmo ano. Mais recentemente, relatou-se que, até abril de 2008, a região nordeste registrou 54.180 casos suspeitos de dengue, com um aumento de 30,5% no número de casos, quando comparado ao mesmo período de 2007, ano em que foram confirmados 231 casos de FHD, dos quais 14 evoluíram para o óbito. Foram registrados ainda 142 casos de dengue com complicação, com a ocorrência de três óbitos (BRASIL, 2006b; 2008).

Em 2009, no Brasil, até a Semana Epidemiológica 06, reportou-se um total de 42.956 casos suspeitos de dengue, incluindo 141 casos de FHD e dengue com complicações e 05 óbitos. Os estados brasileiros mais afetados da SE (01 a 06), em 2008 e 2009, foram a Bahia, com 2.998 e 9.003 casos, e Minas Gerais, com 3.564 e 6.266 casos, respectivamente (OPS, 2009). Até a Semana Epidemiológica 26 de 2009, foram notificados 387.158 casos suspeitos de dengue no país, dos quais foram confirmados 1.386 casos de FHD, com 98 óbitos, e 2.510 casos de Dengue com Complicação (DCC), com 58 óbitos (BRASIL, 2009).

O Estado do Ceará vivencia casos de dengue desde 1986, sendo que nesses 22 anos a doença apresentou um comportamento endêmico, com o registro de quatro picos epidêmicos nos anos de 1987, 1994, 2001 e 2008 (CEARÁ, 2008). Com a introdução do sorotipo DENV 1 no período de 1986-1993, foram notificados 53.593 casos de dengue clássico. Em março de 1994, detectou-se a introdução do sorotipo DENV 2, que deflagrou a maior epidemia de dengue clássico, com dezenas de casos FHD em Fortaleza, registrando-se 47.789 casos de dengue clássica e 25 casos de FHD, 12 óbitos e uma incidência de 732,31casos/100.000habitantes (CEARÁ, 2009).

A epidemia de 1994 apresentou, entre abril e julho, o maior número de casos notificados, com pico no mês de junho, registrando-se, até a trigésima segunda Semana Epidemiológica, 27.033 casos, oriundos de diversas cidades do estado, totalizando, até esta

semana, um percentual de 82% de todos os casos registrados no Brasil (32.959) naquele ano. Destes, 19.306 (71,4%) dos casos foram registrados no município de Fortaleza (VASCONCELOS et al., 1995).

Nos anos seguintes, 1995 e 1996, evidenciou-se um período de baixa incidência, com 66 e 789 casos de dengue clássica, respectivamente, e nenhum caso de dengue hemorrágica. Então a partir de 1987, verificou-se um movimento de tendência ascendente, registrando-se surtos epidêmicos sucessivos e ascendentes até 2001. Em 2002, isolou-se o sorotipo DENV 3 no Ceará, tendo ocorrido uma redução no número de casos em relação ao ano de 2001 (CEARÁ, 2008).

A partir de 2003, a dengue tomou magnitude epidêmica em níveis cada vez mais elevados, atingindo o ápice no ano de 2008. No Ceará, em 2006, foram notificados 25.569 casos de dengue clássica, com 172 casos de FHD e, em 2007, foram notificados 25.026 casos de dengue clássica e 300 casos de FHD.

Em 2008, o Ceará atingiu o 2º maior número de casos desde 1986, o que ocorreu principalmente devido às elevadas infestações pelo *Ae. aegypti*, à circulação dos três sorotipos virais, com predominância do sorotipo DENV 2, e a um grande contingente populacional susceptível à doença. Naquele ano, foram registrados 44.508 casos de dengue clássica e 448 casos de dengue hemorrágica, a maior incidência de casos de FHD de toda a série histórica.

Ainda de acordo com a Secretária da Saúde do Estado do Ceará (SESA), a infestação domiciliar pelo *Aedes aegypti* e a incidência da dengue são maiores durante a estação chuvosa do que durante a estação não chuvosa, concentrando o pico dos casos no primeiro semestre nos últimos seis anos, principalmente de março a maio. Até o dia 09 de outubro de 2009, foram notificados 13.067 casos suspeitos de dengue em 184 municípios. Destes, 4.488 casos são de dengue clássica e 20, de FHD, confirmados em 109 municípios.

No município de Fortaleza, foram registrados os primeiros casos de dengue no ano de 1986, após a reintrodução da doença no país. Destaque-se que, entre 1986 e 2008, foram notificados 159.363 casos de dengue, tendo ocorrido 920 casos de FHD e 67 óbitos. No primeiro período, de 1986 a 1994, delinearam-se três epidemias relativamente isoladas no tempo, com picos de maior incidência nos anos de 1986, 1990 e 1991, registrando-se 110,5; 286,8 e 171,1 casos/100.000 habitantes, respectivamente.

No ano de 1994, quando ocorreu a primeira grande epidemia no município de Fortaleza, foram notificados 28.317 casos da doença, apresentando um coeficiente de incidência de 1.513,9 casos/100.000 habitantes. Entre 1986 e 1994 foram registrados 25,3% (40.379) do total de casos registrados entre 1986 a 2008, entre os quais se destacam 21 casos de dengue hemorrágica, nove óbitos e uma letalidade de 42,9%. Observou-se também que cada epidemia foi intercalada por períodos de menor ocorrência de casos, principalmente nos anos de 1988 e 1993 (Sistema de Informação de Agravos de Notificação-SINAN/Célula de Vigilância Epidemiológica-CEVEPI) (FORTALEZA, 2006).

No segundo período, de 1995 a 1997, foram registrados 0,4% (545) do total de casos de dengue contabilizados entre 1986 e 2008, não ocorreram casos de FHD e nem óbitos, período caracterizado pelos menores coeficientes de incidência registrados no município apresentando 0,4; 1,6 e 25,2 casos/100.000 habitantes, respectivamente.

No terceiro período, de 1998 a 2008, foram registrados 74,3% (118.439) de todos os casos confirmados entre 1986 e 2008, cujo período apresentou elevações nos coeficientes de incidência, que variaram entre 23,6 e 1.366,9 casos/100.000 habitantes, com 97,7% (899) dos casos de Febre Hemorrágica da Dengue (FHD) e ainda 86,5% (58) dos óbitos por FHD. Durante os primeiros quatro anos da série histórica de 1998-2008, denotou-se um crescimento contínuo no número de casos da dengue, passando de 102,1, em 1998, para 586,7 casos/100.000 habitantes no ano de 2001. No triênio seguinte, de 2002 a 2004, evidenciou-se uma interrupção na tendência ascendente da incidência, particularmente em 2002 e 2004, registrando-se 219,4 casos/100.000 habitantes em 2002, 448 casos/100.000 habitantes em 2003, e 23,6 casos /100.000 habitantes em 2004. Entre 2005 e 2008, a doença registrou dois comportamentos distintos.

De 2005 a 2007, registraram-se coeficientes de incidência equivalentes às registradas em 2001, variando de 475,4, em 2005, para 638,7 casos/100.000 habitantes em 2007, e apresentando o ano de 2008 como o ano em que ocorreu a maior epidemia de dengue no município de Fortaleza, registrando incidência estimada em 1.366,9 casos/100.000 habitantes, o dobro do coeficiente de incidência registrada no ano de 2006.

Verificou-se que, quanto ao Padrão de Distribuição Temporal dos casos de dengue a partir de estratificação segundo quartis de incidência anual, foram considerados como anos

de alta incidência os de 2001, 2006 e 2008; os de média incidência, os de 2005 e 2007; baixa incidência, os de 2000 e 2003; e muito baixa incidência, os de 1998, 1999 e 2002.

Durante análise realizada quanto á distribuição dos casos de dengue acumulados segundo o ano/mês de ocorrência, o município de Fortaleza, de 1995 a 2009, demonstrou um comportamento sazonal bem definido, com um período de alta transmissão intercalado por meses de baixa notificação da doença. Nesta série histórica, constatou-se que, os meses de março a agosto, no seu conjunto, acumularam 84,4% (100.419) dos casos registrados, evidenciando-se como meses de maior incidência os de abril, maio e junho, que concentraram conjuntamente 57,2% (68.030) dos casos acumulados no período de 14 anos.

Os meses de janeiro e fevereiro se comportaram como pré-epidêmicos. Foi observado também que o período de baixa transmissão da doença geralmente ocorre a partir de setembro, contabilizando 9,2% (10.930) dos casos acumulados. Ainda de acordo com a magnitude das incidências mensais observadas nos diferentes meses do ano, é possível classificar um período do ano como epidêmico, os meses de março a agosto, seguido de outro não epidêmico, de setembro a fevereiro. Confrontando-se os casos notificados de dengue por Semana Epidemiológica de 2001 a 2009 com os índices pluviométricos semanais, verificou-se, em geral, que cada período de índices pluviométricos mais elevados foi acompanhado/ seguido em geral por um surto epidêmico, de intensidade variável, exceto nos anos de 2004 e 2009, quando, apesar de ter ocorrido uma quadra chuvosa importante, não houve registro de Índice de Infestação Predial elevado e surto epidêmico.

Durante os anos considerados como de alta incidência, 2001, 2006 e 2008, evidenciou-se, em síntese, que o processo de transmissão da dengue se mostrou mais intenso quando o Índice de Infestação Predial (IIP) de *Ae. aegypti* registrou índices mais elevados, os quais mantiveram-se mais acentuados no decorrer e nas semanas imediatamente seguintes ao declínio das chuvas.

Durante os anos de média incidência, 2005 e 2007, para ambos, os IIP foram maiores durante o período de índices pluviométricos mais intensos, assim como o período de maior transmissão da doença correspondeu aos IIP mais elevados, não podendo ser observado o mesmo para o ano de 2005, quanto à manifestação da doença, cujo surto epidêmico e IIP maiores ocorreram em momentos diferentes.

No ano de 2003, considerado como de baixa incidência, tanto o surto epidêmico como os maiores Índices de Infestação Predial corresponderam ao período com maiores registros pluviométricos. Já no ano de 2002, estratificado como de incidência muito baixa, os IIP foram mais elevados durante o período mais intenso da quadra chuvosa, e este, embora tenha alcançado variação entre 3,86% e 2,82% durante a quadra chuvosa e, em 2002, ter ocorrido o isolamento do sorotipo DENV 3 no município de Fortaleza, a transmissão da dengue se manteve em níveis baixos durante todo o ano.

Por fim, em 2009, não foi registrado surto epidêmico importante, como também o período da quadra chuvosa mais intensa não promoveu índice de infestação acentuado. De uma forma geral, evidenciou-se que, com o início da quadra chuvosa, ocorreu uma elevação no IIP por *Ae. aegypti*, e que o processo de transmissão da dengue foi maior quando os IIP eram mais elevados.

Conforme a Secretaria Municipal da Saúde (FORTALEZA, 2006), no Ceará, a reintrodução do *Ae. aegypti* ocorreu no ano de 1984. Entre 1984 e 1996, as ações de controle do *Ae. aegypti* eram de responsabilidade exclusiva do gestor federal. Entre 1997 e 2000, houve gradativa incorporação dos estados e municípios através de instrumentos convenientes, mas estas ações somente passaram a ser de responsabilidade direta do município a partir de 2001. O programa de controle do *Ae. aegypti* utilizou, desde 1986, o temefós, um larvicida químico da classe dos organofosforados, mas como ocorreu o desenvolvimento de resistência pela espécie vetora, a partir de 2001, passou-se a utilizar um larvicida biológico (Bti). O tratamento para os imóveis positivos para as larvas do vetor é realizado numa periodicidade de 45 a 60 dias. A vigilância vetorial do *Ae. aegypti* realiza periodicamente pesquisas de campo, o Levantamento de Índice de Amostragem (LIA), em 10% dos imóveis existentes no município de Fortaleza, para avaliar o impacto das ações de controle. No período de 2001 a 2006, já foram realizados 28 LIA, sendo quatro em 2001, quatro em 2002, cinco em 2003, seis em 2004, cinco em 2005 e quatro em 2006, dos quais verificou-se que os índices de infestação predial apresentaram um comportamento decrescente a partir de 2001, quando estavam em níveis muito elevados de 8 a 9%, registrando uma inflexão descendente até o 4º LIA. Mas, em geral, continuam elevados nos primeiros meses do ano, registrando Índice de Infestação Predial (IIP) acima de 1%. Destas pesquisas, duas apresentaram IIP acima de 8% (1º e 2º LIA de 2001), sete entre 3% e 4% (3º e 4º LIA de 2001; 1º LIA de 2002; 1º LIA de 2003; 2º LIA de 2005; 2º e 3º LIA de 2006), treze entre 1% e 3% e seis com IIP inferiores a 1% (3º, 4º e 5º LIA de 2003; 5º LIA de 2004 e 4º e 5º LIA de 2005).

Algumas doenças tendem a ser predominantes em certas zonas climáticas, enquanto outras, particularmente as contagiosas, seguem um padrão sazonal na sua incidência, como a ocorrência de epidemias de dengue nos meses de verão/outono.

As dinâmicas sazonais de transmissão da dengue tem sido atribuídas ao efeito do clima na dinâmica das populações do vetor. Temperatura e umidade afetam muitos aspectos da vida do vetor *Ae.aegypti* como: eclosão e viabilidade dos ovos (DELLATE et al., 2009; BESERRA et al., 2006; CANYON; HII; MÜLLER, 1998; MILLERON et al., 2008), duração de desenvolvimento larval (BESERRA et al., 2006; CALADO; NAVARRO-SILVA, 2002); comportamento de repasto sangüíneo e duração do ciclo gonotrófico (ALMEIDA et al., 2005; MAHARAJ, 2003) e longevidade das fêmeas (LANSLOWNE; HACKER 1975; TSUDA; TAGAKI, 2001; HARRINGTON et al., 2001; STRICKMAN, 2006; HARRINGTON et al., 2008; MILLERON et al., 2008).

Gonçalves e Rêbello (2004) demonstraram, quanto á distribuição sazonal da dengue no município de São Luiz, Estado do Maranhão, no período de 1997 a 2002, que a maior frequência de casos da dengue ocorreu na estação chuvosa, de janeiro a junho (83,80%), em detrimento do período de estiagem (16,20%). Neste estudo, o autor enfatizou que em São Luiz a situação estabelecida está diretamente relacionada com o aumento da precipitação pluviométrica e da umidade do ar e que esta pluviosidade não só aumentou significativamente a quantidade de criadouros disponíveis para o desenvolvimento das formas imaturas do vetor como produziu condições ambientais propícias ao desenvolvimento das formas adultas, constatando que houve uma correlação positiva ao longo dos anos da incidência da dengue, com a precipitação pluviométrica ($r= 0,8415$) e com a umidade relativa do ar ($r = 0,7606$).

Em estudo realizado em João Pessoa, Estado da Paraíba, Souza, Dantas e Limeira (2007) demonstraram que, no período de 1996 a 2000, os meses de maior incidência da dengue, ocorrem no período de março a junho, tendo como pico o mês de maio, quando a temperatura ainda está elevada e está ocorrendo o período chuvoso, identificando-se as estações do verão/outono como as que concentram quase a totalidade do número de casos registrados nesse período. Entre as duas estações, o outono é a de maior incidência de dengue, apresentando 61,3% do total de casos verificados em João Pessoa, quando se dá a intensificação das chuvas na localidade.

Em estudo ecológico retrospectivo realizado por Oliveira et al. (2007) em Toledo, Estado do Paraná, evidenciaram que houve uma correlação de 20,47% para a influência da precipitação pluviométrica sobre o número de casos confirmados de dengue no mês seguinte. Quanto à temperatura, houve média de 40% de associação com a transmissão da doença.

Teixeira et al. (2001), analisando a ocorrência de dengue em Salvador-BA, no período de 1995-1999, verificaram que ondas epidêmicas neste período iniciaram no mês de dezembro, sugerindo que a circulação viral está estreitamente relacionada com o início da estação mais quente do ano. O estudo retratou ainda a sazonalidade da incidência da doença no Brasil, ao evidenciar que o declínio da incidência entre as duas curvas epidêmicas de dengue em Salvador (1995-1996) se deu devido à redução da densidade da população de vetores, e não em virtude de ações de combate ao vetor, o que era praticamente inexistente, mas em função da queda de temperatura e umidade que se registra entre julho e outubro, particularmente na região Nordeste.

Ribeiro et al. (2006), analisando a associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas em São Sebastião, Estado de São Paulo, no período de 2001 a 2002, verificaram que as ondas epidêmicas se concentraram de abril a junho e houve associação entre o número de casos, pluviosidade e temperatura, considerando o tempo entre o fato biológico, a transmissão e o registro dos casos no sistema de informação. Esse tempo revelou associação significativa no segundo, terceiro e quarto mês de observação, ou seja, a chuva e a temperatura de um determinado mês contribuíram para explicar o número de casos de dengue de dois até quatro meses depois.

Segundo Donalisio e Glasser (2002), em países tropicais como a Tailândia e a Indonésia, o pico da ocorrência de casos de dengue hemorrágica coincide com os meses de maior pluviosidade, embora o principal *habitat* larvário, em ambos os países, corresponda a depósitos de armazenamento de água que independem da chuva, sugerindo que o pico de transmissão não esteja tão associado à densidade do vetor, mas sim com o aumento da sobrevivência do vetor nas condições de temperatura e umidade da estação chuvosa, aumentando a probabilidade de fêmeas infectadas completarem o período de replicação do vírus, tornando-se infectantes.

1.1 PROBLEMA

A maior transmissão da dengue durante a estação chuvosa é consequência do aumento da população do *Aedes aegypti* ou aumento da duração do tempo de vida do *Aedes aegypti* durante esta estação, ou de ambos?

1.2 OBJETIVO GERAL

Especular sobre a relação entre longevidade de fêmeas de *Aedes aegypti*, Capacidade vetorial e Incidência de Dengue.

1.2.1 Objetivos específicos

- a) Estimar a duração da vida de fêmeas de *Aedes aegypti* em condições aproximadamente naturais;
- b) Comparar a estimativa de vida de fêmeas de *Aedes aegypti* de Fortaleza com estimativas de outras áreas endêmicas;
- c) Levantar hipóteses para explicar porque grandes epidemias ocorreram em Fortaleza;
- d) Levantar hipóteses para explicar porque a incidência de dengue em Fortaleza é maior na estação chuvosa.

1.3 JUSTIFICATIVA

Analisando-se a série histórica da dengue no município de Fortaleza, de 1995 a 2009, pode-se evidenciar um comportamento sazonal bem definido, com um período de alta transmissão intercalado por meses de baixa notificação da doença, constatando-se, de acordo com a magnitude das incidências mensais observadas nos diferentes meses do ano, que poderia se classificar um período do ano, em epidêmico, os meses de março a agosto, seguido de outro não epidêmico, de setembro a fevereiro.

Os meses de março a agosto, no seu conjunto, acumularam 84,4% (100.419) dos casos registrados, evidenciando-se como meses de maior incidência os de abril, maio e junho, que concentraram conjuntamente 57,2% (68.030) dos casos acumulados no período de 14

anos. O período de baixa transmissão da doença geralmente ocorre a partir de setembro, contabilizando 9,2% (10.930) dos casos acumulados.

Como se percebe, há um padrão sazonal bem marcado, observando-se o predomínio da incidência da grande maioria dos casos de dengue no 1º semestre do ano. Essa situação se enquadra tipicamente nos padrões nacionais de sazonalidade de dinâmica da dengue, que geralmente se mostra muito maior, na primeira metade do ano, como observado por Câmara et al. (2007) em estudo longitudinal retrospectivo sobre o comportamento histórico da dengue segundo as regiões brasileiras, no período de 1986 a 2003. Os autores evidenciaram que a maioria das notificações concentrou-se no primeiro semestre do ano correspondente aos meses mais quentes. Nas regiões sudeste, centro-oeste e sul, mais da metade dos casos ocorreram no primeiro trimestre. Na região nordeste, a maior concentração das notificações incidiu no segundo trimestre.

No município de Fortaleza, Estado do Ceará, além da incidência da dengue, a disponibilidade de potenciais criadouros do *Ae.aegypti* (CARNEIRO; LIMA; PONTES, 2006), assim como a infestação domiciliar, é maior durante a estação chuvosa do que durante a estação não chuvosa (CEARÁ, 2008). Este aumento de potenciais criadouros decorre do acúmulo de água da chuva em locais como calhas de telhado, depósitos expostos á chuva e não utilizados pela população e materiais como garrafas, latas, pneus, plásticos aos quais não é dado o destino adequado. Acredita-se que o aumento da oferta de criadouros seja uma das causas do aumento da infestação domiciliar, que, por sua vez, pode determinar o crescimento da transmissão da dengue.

Realmente, nos anos considerados como de alta e média incidência, ao confrontar-se os dados relativos à notificação dos casos da dengue por semana epidemiológica entre 2001 e 2008 com os índices pluviométricos, verificou-se, de uma forma geral, que o processo de transmissão da dengue mostrou-se mais intenso quando o Índice de Infestação Predial (IIP) de *Ae.aegypti* registrou índices mais elevados, os quais aumentaram e mantiveram-se mais acentuados no decorrer do período dos índices pluviométricos mais intensos e nas semanas imediatamente seguintes ao declínio das chuvas. Isto sugere que se criam condições mais propícias á proliferação e desenvolvimento do vetor, dado que, neste período, aumenta a oferta de criadouros artificiais e os níveis de temperatura e umidade do ar são mais adequados.

Algumas doenças tendem a ser predominante em certas zonas climáticas, enquanto outras, particularmente as contagiosas, seguem um padrão sazonal na sua

incidência, como a ocorrência de epidemias de dengue nos meses de verão/outono e em áreas com condições ótimas de temperatura e umidade do ar para a proliferação do vetor. Vários autores têm mostrado a existência de uma relação importante entre precipitação pluviométrica e presença e níveis de infestação de vetores, e mesmo casos de dengue.

Chiavaralotti (1997), descrevendo a colonização pelo *Ae. aegypti* de 1930 municípios da região de São José do Rio Preto, Estado de São Paulo, observou uma relação importante entre infestação domiciliar pelo *Ae.aegypti* nas sedes municipais e em distritos rurais e precipitações pluviométricas, evidenciando que esta infestação ocorreu em sua maioria entre novembro e abril, meses de maior incidência de chuvas na região.

Honório e Lourenço de Oliveira (2001), avaliando a frequência mensal de larvas de *Ae. aegypti* em pneus no município de Nova Iguaçu, Estado do Rio de Janeiro, verificaram que houve nítida relação entre a frequência de larvas de *Ae.aegypti* e o volume de água contida nos pneus, o que constata que a maior frequência larval foi no verão, período mais quente e de maior pluviosidade, sendo fevereiro o mês de pico da frequência larval. Nesse mês, foi encontrado o mais alto nível de água registrado nos pneus, favorecendo, desta forma, a manutenção de alta densidade do vetor da dengue e contribuindo, assim, para um maior risco de transmissão da doença.

Durante a análise referida acima, observaram-se duas exceções ao padrão de sazonalidade da doença, os anos de 2004 e 2009, que, apesar de terem registrado uma quadra chuvosa importante, não se registrou IIP elevado nem surto epidêmico, evidenciando que índices pluviométricos mais acentuados não foram condição absoluta para aumentar a infestação pelo vetor nem intensificar a incidência da doença. Essa constatação leva-nos a inferir que a dinâmica do processo de transmissão da dengue não deve ser explicada por uma única variável, mas por um conjunto complexo de fatores humanos, demográficos, socioeconômicos e ambientais.

Nos anos de 1950, Macdonald (1952) desenvolveu um modelo matemático para descrever a transmissão da malária. Desde então, os princípios básicos deste modelo tem sido aplicado à transmissão de outras doenças transmitidas por vetores, inclusive a dengue. O mais importante que este modelo mostra é que a duração da vida do vetor é mais importante para a transmissão da doença do que o número de insetos vetores existentes. Isto porque, como o parasita tem que se desenvolver no organismo do vetor até que o mesmo seja transmitido

(período de incubação extrínseco), então, quanto maior for a longevidade do vetor, maior a probabilidade de ocorrer a transmissão do vírus para outro hospedeiro.

Considerando-se que a umidade do ar na estação chuvosa é mais elevada do que durante a estação não chuvosa e que a duração da vida do mosquito aumenta na razão direta do crescimento da umidade relativa do ar e aplicando-se os princípios de Macdonald à transmissão da dengue, como revisando os vários estudos a respeito da disseminação da dengue na estação chuvosa, surgiu a inquietação de avaliar se a transmissão mais elevada da dengue durante a estação chuvosa é decorrente do incremento da população do *Ae. aegypti* ou do aumento da longevidade do *Ae. aegypti* ou de ambos os fatores.

Santos (1999), com o objetivo de identificar e analisar fatores ambientais determinantes da ocorrência de formas imaturas de *Ae. aegypti*, em um bairro da Ilha do Governador, Estado do Rio de Janeiro, no período de junho de 1993 a julho de 1994, a partir da investigação de dados coletados pela Fundação Nacional de Saúde (FNS) por meio de visitas domiciliares, observou que, nos meses em que foram verificados maiores índices de umidade relativa do ar ou logo após estes, foram registrados as maiores médias de número de criadouros positivos.

Nesse sentido, este estudo buscará evidenciar se há uma relação entre a longevidade de fêmeas de *Ae. aegypti* com o aumento da incidência de casos de dengue na estação chuvosa na cidade de Fortaleza, buscando-se, desta forma, contribuir a explicar a tendência histórica de aumento da incidência desta doença no estado do Ceará.

Conforme Glasser e Gomes (2002), a expansão geográfica das populações de *Ae. aegypti*, assim como a distribuição, o aumento populacional e a densidade do inseto, sofre influência direta de fatores socioeconômicos, humanos e ambientais, entretanto os autores ressaltam que nem sempre os níveis de infestação larvária apresentam correlação com a incidência da dengue, sendo registrada transmissão na vigência de Índices de Breteau baixos.

Por oportuno, merece destaque um estudo retrospectivo longitudinal sobre o histórico da dengue no Brasil, segundo o qual a maioria dos municípios brasileiros (56%), no período de 2001-2003, tinha índices vetoriais na faixa de 0 a 1, mas, mesmo assim, o país se encontrava em situação epidêmica.

Verificou-se esta situação no município de Fortaleza, durante o ano de 2002, considerado como de muito baixa incidência, em que, apesar do índice de infestação predial ter apresentado variação entre 3,86% e 2,82% durante a quadra chuvosa e de ter sido isolado o sorotipo 3 da dengue, a transmissão da dengue manteve-se baixa durante o ano.

Como ainda não se dispõe de uma vacina eficaz para o uso preventivo contra a dengue, a única forma de lutar contra a transmissão da doença é controlar o vetor, o único elo vulnerável da cadeia epidemiológica (TAUIL, 2001).

Para Gomes (2002), será possível lograr êxito nas estratégias de controle quando estas forem centradas no resgate de processos epidemiológicos, climáticos e sociais envolvidos na domiciliação e urbanização dos insetos vetores, buscando-se, dentre outras atribuições, identificar situações ambientais e climáticas que favoreçam a reprodução e as estações mais sujeitas à disseminação de patógenos.

Nesse sentido, faz-se imprescindível compreender a bioecologia das populações de *Ae. Aegypti*, objetivando-se, assim, a elaboração de estratégias de controle mais eficazes. O controle do *Ae.aegypti* tem se constituído um importante desafio, já que o *Ae. aegypti* apresenta uma extrema capacidade vetorial de colonizar ambientes urbanos.

Segundo Donalisio e Glasser (2002), é imprescindível investir recursos a fim de superar dificuldades na realização de estudos em laboratório sobre a bioecologia de *Ae. aegypti*, assim como superar dificuldades em criar colônias dos vetores do dengue, infectá-los *in vitro*, estabelecer transmissão, determinar duração do ciclo extrínseco, implantar metodologia no campo entomológico e virológico.

No âmbito internacional, muitos trabalhos já foram realizados enfocando a influência de fatores climáticos nas funções fisiológicas e vetoriais, os padrões de sobrevivência e a dispersão de insetos, de importância para a saúde pública. Pode-se citar, por exemplo, a influência da umidade relativa no ponto térmico mortal de insetos submetidos a altas temperaturas (MELANBY, 1931); A adaptação do comportamento de oviposição de *Ae. aegypti* em resposta a umidade relativa do ar e dieta (CANYON; HII; MÜLLER, 1998); Propagação viral e mortalidade natural do vetor da dengue, *Ae. aegypti* em 3 estações do ano em Yangon e para condições simuladas de temperatura e umidade relativa do ar em Singapura (THU; AYE; SOE, 1998); Análises da sobrevivência de coortes jovens e velhas de *Ae.aegypti* oriundas de Porto Rico e Tailândia (HARRINGTON et al., 2001); Longevidade comparada de

fêmeas de *Ae.aegyti* mantidas em gaiolas e fêmeas de *Ae. aegypti* de campo sob condições ambientais na Tailândia rural (STRICKMAN, 2006).

Quanto aos trabalhos nacionais, foram desenvolvidos estudos bioecológicos importantes sobre *Ae. aegypti*, como os seguintes: Os efeitos de fatores abióticos- temperatura e umidade sobre o ciclo de vida de espécimes de *Ae.aegypti* (BESERRA et al., 2006); Associação entre variáveis climáticas e incidência de dengue (RIBEIRO et al., 2006; SOUSA; DANTAS; LIMEIRA, 2007); Fatores ambientais e ocorrência de formas imaturas de *Ae.aegypti* (SANTOS, 1999); Infestação pelo *Aedes aegypti* e ocorrência da dengue em Belo Horizonte (CORRÊAA; FRANÇAB; BOGUTCHI, 2005); Sobrevivência diária e dispersão de fêmeas de *Ae. aegypti* no Rio de Janeiro (MACIEL-DE FREITAS, 2006), que podem ser utilizados para se entender melhor a dinâmica populacional desse vetor e a propagação da doença, o que pode contribuir no planejamento de estratégias mais bem sucedidas.

Embora já tenha sido realizada uma quantidade considerável de pesquisas, como as citadas, sobre densidade vetorial, dispersão, tempo de desenvolvimento do ciclo de vida, fecundidade, ainda são escassos os trabalhos experimentais em situações ambientais de campo que enfoquem a influência de variáveis ambientais na longevidade do vetor *Ae. aegypti* e a sua relação com a incidência de dengue ou que realcem a importância deste indicador entomológico para o incremento da capacidade vetorial.

Então, daí se traduz a relevância desta investigação no conhecimento de fatores ambientais, dentre outros determinantes, que possam estar corroborando para a propagação mais elevada da dengue, além de poder contribuir, de alguma forma, para subsidiar as ações de prevenção e controle do vetor.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada em cinco capítulos. No capítulo 1, contextualiza-se o tema proposto, apresenta-se a justificativa da pesquisa, expõe-se a situação-problema e apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos.

O segundo capítulo constitui-se de revisão da literatura, abordando sobre o *Ae. aegypti*, Capacidade Vetorial, Influência da Temperatura e Umidade na biologia e

comportamento de vetores transmissores de arbovirose, na Infectividade de Vetores transmissores de arbovirose, e na Longevidade de Vetores transmissores de arbovirose.

No terceiro capítulo, é apresentada a metodologia, onde são descritos o local de estudo, período do estudo, procedimentos para reprodução e manutenção dos ovos coletados em campo, transporte das pupas para o laboratório externo, manutenção das colônias sob condições naturais de temperatura e umidade no laboratório externo, como também a análise estatística.

Os resultados da pesquisa são discutidos no quarto capítulo, no qual se expõem os resultados; Tabelas de sobrevivência dos machos e fêmeas nos três experimentos; Tabelas de análise estatísticas sobre as medidas de temperatura e umidade, registradas de abril a junho, pelo termo-higrômetro no local da pesquisa; Tabelas de temperatura e umidade na cidade de Fortaleza, Ceará, nas primeiras e nas últimas 26 semanas do ano de 2004 e 2005.

Por fim o quinto capítulo que encerra o trabalho com a discussão, conclusão e considerações finais, seguindo após as referências.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Aedes Aegypti*

Dentre as doenças chamadas reincidentes, a dengue configura, no momento atual, a mais importante arbovirose que afeta o homem e constitui sério problema de saúde pública no mundo, especialmente nos países tropicais, onde as condições do ambiente, associadas à ineficácia das políticas públicas de saúde, favorecem o desenvolvimento e a proliferação do *Ae. aegypti*, principal mosquito vetor.

O principal mosquito transmissor da dengue nas Américas é o *Ae. aegypti*. O *Ae. aegypti* é um Díptera da família *Culicidae*, pertencente à subfamília *Culicinae*, que, na sua forma adulta, apresenta coloração escura ou praticamente negra, com listras e manchas brancas, embora possa apresentar diversas tonalidades, dependendo da região em que esteja inserido. O *Ae. Aegypti*, associado ao ambiente antrópico e com grau elevado de domiciliação, sempre apresenta aspecto pálido ou amarronado e não enegrecido ou, pelo menos, com escamas claras no tégito do segmento I (FORATTINI, 2002).

Segundo Consoli e Oliveira (1994), o *Ae. aegypti* é considerado hoje um mosquito cosmopolita, bem adaptado ao ambiente urbano ocorrendo atualmente nas regiões tropicais e subtropicais do planeta compreendidas principalmente entre os paralelos 45°N (latitude Norte) e 35°S (latitude Sul). Em nosso país, está restrito às vilas e cidades, sempre ligado ao peridomicílio e ao domicílio humano. “É um mosquito doméstico, antropofílico, com atividades hematofágicas diurna, utiliza-se preferencialmente de depósitos artificiais de água limpa para colocar os seus ovos. Estes têm uma alta capacidade de resistir à dessecação, mantendo-se viáveis na ausência de água por até 450 dias” (TAUIL, 2002). Seus criadouros artificiais, por sua vez, podem ser tanto aqueles abandonados pelo homem a céu aberto, preenchidos pelas águas das chuvas, como aqueles de uso doméstico, utilizados para armazenamento de água. Como exemplos de criadouros artificiais, podemos citar: pneus, latas, vidros, caixas d’água, latões, piscinas, vasos de flores. Em todos os criadouros supracitados, há proliferação de *Ae. aegypti*, com a condição de que a água seja limpa, isto é, não turva, pobre em matéria não orgânica em decomposição e sais e acumulada em recipientes, principalmente sombreados e de fundo ou paredes escuras. Nesses criadouros, as

fêmeas depositam seus ovos, isoladamente, em substrato úmido, próximo a água ou em local inundável (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994).

O *Ae.aegypti* apresenta ciclo de desenvolvimento que compreende quatro estágios: ovo, larva, com 4 estádios: L1, L2, L3 e L4; pupa e adulto. Os ovos de *Ae.aegypti* em condições adversas, como dessecação, baixas temperaturas e insolação, podem sobreviver por seis meses ou mais tempo em locais secos. Esta capacidade deve-se ao fenômeno de diapausa, que é caracterizado pela suspensão de função e desenvolvimento desses ovos. Os ovos, após desenvolvimento embrionário completo, amadurecem e, quando colocados na água, desencadeiam o processo de eclosão das larvas, dando início ao ciclo de desenvolvimento larval (FORATTINI, 2002).

Aspectos climáticos como temperatura, umidade relativa, precipitação pluviométrica podem afetar processos biológicos de agentes patogênicos no meio ambiente, como a capacidade de reprodução e sobrevivência dos chamados vetores de agentes infecciosos, tais como os mosquitos envolvidos na transmissão da malária, da dengue (CONFALONIERI, 2003).

2.2 CAPACIDADE VETORIAL

O estudo da dinâmica da transmissão das infecções reveste-se de grande interesse em epidemiologia, pois, a partir da obtenção desses conhecimentos, pode-se prever o início e o decurso do estado epidêmico. Assim torna-se possível descrever os múltiplos componentes da população vetora, que podem afetar a taxa de transmissão, embora seja difícil abordar todos, em função do grande número de fatores envolvidos no fenômeno. Face a esta complexidade, recorre-se a modelos matemáticos na descrição de eventos considerados de importância, a fim de serem utilizados em estratégias de controle (FORATTINI, 2002).

Nos estudos epidemiológicos das infecções transmitidas por culicídeos, a capacidade vetora tem sido usada para exprimir a velocidade com a qual determinado parasita pode-se espalhar na população de hospedeiros suscetíveis, ou seja, procura estimar a maneira pela qual a infecção pode se multiplicar graças à ação do vetor biológico, representado por determinada espécie ou população de mosquito. A propósito, a equação de Reed-Frost pode ser usada para descrever a capacidade vetora desses mosquitos hematófagos (FORATTINI, 2002).

Em qualquer doença transmissível, dá-se a probabilidade de contato entre a fonte, representada pelo indivíduo infectado, e o indivíduo suscetível não infectado, organismo que pode albergar o agente infeccioso, durante um período específico de tempo, representado por t , que resultará na transmissão do parasita. Este valor recebe o nome de probabilidade de *contato eficaz*, a qual pode ser representada por P . Deduzindo-se que a probabilidade de não haver contato eficaz entre aqueles dois organismos equivale a $1-P$ (FORATINNI, 2002; BLACK IV; MOORE, 2005).

Ao longo de estado epidêmico como endêmico de uma doença, existem “casos” de indivíduos que podem ou não estar doentes, mas que estão infectados com o agente infeccioso e são capazes de transmiti-lo, neste tempo t , designando esses casos por C_t . Com isso, a probabilidade de um dado indivíduo suscetível não vir a ter contato eficaz com qualquer caso nesse período de tempo t será representada pela expressão, $(1-P)^{C_t}$. De forma análoga, a representação da probabilidade de um indivíduo suscetível vir a ter contato eficaz com pelo menos um daqueles casos, durante o período t , será: $(1-(1-P)^{C_t})$. Conhecendo-se o número de indivíduos suscetíveis, no mesmo período t , é possível estimar o número total de casos, C^{t+1} , os quais se espera que possam vir a ocorrer no tempo $t+1$, devido ao contato com os casos durante o período t , anterior:

$$C_{t+1} = S_t(1-(1-P)^{C_t})$$

Essa expressão é chamada de Equação de Reed-Frost. Evidencia-se que casos no tempo futuro depende do número atual de indivíduos suscetíveis e doentes, casos atuais, e a probabilidade deles virem a ter contato eficaz. A interpretação dos eventos previstos para aplicação da fórmula depende das características próprias do processo infeccioso que se pretende estudar. Quando se tratar de doença de alta letalidade, praticamente todos os infectados resultarão em óbitos. Podendo simplesmente retirá-los da população. Se esta for uma doença infecciosa persistente, então os casos adquirem função cumulativa. Outra possibilidade que deve ser levada em conta será a de que os infectados são os infectantes naquele período um e, portanto, a seguir, no período dois, tornam-se imunes, os quais não entram no modelo, eles apenas saem da população suscetível. O modelo mostra que, quando a probabilidade de contato eficaz diminui, P , o tempo requerido para a transmissão aumenta e o

gráfico que traça o progresso da doença apresenta a curva de distribuição de casos deslocada para a direita, e quando P diminui, a curva desloca-se para a esquerda, pois demanda menos tempo para ocorrer.

A equação de Reed-Frost pode descrever as dinâmicas de doenças causadas por vetores pela leve modificação do contato eficaz, componente da equação. A probabilidade de contato eficaz, P , depende da média do número de picadas potencialmente infectantes, levadas a efeito pelo mosquito, por indivíduo suscetível na população hospedeira. Portanto, $P = V/T$, onde V é o número total de picadas potencialmente infectantes e T , o tamanho total da população humana, cuja equação transformar-se-á em: $C_{t+1} = S_t [1 - (1 - V/T)^{C_t}]$. Como o valor V/T é muito pequeno, tem-se usado a base (e) do sistema de logaritmos naturais para realizar o cálculo. Isso implica dificuldades nem sempre contornáveis, então:

$$C_{t+1} = S_t (1 - e^{-(V/T)C_t})$$

Esta é uma forma comum da equação de Reed-Frost usada para examinar a epidemiologia de doenças causadas por vetores (FORATINNI, 2002; BLACK IV; MOORE, 2005).

O valor V é chamado de Capacidade Vetorial, e é definida como a média do número de picadas potencialmente infectantes, que, no final das contas, são levadas a efeito por todos os mosquitos vetores de uma população em um único hospedeiro no período de um dia (FINE, 1981 apud BLACK IV; MOORE, 2005). Simplificando, considera-se Capacidade Vetorial como a média do número de picadas potencialmente infectantes levado a efeito pela população de mosquitos, por pessoa e por unidade de tempo (FORATINNI, 2002). Basicamente V é o produto de três componentes: alimentação, razão de sobrevivência e duração do período de incubação extrínseca (EIP) e é representada por:

$$V = [\text{Número de picadas por hospedeiro por unidade de tempo}] \times [\text{Probabilidade do vetor sobreviver o EIP}] \times [\text{Número de picadas por hospedeiro após o EIP}]$$

O EIP é o período de tempo decorrido entre a ingestão de um repasto sanguíneo e o tempo de capacidade de transmissão do patógeno.

Por fim, a equação completa da Capacidade Vetorial, que surgiu de Garret-Jones (1964) como resultado da equação original de Macdonald modificada (MACDONALD, 1957), é a seguinte:

$$V = \frac{m \times a^2 \times p^n \times b}{-\ln p}$$

Onde:

m = densidade da população culicídea vetora em relação ao hospedeiro, medida pelo número de fêmeas por pessoa;

a = probabilidade de picadas de um vetor em um hospedeiro em um dia (= índice de preferência de sangue ingerido \times frequência hematófaga);

b = competência vetora, a proporção de mosquitos que, ao sugar uma fonte de infecção, tornam-se infectantes, capazes de transmitir o parasita;

p = probabilidade de sobrevivência diária do vetor;

n = duração do período de incubação extrínseca (em dias);

$1/(-\ln p)$ = duração da vida do vetor, em dias, após sobreviver o período de incubação extrínseca, ou seja, a duração de vida do vetor durante o qual ele é infectante.

Exemplos realizados pelo autor demonstram que há três componentes que afetam fortemente a magnitude da capacidade vetorial: a , n , e p . a é importante porque é quadrado; n é importante porque é um expoente de p , e p , porque aparece em ambos, no numerador e no denominador, e em ambos tem um efeito não linear, sendo V mais sensível a pequenas mudanças na razão de sobrevivência (BLACK IV; MOORE, 2005).

Almeida et al. (2005) buscaram investigar a Bioecologia e a Capacidade vetorial do *Aedes albopictus*, na cidade de Macao e em duas ilhas, Taipa e Coloane, na China, em relação á transmissão de dengue. Os mosquitos foram coletados no campo, duas coletas no fim da estação chuvosa (Setembro-Outubro, 1997 e 1998) e um no fim da estação seca (março de 1998). Para estimar a Capacidade Vetorial, uma colônia foi estabelecida de estágios imaturos provenientes do campo. Além disso, utilizaram um insetário simulando condições ambientais da estação chuvosa, com uma temperatura de 25°C e umidade de 80-90%. Fêmeas adultas foram colocadas em gaiolas, depois entrando em contato com machos por 24 horas, e

repastos sanguíneos, postura de ovos e mortes foram registradas diariamente por 21 dias. O tempo de duração do 1º ciclo gonotrófico e subsequente ciclo foram registrados, assim como a frequência de hematofagia. Tabelas de vida foram construídas. Foram coletados 10.909 mosquitos, sendo o *Ae. albopictus* o mosquito mais abundante em Macao, contabilizando 48% de todos os mosquitos capturados, representando também 41% dos mosquitos coletados na estação seca e 91% na estação chuvosa.

A proporção de mosquitos coletados aumentou da estação seca para a estação chuvosa de 19 para 60/mosquitos/pessoa/h, respectivamente, sendo Taipa a região com a maior abundância de mosquitos, com 17,3 mosquitos/pessoa/h nos horários crepusculares, seguidas por Coloane e Macao, com 7,8 e 2,8 mosquitos/pessoa/h.

O ciclo de atividade diária das taxas de picadas em humanos na estação chuvosa apresentou dois picos para *Ae. albopictus*, nos horários do amanhecer, 06:00/08:00 h, e anoitecer, 18:00/20:00h, com uma média de 48,6 e 38,9 fêmeas nos picos da manhã e noite, respectivamente, demonstrando padrões similares na estação chuvosa e seca, com picos idênticos, embora com densidades mais baixas.

Para Macao, a taxa média de picadas diária em humanos foi de 314 fêmeas/pessoa/d na estação chuvosa e 94 fêmeas/pessoa/d na estação seca. Foi confirmado o comportamento esofágico de *Ae. albopictus*, dado que se evidenciou uma proporção maior de fêmeas sugando nos ambientes ao ar livre do que nos ambientes fechados, variando de 71% para 86%, enquanto de 14 para 29%, respectivamente. Dos 52 repastos sanguíneos examinados, verificou-se que os humanos parecem ser o hospedeiro favorito, com índice de sangue humano, de 0,37 para Coloane e 0,64 para Taipa. Das 176 fêmeas coletadas, 93(52,8%) já haviam parido. A proporção de fêmeas que fizeram repasto sanguíneo foi de 98%, contudo somente 28% ovipuseram com a maioria das fêmeas tendo tomado a sua primeira refeição sanguínea ao fim do terceiro dia. A razão de sobrevivência diária (p) calculada usando-se a razão de paridade resultou em $p = 0,94$. Por outro lado, usando a proporção de fêmeas vivas no fim de 21 dias de observação, o cálculo resultou em $p = 0,966$. Os valores da Capacidade Vetorial foram estimados durante a estação chuvosa, na taxa média de picada em humanos e na colônia de *Ae. albopictus*. O valor C foi baseado no valor p, com p estimado na razão de paridade, obteve-se $C = 482$ e na proporção de fêmeas que sobreviveram no laboratório, o cálculo foi de $C = 880$. Na estação seca, os valores

correspondentes para a Capacidade Vetorial, com uma taxa média de picada de 94mosquitos/pessoa/d, foi de C=144 e 263 (Tabela 1).

TABELA 1 – Computação da capacidade vetorial de *Aedes albopictus* em Macao para vírus da dengue (1997-1998) para um período de 10 dias de incubação extrínseca

| Taxa média de picadas por homem (ma) | Estação chuvosa (314 mosquitos/pessoa/d) | Estação seca (94 mosquitos/pessoa/d [estimativa] |
|--|--|--|
| Índice de preferência de sangue ingerido (HBI) | 0,44 | |
| Frequência Hematófaga (f) | 0,31 repasto sanguíneo/d | |
| Picadas do vetor em um hospedeiro em um dia (a) a=HBI x f | 0,138 | |
| Duração do 1º Ciclo Gonotrófico (i _o) | 10,7 | |
| Razão de paridade (M) | Da razão de paridade | Da proporção de fêmeas vivas |
| Razão de Sobrevivência Diária (p) | 0,948 | 0,966 |
| Capacidade Vetorial (C) | | |
| Estação Chuvosa | 482 | 880 |
| Estação Seca | 144 | 263 |

Fonte: adaptado de Almeida et al. (2005).

2.3 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E UMIDADE NA BIOLOGIA E COMPORTAMENTO DE VETORES TRANSMISSORES DE ARBOVIROSES

Vários estudos mostraram a influência da temperatura na transmissão da dengue sendo frequentemente estudada, pois interfere em atividades de repasto sanguíneo das fêmeas dos mosquitos, padrão de oviposição, ciclo de desenvolvimento, longevidade e no período de incubação extrínseco, entre outros fatores (DONALISIO; GLASSER, 2002).

Calado e Navarro-Silva (2002) verificaram que a atividade hematofágica, a oviposição e a longevidade de *Ae.albopictus* (Skuse), sob condições de laboratório em temperaturas constantes de 15°, 20°, 25° e 30° C, sofrem influência da temperatura. Observaram os menores períodos médios de vida nos extremos de temperatura de 15° C e 30°C, evidenciando-se um efeito semelhante sob a longevidade dos adultos nas temperaturas de 20° C e 25°C (Tabela 2). Em 15°C, o número de sobreviventes diminuiu sensivelmente nas primeiras idades, e percebeu-se que os indivíduos sobreviviam por períodos de 1 até 3 dias quando mantidos em umidade igual ou inferior a 50%. Verificou-se que a temperatura afetou de forma significativa a atividade hematofágica e a oviposição, sendo observada elevada frequência de atividade hematofágica a partir dos 20°C a 30°C, com 123, 333 e 243 repastos,

respectivamente, e mais de 80% das fêmeas ovipondo, enquanto a 15°C foram apenas 10 repastos e apenas 2,5% delas realizaram a postura de ovos.

Ainda evidenciou-se que temperaturas de 15°C e 20°C atuam como fator limitante ao crescimento populacional do inseto, já que, nestas temperaturas, ocorreram os menores números médios de ovos, que foram de 0 e 73,91, respectivamente, enquanto de 269,87 (25°C) e 183,69 (30°C) nas temperaturas mais altas (Tabela 2).

TABELA 2 – Longevidade de fêmeas e machos de *Ae. albopictus* sob diferentes temperaturas

| Temperatura (°C) | Longevidade (dias) | | | | | |
|---------------------|--------------------|-----|-----|----------------|-----|-----|
| | Fêmeas | | | Machos | | |
| | Média(DP) | Min | Máx | Média(DP) | Min | Máx |
| 15° | 19,45(11,11)aA | 2 | 48 | 13,60(8,99)aB | 1 | 51 |
| 20° | 59,35(27,44)bA | 4 | 136 | 38,29(21,65)bB | 2 | 89 |
| 25° | 61,55(22,57)bA | 10 | 114 | 42,32(19,87)bB | 3 | 92 |
| 30° | 40,72(21,80)cA | 5 | 78 | 21,49(20,11)cB | 3 | 68 |

Fonte: Calado e Navarro-Silva (2002).

Löwenberg Neto e Navarro-Silva (2004), buscando descrever possíveis efeitos de temperaturas cíclicas no ciclo de vida de *Ae. albopictus*, como a viabilidade dos ovos, período de incubação, período de desenvolvimento larval e pupal e longevidade de adultos, os autores utilizaram ovos oriundos de Registro, São Paulo, os quais foram mantidos em insetário por dois anos. O desenvolvimento do inseto foi acompanhado desde o ovo até a emergência do adulto, a 25/18°C e 27/20°C, e o adulto a 27/20°C, ambos associados com fotoperíodo de 12h.

Os ovos receberam dois tratamentos: (A) manutenção do volume da água; (B) troca periódica e completa da água. Verificou-se que a temperatura afetou a viabilidade dos ovos de forma diferente e encurtou o período de incubação. No regime de temperaturas mais baixas (25/18°C), alcançou 26% e 22% de ovos desenvolvidos para os tratamentos A e B, respectivamente, e para (27/20°C) alcançou 52% e 94% para os tratamentos A e B, respectivamente. O desenvolvimento larval e o pupal também se tornaram mais rápidos nas temperaturas mais elevadas. A longevidade não se diferenciou entre machos e fêmeas, de 4-72 dias, para ambos.

Madeira, Macharelli e Carvalho (2002), investigando a oviposição de duas populações de mosquitos de *Ae. aegypti*, L e B, oriundas de duas cidades (Lins e Botucatu, no estado de São Paulo) em 3 diferentes tipos de lugares de criação, dois dos quais encontrados comumente em residências, buscaram verificar o efeito da umidade na preferência do lugar de oviposição, em dois níveis diferentes de umidade: alta (80%) e baixa (51%), ambas em temperatura de 28°C.

Para isto, os mosquitos foram colocados em recipientes com 100ml de água contendo substratos diferentes em seu interior, sendo que um frasco continha somente água, um continha uma planta e o outro continha uma vara de madeira. Estes frascos foram colocados no centro de uma gaiola, formando um triângulo e arranjados de forma randômica, 20 réplicas foram formadas para cada condição de umidade, alta e baixa e população (B e L), com um total de 80 unidades experimentais (cada réplica consistia de uma fêmea de *Ae. aegypti* em uma gaiola, contendo os três recipientes de oviposição deixada por 72h).

Todas as fêmeas pertenciam à geração F² e tinham 4 dias de idade e estavam no primeiro ciclo gonotrófico. Observou-se que as duas populações de mosquitos não diferiram quanto ao número de ovos colocados pelas fêmeas em ambas as condições de 80% (74,9) e 51% (76,0). Na umidade de 80%, a porcentagem de ovos na superfície da água foi de 42,9% e 57,3% para L e B, respectivamente, enquanto em baixa umidade (51%) foi de 61,4% ovos de L e 63,2% ovos de B. Em 80% de umidade, o lugar preferido de oviposição pelas fêmeas da população L, foi o talo da planta, onde 45,3% dos ovos foram postos, e o último lugar preferido foi a borda do recipiente contendo somente água, representando apenas 1% do total dos ovos postos, com as duas condições experimentais, sendo significativamente diferentes.

A umidade pareceu influenciar a escolha do lugar para pôr pelas fêmeas de L, pois, quando diminuiu a umidade para 51%, diminuiu o número de ovos postos no talo da planta, e aumentou simultaneamente o número de ovos postos no recipiente com a vara, tanto na superfície da água como na própria vara, embora esta diferença não tenha sido estatisticamente significativa.

Foi observado também que fêmeas da população de B em 80% de umidade, comparadas com as fêmeas da população L nas mesmas condições, mostraram um comportamento mais seletivo, ressaltando-se que elas não colocaram os ovos dentro dos frascos que continham somente água, havendo desta forma uma distribuição mais equitativa

de ovos nos recipientes com planta e a vara, com 32,2% de ovos sendo colocados na superfície da água que continha a planta e 31,8% colocados na vara.

Ao se fazer comparações das oviposições realizadas na superfície das águas dos frascos contendo a planta e a vara, verificou-se que as fêmeas não tinham uma preferência para ovipor em algum desses lugares, o que também foi observado em relação à superfície da água dos dois recipientes. Por outro lado, em baixa umidade, (51%), a população de B preferiu colocar seus ovos na superfície da água de ambos os recipientes, da planta e da vara e também na própria vara, com diferenças não significantes entre as três condições. Inferiu-se também que a discriminação nos lugares de oviposição pareceu estar associada com o nível de umidade.

Em alta umidade (80%), fêmeas da população L colocaram 57% dos ovos nos estratos secos, enquanto na baixa umidade esta proporção caiu para 38,7%, resultando na preferência das fêmeas para pôr na superfície do líquido. A mesma tendência foi observada para fêmeas B, mas em mais proporção mais baixa.

Mieli e Campos (2003) registraram um sumário dos resultados de um monitoramento efetuado pelo Ministério da Saúde Pública da Província de Salta em três localidades desta província: Targatal, Aguaray e Salvador Mazza, na Argentina Subtropical, para investigar semanalmente a atividade de oviposição e o padrão de densidade sazonal de formas imaturas de *Ae.aegypti*, usando ovitrampas e larvitrapas em populações domésticas.

Os estudos de campo foram conduzidos de fevereiro de 2000 a fevereiro de 2001 nestas cidades, com chuva anual de 1049mm. Destaque-se também que a temperatura diária mudou de 13,9°C em julho para 27,3°C em janeiro, e a umidade relativa do ar média de 45% em setembro para 83% em março, cujos dados foram registrados na estação meteorológica de Targatal. Observou-se que as formas imaturas de *Ae. aegypti* foram registradas em 85% das semanas amostradas em Salvador Mazza, 98% em Aguaray e 96,3% em Targatal, evidenciando-se que a abundância máxima de larvas e pupas de *Ae.aegypti* em todos os três lugares ocorreu em março de 2000, representando 53% (Aguaray), 22% (Targatal) e 15% (Salvador Mazza) do total de indivíduos coletados durante este ano.

O segundo pico ocorreu em Salvador Mazza em fevereiro de 2001 (21%), registrando-se a escassez de larvas e pupas de *Ae.aegypti* em junho e julho, quando as medidas de temperaturas foram de 16°C e 14°C, respectivamente. O padrão sazonal de *Ae.aegypti* respondeu bastante intrinsecamente às variações pluviiais, pois observou-se que o

pico das densidades populacionais de *Ae.aegypti* ocorreu no mês de março, correspondendo justamente ao período das chuvas mais intensas, embora se tenha encontrado como única correlação significativa a ocorrida em Aguaray ($r = 0,59$, $P < 0.05$). Em Targatal, a maior correlação significativa foi com a umidade relativa ($r = 0,56$, $P < 0.05$). Em contrapartida, a menor abundância de *Ae.aegypti* ocorreu de maio para novembro, aumentando somente em dezembro em todas as três localidades, após ter ocorrido chuva em novembro.

Os autores enfatizaram que, apesar de em outubro terem sido registradas temperaturas (mínima de 18°C e máxima de 31°C) favoráveis à proliferação dos vetores não foi detectado o aumento da densidade vetorial devido às chuvas, que foram escassas. Não foram encontradas diferenças significantes entre o número de ovos, de larvas e de pupas entre as três localidades. Quanto à atividade de oviposição, a ocorrência dos ovos foi de 44,8%, 45,3% e 27,7%, respectivamente em Targatal, Aguaray e Salvador Mazza, havendo diferenças significantes entre a ocorrência de oviposição de Targatal e as outras duas localidades, não ocorrendo, entretanto, esta diferença entre o número de ovos postos por localidade.

Durante a estação seca, de julho para setembro, o número de ovos foi pequeno nas três localidades. A atividade de oviposição de *Ae. aegypti* aumentou quando a umidade subiu acima de 60% após a chuva em outubro. A atividade de oviposição máxima foi observada durante o outono e o verão, associada com as chuvas mais intensas, que ocorreram em março e janeiro, respectivamente.

Vezzani, Velázquez e Schweigmann (2004) realizaram um trabalho utilizando como modelo de estudo dois cemitérios urbanos, Britânico (BR) e Chacarita (CH), durante o período de setembro de 1998 e agosto de 1999, visando a determinar o padrão temporal de atividade de oviposição e a abundância de locais de criação de *Ae. aegypti* na cidade de Buenos Aires, Argentina. O BR é um cemitério particular que apresenta alta cobertura vegetal (82%) e recipientes com alto índice de infestação larval ou pupal e o outro, o CH, que é administrado pela autoridade municipal, apresenta média cobertura vegetal (26%) e baixo índice de infestação (1,3%). Observou-se um total de 1069 locais de criação de *Ae. aegypti*, os quais foram achados entre os 18.010 recipientes cheios de água examinados. A porcentagem de locais de criação em BR (18,36%) foi significativamente mais alta ($z = 39.23$, $p < 0.001$) que em CH (0,98%), sendo esta diferença de infestação entre os cemitérios estatisticamente significativa ($p < 0.001$) durante todos os meses estudados. A diferença na porcentagem de ovitampas positivas entre as áreas também foi significativa ($z = 6.07$, $p < 0.001$), com valores

mais altos em BR (19,6%) que em CH (8,5%). Quanto à sazonalidade, a porcentagem dos lugares de criação mostrou diferenças significantes entre as estações em ambos os cemitérios: BR ($\chi^2=726,04$ e $p<0,001$) e CH ($\chi^2=30,66$, $p<0,001$), ressaltando-se que, em ambos os cemitérios, estas porcentagens dos locais de criação não diferiram entre verão e outono ($p>0,05$) e foram significativamente mais altas que aquelas na primavera e inverno ($p<0,001$).

Assim também a porcentagem de ovitrampas positivas mostrou diferenças significantes entre as estações (BR: $\chi^2=56,34$, $p<0,001$; CH: $\chi^2=335$, $p<0,001$). A atividade mensal de oviposição entre os cemitérios mostrou diferenças significantes em dezembro ($p<0,001$), janeiro ($p<0,001$) e março ($p<0,01$). Apesar das diferenças significantes na infestação dos locais de criação e ovitrampas positivas entre as áreas, a produtividade de ovos por ovitrampa positiva não mostrou uma diferença significativa entre os cemitérios. Já a porcentagem de ovitrampas positivas mostrou diferença significativa entre as estações em BR e CH, pois, em ambos os cemitérios, os valores obtidos no verão foram significativamente mais altos do que aqueles obtidos nas outras estações ($p<0,001$).

A presença de formas imaturas de *Ae. aegypti* foi registrada da primeira semana de outubro até a segunda semana de julho, com os valores aumentando gradualmente até março e diminuindo continuamente entre abril e julho. Em março, foi verificada a infestação máxima e o número médio de larvas de 3º e 4º estágio e pupas dos lugares de criação em ambos cemitérios (BR: 39,2% e CH: 3,4%).

A atividade de oviposição foi registrada da terceira semana de outubro até o fim de abril. A porcentagem de ovitrampas positivas aumentou gradualmente até março e mostrou um agudo decréscimo em abril devido ao decréscimo da temperatura para 16,5°C, e não foram encontrados ovos no mês de maio, cuja temperatura estava abaixo de 14,8° C. A mais alta atividade de oviposição foi detectada em março para ambos os cemitérios (BR:41,8%, CH:20,6%), como também o valor absoluto máximo de ovos em uma ovitrampa foi registrado na terceira semana de março. Este período de mais elevada proliferação de mosquitos ocorreu durante os meses com mais altos níveis de temperatura e precipitação, acima de 20°C e chuvas acumuladas acima de 150 mm.

Stein et al. (2005), em trabalho realizado na cidade de La Resistencia, na província de Chaco, Argentina, situada em área climática Subtropical Atlântica, Úmida, no período de outubro de 2002 a novembro de 2003, para investigar a flutuação estacional de *Ae.*

aegypti e correlacionar sua abundância com fatores ambientais, utilizaram 10 ovitrampas por mês, dividindo-as em dois grupos de cinco trampas cada um, colocando-as entre as gramíneas e plantas do Prédio da Universidade Nacional do Nordeste. As ovitrampas foram recolocadas semanalmente, e os ovos contados no laboratório. O número de ovos obtidos cada semana foi correlacionado com os dados climáticos semanais registrados através da correlação de Pearson, (temperatura média, umidade relativa do ar, evaporação e precipitações acumuladas).

Assim, 589 ovos de *Ae. aegypti* foram recolhidos durante a primavera, verão e outono, não se registrando atividade de oviposição durante o inverno. Destaque-se que foi obtido o primeiro registro de ovos na última semana de outubro de 2002 (primavera), e o último registro, na última semana de junho de 2003 (início do inverno), com a maior quantidade de ovos contabilizados, cerca de 70%, entre novembro (n=216) e dezembro (n=197) de 2002, cujos valores máximos foram registrados nas primeiras semanas destes meses e coincidiram com um incremento das precipitações e temperaturas, associadas significativamente ($r=0,57$; $P<0,05$) com as precipitações acumuladas mensais. Por outro lado, em janeiro e na primeira semana de fevereiro, as ovitrampas apareceram secas e sem ovos. Esse período foi caracterizado por uma diminuição brusca das precipitações e da umidade relativa do ar, principalmente em janeiro. Na segunda semana de fevereiro, voltou-se a coletar ovos após um aumento nas precipitações acumuladas por semana, mas, no resto do mês, as precipitações voltaram a cair, e a oviposição continuou baixa por mais duas semanas.

Já em março, voltou-se a coletar ovos na segunda semana, quando se registrou um aumento importante das precipitações semanais acumuladas, que continuaram altas em abril. A propósito, na segunda semana desse mês, delineou-se um pico de abundância (n=56), quando se verificou, que, apesar de duas semanas sem registro de chuvas, sugeriu-se atribuir a elevação do número de ovos à temperatura média dessa semana, que foi de 19,2°C, e a umidade relativa oscilou entre 60-70%.

Em maio, junho e julho, notificaram-se os mais baixos registros de ovos coletados do ano, quando as precipitações acumuladas não superaram os 12mm, e as temperaturas médias ficaram entre 13,6°C e 18,1°C. Neste trimestre, somente foram recolhidos ovos na primeira e terceira semana de maio e na última semana de junho, não se encontrando ovos desde julho até a segunda semana de novembro de 2003. Nesse período, as temperaturas médias semanais entre julho e meados de setembro oscilaram entre 10,4°C e 16,5°C, com mínimas de 4°C. Quando se registrou um incremento da temperatura, em torno de 17,4°C e

25,4°C, e precipitações acumuladas de 214,3mm nos meses de outubro e novembro, recolheram-se novamente ovos nos últimos meses.

Serpa et al. (2006), buscando verificar a variação sazonal do *Ae. aegypti* e do *Ae. albopictus* no município de Potim, Estado de São Paulo, de novembro de 2002 a outubro de 2003, e simultaneamente investigar a influência dos fatores abióticos, temperatura, umidade relativa do ar e pluviosidade sobre a abundância destas espécies, coletaram 20.727 formas imaturas de culicídeos, dos quais 19.749 (95,3%) eram espécimes de *Ae. aegypti* e 978 (4,7%) de *Ae. albopictus*. Com isso, evidenciaram que o *Ae. aegypti* se apresentou como a espécie mais frequente e abundante durante todos os meses de observação, com pico no mês de abril, e as maiores quedas entre abril e maio e entre junho e julho, assinalando os menores números de mosquitos de *Ae. aegypti* nos meses de julho, novembro e dezembro, ou seja, durante a estação seca e *Ae. albopictus*, foi menos abundante, sendo encontrado apenas de novembro de 2002 a julho de 2003 com o pico em abril.

Além disso, registrou-se associação significativa da abundância de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* com a temperatura máxima ($p=0,04$) e ($p=0,01$), respectivamente. E ainda se detectou associação com a pluviosidade somente para *Ae. albopictus* ($p=0,02$), embora não se tenha constatado associação de variação da umidade relativa do ar com a abundância das espécies.

Costa et al. (2008) investigaram os aspectos da dinâmica populacional de *Ae. aegypti* associados às condições ambientais na cidade de Uberlândia, Estado de Minas Gerais. Foram feitas coletas quinzenais das formas imaturas em zona urbana da cidade no decorrer de dois anos, de fevereiro de 2003 a março de 2005, e acompanhamento destas no laboratório, tendo como aspectos estudados: variação mensal e tempo de desenvolvimento nos diferentes períodos do ano e em diferentes densidades populacionais. Das 1.428 armadilhas expostas, 303 armadilhas tornaram-se positivas ao longo dos 24 meses, sendo que 13,5% (41) das armadilhas foram positivas no período seco, enquanto 86,5% (262) destas se mostraram positivas no período chuvoso. Verificou-se também a redução da emergência de adultos na estação seca durante os meses mais frios e secos (Tabela 3).

TABELA 3 – Desenvolvimento de *Aedes aegypti* a partir de oviposturas colhidas na região urbana de Uberlândia, nos períodos secos e chuvosos de março de 2003 a fevereiro de 2005

| Período do ano | Tempo de emergência de adultos (dias) % | Média de machos emergidos (%) | Média de fêmeas emergidas (%) | Proporção de adultos emergidos |
|-----------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Seco | 20,72A | 25,37 (56,54) | 19,50 (43,56) | 0,764 A(*) |
| Chuvoso | 13,93A | 229,78 (51,80) | 213,78 (48,20) | 0,856 B(*) |
| Total | 16,40 | 155,45 (52,60)A | 143,14 (47,40)A | 298,59 |

Fonte: Costa et al. (2008).

(*) Resultados acompanhados por letras diferentes são estatisticamente diferentes ao nível de 5%.

Beserra et al. (2006) determinaram as exigências térmicas e estimaram o número de gerações anuais de *Ae. aegypti* provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba em campo. Verificou-se que ocorreram interações significativas entre população e temperatura com relação ao ciclo biológico do mosquito, indicando que as populações de *Ae. aegypti* se comportaram de forma diferente em relação à temperatura e à duração do período de desenvolvimento de ovo à emergência do adulto. A longevidade dos adultos de *Ae. aegypti* também dependeu da interação entre população e temperatura, sendo estas medidas significativamente maiores a 18°C, diminuindo nas temperaturas de 30°C a 34°C, para machos e fêmeas, sendo os de Remigio, na média geral, mais longevos que os das outras populações (Tabela 4).

TABELA 4 – Temperaturas de ovo à Emergência do adulto e Longevidade de fêmeas de populações de *Aedes aegypti* da Paraíba Fotofase 12h

| População | Tipo de ambiente | Temperatura Pluviosidade Umidade | Duração em dias (d) da emergência de ovo a adulto | | | | Longevidade de fêmeas | | | | Média Geral | |
|------------------|---|--|--|-------------------|-----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|--------------------------|
| | | | 22°C (21,1°C) | 26°C (24,1° C) | 30°C (29° C) | 34°C (32°C) | 18°C (17°C) | 22°C (21°C) | 26°C (24°C) | 30°C (34° C) | | 34°C (32° C) |
| | | | | | | | | | | | | |
| Boqueirão | Nordestino quente de seca acentuada, com estação seca sete a oito meses | 23°C 300-400mm 75% | 23,1 ± 0,25 aB | 15,3 ± 0,29 bB | 10,9 ± 0,20cBC | 11,8 ± 0,40 cB | 43,6 ± 2,36aBC | 38,5 ± 2,38aB | 43,3 ± 4,01aAB | 20,0 ± 1,38bC | 17,4 ± 0,68bB | 32,5 ± 2,54BC |
| Brejo dos Santos | Tropical quente de seca média com estação seca de cinco a sete meses | 25°C 600-700mm 65% | 22,5 ± 0,20aBC | 16,6 ± 0,19bA | 13,7 ± 0,29cA | 11,6 ± 0,20dBC | 36,5 ± 1,73aCD | 37,7 ± 1,43aB | 38,2 ± 1,09aBC | 28,4 ± 0,79bAB | 20,6 ± 0,74cB | 32,3 ± 1,48B |
| Campina Grande | Nordestino quente de seca atenuada; estação seca de 04 a 05 meses. | 25° C 700-900mm 80-85% | 19,3 ± 0,62aD | 12,4 ± 0,24bC | 11,8 ± 0,31bB | 10,6 ± 0,14cCD | 33,5 ± 2,21bD | 53,3 ± 0,45aA | 32,9 ± 2,62bC | 23,4 ± 1,41cBC | 10,2 ± 1,02dC | 0,7 ± 2,97C |
| Itaporanga | Tropical quente de seca acentuada, com estação seca de sete a oito meses. | 25°C 600-800mm 65% | 21,7 ± 0,37aC | 14,3 ± 0,23bB | 10,4 ± 0,24cC | 14,6 ± 0,30bA | 46,2 ± 2,24aB | 32,4 ± 0,81bB | 43,7 ± 1,84aAB | 20,8 ± 1,29cC | 31,2 ± 1,27bA | 34,9 ± 1,98AB |
| Remígio | Nordestino quente de seca atenuada, com estação seca de 04 a 05 meses. | 25° C 700-900mm 80- 85% | 25,1 ± 0,38aA | 15,2 ± 0,20bB | 8,5 ± 0,10dD | 9,6 ± 0,09cD | 56,2 ± 2,38aA | 36,5 ± 1,64cB | 46,1 ± 1,74bA | 31,7 ± 1,60cA | 18,9 ± 1,53dB | 37,9 ± 2,69 ^a |

Fonte: Adaptado de Bezerra et al. (2006).

Canyon, Hii e Müller (1998), investigando os efeitos da umidade e a concentração de açúcar na fecundidade, na postura temporal de oviposição e na sobrevivência de populações de *Ae. aegypti*, simularam quatro ambientes com níveis de umidade e concentração de açúcar distintos (A- 34% RH e 3% de açúcar; B-34% de RH e 10% de açúcar; C-84% de RH e 3% de açúcar e D-84% de RH e 10% de açúcar), os quais foram replicados 20 vezes. Cada replicação consistiu de vasos de 250 ml, contendo quatro fêmeas e dois machos. Verificou-se que a fecundidade foi reduzida significativamente pelo baixo índice de umidade relativa, diminuindo o número de ovos postos por mosquito, com uma média de duas vezes menos nos ambientes de umidade baixa (A:29,42 e B:24,30), quando comparado com os ambientes de alta umidade (C:54,10 e D:54,17), com o método Análise de Variância demonstrando que a umidade foi o único fator significativo influenciando a fecundidade ($P < 0.0001$). Isto sugere que o sangue que sobrou da produção de poucos ovos em baixa umidade parece ter sido usado para a manutenção do corpo.

A concentração de açúcar não afetou significativamente a fecundidade. Quanto à sobrevivência das fêmeas, a porcentagem de sobrevivência (soma do número de fêmeas vivas por vaso/total de fêmeas) mostrou-se significativamente mais baixa ($P < 0,0001$) nos dois ambientes de umidade baixa (A: 69,2 e B: 61,6) do que nos dois de umidade alta C:91,3 e D: 94,5). Além disso, destaque-se que a mortalidade pode subir para 31-39% em baixa umidade, depois de 19 dias, em comparação ao índice de 6-9% em alta umidade. Quanto ao tempo de oviposição, houve uma significativa demora na oviposição, causada pela baixa umidade ($P = 0,011$) e pela alta concentração de açúcar ($P = 0,049$).

2.4 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA UMIDADE NA INFECTIVIDADE DE VETORES TRANSMISSORES DE ARBOVIROSES

Lindsay, Denham e Mcgreevy (1984), ao tentar determinar a influência da umidade no sucesso do mosquito *Ae. aegypti* em transmitir *Brugian filariasis*, realizaram experimentos com três gaiolas, sendo uma gaiola controle e duas gaiolas testes, mantendo de 50 a 100 fêmeas, após 10 a 12 dias de infecção. Nesse período, um grande número de larvas tinha se acumulado na probócida. Cada gaiola teste foi mantida a uma umidade de 40 a 50% ou 90 a 100%.

No primeiro experimento, os mosquitos se alimentaram em jirds e no segundo em gatos domésticos. No primeiro experimento, o número de larvas dentro de cada mosquito e a

sua condição de alimentação, ambos da gaiola teste e da gaiola controle de mosquitos não alimentados, cerca de 80% a 100% e até 20 mosquitos infectados, respectivamente, foram registrados. No segundo experimento, a carga de vermes da gaiola controle foi obtida da dissecação de 30 mosquitos. O número total de larvas em cada gaiola teste foi encontrado pelo esmagamento dos mosquitos em cada gaiola, com a carga total de vermes sendo dividida pelo número de mosquitos em cada gaiola teste.

Verificou-se também que não houve diferença estatisticamente significativa na avidéz por alimentação dos mosquitos em alta ou baixa umidade. O egresso de larvas da alimentação dos mosquitos foi independente da umidade. A penetração larval foi mais alta no hospedeiro, jird ou gato, na umidade mais alta do que na mais baixa, com uma diferença estatística significativa em ambos os experimentos, suportando a hipótese de que, em alta umidade, a razão de evaporação do envoltório protéico da hemolinfa é menor. Poucas larvas sucumbem á dissecação, facilitando o sucesso da penetração das larvas na superfície da pele do hospedeiro. Não houve diferença estatística entre o número de larvas dentro do grupo controle e o número de larvas nos indivíduos não alimentados do grupo teste ($p=0.24$).

Os autores evidenciaram que os mosquitos *Ae. aegypti* famintos alimentaram-se independente da umidade, assim como também o egresso larval da alimentação dos mosquitos é independente da umidade. Entretanto, como já dito anteriormente, o sucesso de penetração larval é diretamente afetado pela umidade do ambiente.

Turell, Rossi e Bailey (1985) realizaram estudos para avaliar o efeito da temperatura de incubação extrínseca (EI) na competência vetorial de *Culex pipiens*, do Egito, e *Ae. taeniorhynchus*, da América do Norte, para o vírus da Febre do Rift Valley (FRV). Todos os mosquitos foram examinados quanto aos aspectos de infecção, disseminação e habilidade para transmitir o vírus FRV em tempos de intervalos selecionados.

No primeiro experimento, *Culex pipiens* ingeriram $10^{4.8}$ PFU de RFV vírus e foram mantidos em 13°C, 26°C ou 33°C em 5, 10 e 17 dias de incubação extrínseca. Uma amostra de 20-40 mosquitos foram transferidos do incubador de 13°C para um de 26°C. No terceiro experimento realizado, do mesmo modo que o primeiro, com *Ae. taeniorhynchus*, os mosquitos foram transferidos de 13°C para 26°C após 5,10,17,24 e 31 dias de incubação extrínseca. Em um quarto e quinto experimentos, ambas as espécies, *Culex pipiens* e *Ae. taeniorhynchus*, foram inoculadas com o Febre do Rift Valey (VRF) vírus e mantidas em 13°,

26° e 33°C para determinar o efeito da temperatura de incubação extrínseca na replicação depois que o vírus entrou na hemolinfa. No sexto experimento, foi avaliado o efeito da temperatura de incubação extrínseca na replicação viral e a infecção das glândulas salivares quando inoculadas com RVF vírus e mantidas debaixo de 4 condições, como foi realizado no segundo experimento.

No primeiro experimento, as razões de infecção em *Culex pipiens* aumentaram significativamente com o aumento da temperatura de incubação extrínseca (χ^2 , $P < 0.001$). De fato, em 13°C, 26°C e 33°C as razões de infecção foram de 38%, 75% e 91%, respectivamente; já em *Ae. taeniorhynchus*, no terceiro experimento, as razões de infecção foram mantidas relativamente constantes em 55%, 56% e 59%, respectivamente. Além disso, constatou-se que, em ambos os experimentos (1° e 3°), o vírus se disseminou mais rapidamente nas temperaturas de incubação extrínseca mais altas, sendo no primeiro experimento de 33° (3 dias), 26° (5 dias) e em 13°C (10 dias), embora, neste experimento, não se tenham observado diferenças significantes nas porcentagens de mosquitos que desenvolveram infecções disseminadas incubadas nas três temperaturas (20%, 27% e 24%), respectivamente. E ainda: o período de incubação extrínseca foi diminuído nas temperaturas mais elevadas (13° C de 14 dias, 26°C de 5 dias, 33°C de 4 dias), mas não foram encontradas diferenças significantes nas razões de transmissão (10%, 13% e 21%), respectivamente.

No terceiro experimento, com *Aedes taeniorhynchus*, a porcentagem de mosquitos infectados que desenvolveram infecções disseminadas em 13°C (7%) foi significativamente mais baixa ($P < 0.001$) do que em mosquitos mantidos nas outras duas temperaturas, 26° (57%) ou 33°C (60%) em 10, 3 e 3 dias respectivamente. A disseminação viral foi observada primeiro em *Aedes taeniorhynchus*, com os mosquitos mantidos em 26°C após 3 dias. A replicação viral atingiu os títulos virais maiores em mosquitos mantidos nas temperaturas mais elevadas. Nos experimentos de inoculação, em ambas as espécies, o vírus foi replicado mais rapidamente e transmitido após um período de incubação extrínseco mais curto nas temperaturas de incubação extrínseca mais altas.

Em *Culex pipiens* mantidos em 26°C ou em 33°C, estes mosquitos foram capazes de efetuar a primeira transmissão do vírus mais precocemente, em 1 dia após a inoculação, enquanto aqueles mantidos em 13°C foram requeridos 14 dias. Para *Aedes taeniorhynchus*, a primeira transmissão ocorreu somente após o terceiro dia nos mosquitos mantidos em 26° ou

33°C, e a razão de transmissão continuou em 50%, independente do tempo após infecção, e a transmissão em 13°C somente ocorreu no dia 21.

Kramer, Hardy e Presser (1983) conduziram uma serie de experimentos em uma cepa (WB) e em uma população de campo (Poso West) de *Culex tarsalis* infectados oral e parenteralmente com o vírus Encefalite Eqüina Oeste (EEO), para examinar o efeito da temperatura de incubação extrínseca na expressão de barreiras para disseminação e transmissão viral.

No primeiro experimento, fêmeas WB infectadas oralmente, alimentando-se de $10^{4.7}$ PFU de compressas encharcadas de vírus, foram examinadas após 13-16 dias de incubação extrínseca em 18°C, 25°C ou 32°C. Evidenciaram que a razão de infecção foi a mais baixa quando fêmeas foram mantidas em 32°C, embora não existiu diferença significativa entre a proporção de fêmeas infectadas que foram transmissores potenciais e aquelas infectadas com MEB e SGIB nos grupos de 25°C e 32°C. Já em 18°C, a expressão de MEB foi predominante, com a mais baixa porcentagem de vetores potencialmente competentes na população total após incubação extrínseca em 18°C e a mais alta após incubação extrínseca em 25°C.

No segundo experimento, fêmeas WB ingeriram $10^{3.8}$ - $10^{5.6}$ PFU de vírus em aves virêmicas. A transmissão do vírus foi determinada após 6, 12 e 19 dias de incubação extrínseca, e também foi evidenciado que a razão de infecção foi a mais baixa no grupo de 32°C. De fato, ela decresceu de 71% no dia 6 para 22% no dia 12, embora a razão de infecção no grupo de 25°C também tenha caído significativamente, mas menos precipitadamente de 100% no dia 6 para 81% no dia 19. Em 18°C, a razão de infecção continuou constante de 6 a 19 dias após infecção. A porcentagem de fêmeas potencialmente infectantes aumentou entre 6 e 19 dias após incubação em 18°C e 25°C. A razão de transmissão foi mais alta após 6 dias de incubação extrínseca em fêmeas mantidas em 32°C (6/20=30%) do que as mantidas em 25°C (1/27=4%) e 18°C (0/25=0%). Após o dia 12, a razão de transmissão passou para 9%, 35% e 20% para os grupos de 18°C, 25°C e 32°C, com diferença estatisticamente significante, constatando, portanto, que houve um decréscimo na razão de transmissão no grupo de 32°C em um período de incubação maior que 6 dias.

Nestes experimentos, a competência vetorial da população total foi mais alta nas fêmeas que foram incubadas por mais que 6 dias em uma temperatura constante de 25°C. Nos

experimentos com as fêmeas de campo Poso West, infectadas oralmente, a razão de infecção foi a mais baixa também nas fêmeas incubadas em 32°C do que em 25°C, 57% e 92%, respectivamente ($P < 0.001$). Fêmeas infectadas e mantidas em 32°C (MEB e SGIB) exibiram uma maior proporção de barreiras, do que no grupo de 25°C, portanto tornando-se menos capazes potencialmente para transmitir o vírus. O vetor potencial de Poso West foi significativamente maior após incubação em 25°C do que em 32°C (χ^2_1 , $P = 0.040$).

Nos experimentos de inoculação, a razão de infecção para grupos de 25°C e 32°C passou de 93% para 100% e de 7% para 27% para fêmeas inoculadas com $10^{3.7}$ e $10^{1.7}$, respectivamente. Com uma exceção, todas as fêmeas foram capazes de transmitir o vírus. Assim, a duração e a temperatura de incubação extrínseca não tiveram efeito significativo na razão de infecção e na transmissão para mosquitos infectados parenteralmente com vírus EEO. Mas, como nos primeiros experimentos, o decréscimo na competência vetorial na temperatura de incubação extrínseca mais alta (32°) parece estar relacionado com a habilidade de algumas fêmeas modular os títulos virais de EEO vírus, e esta habilidade é aumentada quando a temperatura de incubação extrínseca é aumentada de 18°C para 32°C.

Turell (1993) conduziu experimentos laboratoriais para avaliar o efeito da temperatura ambiental de criação larval e de incubação na susceptibilidade oral de *Aedes taeniorhynchus* para os vírus Febre do Rift Valley (FRV) e Encefalite Equina Venezuelana (EEV). Para isto, metade das larvas destes mosquitos foram criadas em 19°C, e a outra, em 26°C. Os mosquitos foram alocados randomicamente em 2 gaiolas e mantidos na temperatura de criação até o momento de alimentar-se em um hamster virêmico para FRV e EEV. Para cada vírus, os mosquitos engordados de cada gaiola foram colocados em um dos dois recipientes, os quais foram colocados em incubadores ambientalmente controlados em 19°C ou 26°C. Verificou-se que as razões de infecção foram mais altas em *Aedes taeniorhynchus* expostos ao vírus VEE do que para os expostos ao vírus FRV.

Para o vírus FRV, os mosquitos criados na temperatura de criação larval mais baixa, 19°C (70%, 158 de 226), apresentaram razões de infecção significativamente mais altas do que aqueles criados em 26°C (48%, 135 de 280), independentemente da temperatura de incubação a qual eles foram submetidos após exposição ao vírus. De fato, na temperatura de criação larval de 19°C e de incubação de 19°C e 26°C, as razões de infecção foram de 72% e 67%, respectivamente.

A disseminação do vírus foi mais alta nos mosquitos mantidos em 26°C do que naqueles mantidos em 19°C, independente da temperatura de criação. A capacidade de transmissão foi maior para os mosquitos criados em 19°C e mantidos em 26°C, pois a sua razão de transmissão foi pelo menos duas vezes maior do que para os outros. Similarmente a razão de infecção foi maior para mosquitos criados em 19°C (97%, 236 de 243) do que em mosquitos criados em 26°C (78%, 217 de 280). As razões de infecção não foram afetadas pelas temperaturas de incubação. Como para FRV, a disseminação viral foi mais rápida nos mosquitos mantidos em 26°C do que em 19°C, e as suas razões de disseminação ainda foram mais rápidas do que FRV, independente dos regimes de temperatura. Assim, conclui-se que a combinação de baixa temperatura de criação larval e alta temperatura de incubação, produz um mosquito mais eficiente para a transmissão de ambos os vírus.

2.5 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E UMIDADE NA LONGEVIDADE DE VETORES TRANSMISSORES DE ARBOVIROSES

A longevidade média das fêmeas de *Aedes aegypti* é um parâmetro entomológico importante, pois constitui fator imprescindível na avaliação da capacidade vetorial. Isto porque quanto maior for esta longevidade, maior a probabilidade dessas fêmeas se infectarem pelo agente patogênico, viverem mais tempo e transmitirem a doença em condições ambientais naturais.

Lansdowne e Hacker (1975) realizaram um estudo com o objetivo de investigar tabelas de vida de cinco Coortes de *Aedes aegypti*, Carrizal (CR), Ocala (OC), Houston (HJ), Newala-Bamboo (NB), Newala-House (NH), mantidos em 08 gaiolas, sendo 04 em um insetário interno e 04 em um insetário externo, em condições ambientais constantes de temperatura e umidade e condições flutuantes de temperatura e umidade de verão e outono, respectivamente, na cidade de Houston, Texas, no período de julho-dezembro de 1973. estudo, mediu-se, através de um termo-higrômetro, os valores da temperatura e umidade durante este período, em intervalos de quatro horas, e os transcreveram para análise, e simultaneamente em intervalos de dois dias registraram os mosquitos mortos em cada gaiola, diferenciando-os por sexo.

Evidenciou-se também que não houve diferença significativa na sobrevivência entre os mosquitos criados no ambiente interno constante e no ambiente externo flutuante,

ressaltando-se que, dentro de cada colônia, os sexos diferiram claramente, com as fêmeas demonstrando uma sobrevivência maior que os machos. Ao se comparar a duração do tempo de vida de machos e fêmeas, razão de reprodução e razão intrínseca de crescimento entre as colônias, observou-se que, quanto aos machos, não se verificou diferença significativa entre a duração do tempo de vida dos mosquitos criados no ambiente interno constante e no ambiente externo flutuante.

Entretanto, entre as fêmeas, manifestou-se uma tendência para a duração do tempo de vida ser mais longa naquelas criadas no ambiente externo flutuante do que no ambiente interno constante, sendo esta tendência estatisticamente significativa.

As colônias norte-americanas de Ocala e Houston apresentaram os maiores valores de sobrevivência, e a da América do Sul, Carrizal, os menores: 28,40; 20,78 e 13,36, respectivamente. As diferenças na razão de reprodução entre as colônias mostraram-se altamente significante, com ambas as colônias de Ocala, tanto a criada em ambiente interno quanto a criada em ambiente externo, reproduzindo a maior progênie, seguida pela de Newala Bamboo. A de Carrizal, criada em ambiente externo flutuante, reproduziu a menor progênie, enfatizando-se que as diferenças devido ao ambiente e às interações entre as colônias e o ambiente não se mostraram significantes. As diferenças na razão intrínseca de crescimento para cada colônia mostraram-se significantes entre as colônias, mas as diferenças devido ao ambiente e às interações ambiente e colônias não se mostraram significantes. A variância da temperatura no insetário externo apresentou-se como 10 vezes maior do que no insetário interno, assim como a umidade assinalou uma variância 100 vezes maior no insetário externo que no insetário interno.

Mellanby (1931) investigou o efeito de várias umidades relativas no ponto térmico de morte de um número de insetos em altas temperaturas. Os insetos utilizados nos experimentos foram adultos de *Xenopsylla cheopis* Roths, *Pediculus humanus corporis* e de *Lucilia sericata* Mg e larvas de *Tenebrio molitor* L (pequenas, abaixo de 30mg e grandes, acima de 100mg.) e de *Xenopsylla cheopis*. Os insetos foram colocados em garrafas com 5 indivíduos e passados para dentro de pequenas bolsas e submetidos a várias temperaturas e umidades por períodos de 1 hora e de 24 horas. Umidades relativas de 0, 30, 60 e 90% foram usadas.

Em experimentos de 1h de exposição, os adultos de *Pediculus humanus*, tomados em uma semana depois da última muda e recentemente alimentados, morreram claramente

pelo calor. Em todas as umidades, foram capazes de sobreviver em um pouco mais que 46°C (46,2°C: 0% (-), 30% (5 vivos), 60% (5 vivos), 90% (5 vivos); 46,5°C: 0% (-), 30% (3 vivos e 2 mortos), 60% (2 vivos e 3 mortos), 90% (5 vivos); 47°C: 0% (-), 30% (5 mortos), 60% (5 mortos), 90% (5 mortos).

Para adultos *Xenopsylla cheopis*, não alimentados menos que 24 horas foram capazes de resistir somente por volta de 40,5°C por 1 hora, e a umidade atmosférica não pareceu afetar o ponto térmico de morte (40,4°C- em todas as umidades (5 vivos); 40,6°C: 0% (-), 30% (3 vivos e 2 mortos), 60% (4 mortos), 90% (4 mortos e um vivo); 40,7°C: 0% (-), 30% (5 mortos); 60% (5 mortos); 90% (5 mortos).

A umidade atmosférica não alterou as temperaturas mais altas nas quais os adultos de *Lucilia sericata*, *Pediculus humanus* e *Xenopsylla cheopis* e larvas de *Xenopsylla cheopis*, conseguiram sobreviver nos experimentos de 1h, exceto para as larvas de *Tenebrio molitor* que foram capazes de tolerar cerca de um grau a mais em temperatura alta dentro de um ar mais seco do que em ar mais úmido. Para os experimentos de 24 horas, as larvas de *Xenopsylla cheopis* foram capazes de sobreviver em temperaturas muito mais altas em ar úmido do que em ar seco, dado que, em umidade relativa (UR) de 0%, todos sobreviveram até a temperatura de 22°C; em 30%, todos sobreviveram até uma temperatura de 27°C; em 60%, todos sobreviveram até uma temperatura de 32°C; em UR de 90%, todos sobreviveram até uma temperatura de 36°C.

Adultos de *Tenebrio* e *X.cheopis* morreram por volta dos 38°C, independente da umidade. Adultos de *Pediculus humanus* também morreram por volta dos 38°C, contudo quando em ar seco, morreram em temperaturas muito mais baixas. Foi visto que, nos experimentos de uma hora de duração, a umidade não teve efeito no ponto térmico de morte dos insetos, exceto no caso das grandes larvas para alimentação em um grau °C mais alto no ar seco do que no ar úmido. Foram duas as causas principais de morte nos insetos mortos em altas temperaturas: quando a temperatura estava acima dos 40°C, eles morreram pelos efeitos do calor. Abaixo dos 36°C, de todos os insetos que foram capazes de sobreviver pelo menos por 24 horas no ar úmido, mas quando em ar seco os insetos foram incapazes de conservar seu potencial hídrico e devem ter morrido de dissecação.

Milleron et al. (2008) investigaram como a variação da umidade adicionada aos recipientes de oviposição alteram a produtividade de ovos e a longevidade de fêmeas adultas

de *Lutzomyia longipalps*, em ambientes de níveis de umidades diferentes, sub-saturado intermitente (93,5%) e um saturado (> 99,9%). Observou-se que o aumento nos níveis de umidade foi associado positivamente ao desenvolvimento de um maior número de ovos, ocorrendo concomitantemente o decréscimo da longevidade das fêmeas.

Evidenciou-se ainda uma média de 47 e 37 ovos por fêmea no ambiente saturado e sub-saturado, respectivamente, embora tenha sido evidenciado também que, naquele ambiente, mais adiante, houve uma tendência para pôr menos ovos, e mais ovos foram retidos no abdômen da fêmea, com uma média de 22 ovos contra 04 ovos no ambiente sub-saturado.

A oviposição, iniciada após a refeição sanguínea, ocorreu cerca de 2,6 dias mais cedo no ambiente saturado que no sub-saturado, com 3,5 e 6,1 dias, respectivamente. A longevidade das fêmeas, após a refeição sanguínea, foi cerca de 4,2 dias maior no ambiente sub-saturado do que no saturado, com 8,0 e 3,8 dias, respectivamente.

Maharaj (2003) elaborou tabelas de vida de *Anopheles arabiensis* da África do Sul, sob condições simuladas sazonais de temperatura e umidade. Foi utilizada a progênie F¹ de fêmeas coletadas no campo sob quatro condições de temperatura flutuantes, com medidas de 17.9; 23.2; 26.1 e 21.4°C, representando inverno, primavera, verão e outono. O desenvolvimento do estágio de pupas para adulto variou de 11 dias no verão para 32 dias no inverno, com similar emergência de tempo para machos e fêmeas (Tabela 5). A duração do primeiro ciclo gonotrófico mudou de acordo com as estações, de 4 dias em 26°C no verão para 6 dias em 21° C no outono. O segundo e o terceiro ciclo gonotrófico foram os mais curtos em cada temperatura com os ciclos gonotróficos, aumentando a duração dos dias, além do terceiro ciclo, quando as fêmeas envelheceram, com o segundo ciclo variando de 3,1 dias no verão e 5,1 dias no outono, e o terceiro, de 3,0 dias no verão e 4,5 dias no outono.

A longevidade foi maior na temperatura mais baixa. No inverno, a mortalidade mostrou-se inicialmente baixa e aumentou gradualmente com o decorrer do tempo. Já no verão a mortalidade foi mais acentuada, e a longevidade máxima foi apenas um pouco além da metade dos adultos mantidos vivos no inverno. Durante a primavera e o outono, as curvas de mortalidade foram quase similares, e a longevidade máxima durante as duas estações não foram significativamente diferentes (Tabela 5).

TABELA 5 – Desenvolvimento de larva para pupa, pupa para adulto, ciclo gonotrófico e esperança de vida

| Atributos | Inverno | Primavera | Verão | Outono |
|-----------------------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| Larvas para Pupas (d) | 28.8± 2A | 17,6± 1,98B | 10,9±0,77C | 16,43±1,29B |
| Pupas para adulto (d) | | | | |
| Macho | 32,3±2,01A | 19,72± 1,81B | 12,46±0,69C | 18,82±1,24B |
| Fêmea | 32.02±1.99A | 19.2±1.58B | 11.76± 0.72 C | 17.96 ± 1.1 B |
| Ciclo Gonotrófico (d) | | | | |
| 1º | - | 5,2 | 4,0 | 6,1 |
| 2º | - | 3,5 | 3,1 | 5,1 |
| 3º | - | 3,3 | 3,0 | 4,5 |
| 4º | - | 4,0 | 3,0 | 5,0 |
| Esperança de Vida | | | | |
| Macho | 28,3(136) | 25,1(134) | 16,9(139) | 24,1(157) |
| Fêmea | 43,2(167) | 32,0(171) | 21,4(171) | 34,3(185) |

Fonte: Adaptada de Maharaj et al. (2005).

Buxton (1932), realizando um trabalho sobre o ponto térmico de morte de larvas de *Rhodnius prolixus* para delimitar condições de temperatura e umidade que são fatais para este inseto, utilizou larvas de primeiro estágio, não alimentadas e entre 3 a 7 dias de idade, em experimentos de 1h ou 24h de duração. Observou-se que a temperatura que é fatal para as larvas de *Rhodnius* é pouco afetada pela umidade atmosférica, pois em todas as umidades (0%, 30%, 60% e 90%) todos os insetos morrem na metade de um grau de 43°C durante uma exposição de uma hora e dentro de cerca da metade de um grau de 40°C durante a exposição de 24 horas. Em umidade de 0%, em ambas as durações de exposição, o ar seco não afetou o ponto térmico mortal de todas as larvas, pois somente algumas delas morreram em temperaturas sub-letais.

Thu, Aye e Soe (1998) estudaram o efeito da temperatura e da umidade na propagação do vírus dengue 2 em mosquitos machos de *Aedes aegypti* como um dos possíveis fatores contribuintes para surtos epidêmicos de febre da dengue hemorrágica, pois evidenciaram que, em Singapura, ocorria epidemia mesmo havendo estratégias de prevenção e controle bem sucedidas e esta cidade apresentando infestação predial reduzida em níveis abaixo de 1%.

Então, os autores dividiram os machos de *Aedes aegypti* em dois grupos, um inoculado intratoracicamente com o vírus da dengue 2 e o outro grupo não inoculado, mantido como controle para estudo da mortalidade natural. Os experimentos de infecção dos mosquitos foram feitos quatro vezes. Cada vez foi realizada para 3 estações de Yangon, ou seja, para a estação chuvosa, estação fria e quente, e para condições de temperatura e umidade simuladas de Singapura.

Assim, evidenciou-se que foi detectado o desenvolvimento do vírus da dengue naqueles mosquitos coletados no 14º e 17º dias da estação chuvosa e também naqueles mesmos dias para os mosquitos coletados sob condições de Singapura. A infectividade viral em mosquitos *Aedes aegypti* foi significativamente mais alta nas condições da estação chuvosa do que nas outras duas estações de Yangon, como também, similarmente, a infectividade viral foi geralmente mais alta nas condições simuladas de Singapura do que em todas as três estações de Yangon.

Observou-se que, quanto à mortalidade natural, na estação quente, ela é bem mais alta e se inicia mais cedo que na estação fria, chegando a mortalidade a 55% no 20º dia na estação fria e no 17º dia na estação quente, sem nenhum mosquito sobrevivente. Na estação chuvosa e sob condições simuladas de Singapura, as razões de sobrevivência dos mosquitos foram de 93% e 90% pelo 20º dia, índices esses muito mais altos do que aqueles referentes às estações quente e fria de Yangon.

Strickman (2006), com o propósito de comparar a longevidade de fêmeas de *Aedes aegypti* em gaiolas com a longevidade de fêmeas soltas no campo, realizou experimentos em uma casa típica tailandesa de uma vilarejo, situada na rua Samrong, na Província de Chachoengsao. Cada experimento consistiu de quatro gaiolas com 50 mosquitos machos e 50 mosquitos fêmeas da 1ª geração de *Aedes aegypti* coletados e criados localmente na rua Samrong. As gaiolas foram colocadas no quarto e na cozinha da casa tailandesa. Aos mosquitos foi oferecida solução de sacarose a 10% e uma refeição sanguínea humana todo dia durante 30 dias.

Este experimento foi replicado cinco vezes durante o ano, do fim da estação chuvosa (outubro) atravessando a estação quente (junho): (05 de outubro-04 de novembro de 1991; 23 de novembro-23 de dezembro de 1991; 26 de janeiro -25 de fevereiro de 1992; 16 de março a 15 de abril de 1992 e 05 de maio-04 de junho de 1992). O número de ovos e fêmeas

mortas foram contados diariamente. No recinto fechado, a temperatura variou de 29°C em outubro/novembro para a temperatura máxima de 41°C em maio/junho.

A sobrevivência nas gaiolas foi relacionada com a temperatura, sendo esta muito mais alta para mosquitos engaiolados nos meses mais frios (outubro-novembro-dezembro), com mais de 75% das fêmeas vivas após 30 dias, enquanto a sobrevivência reduziu dramaticamente nos dois meses mais quentes (maio e junho), com menos de 40% das fêmeas continuando vivas pelo dia 30, quando a temperatura alcançou 41°C.

A força de mortalidade demonstrou o valor mais baixo para o período mais frio, de novembro-dezembro (0,002), e o valor mais alto para o período mais quente, de maio-junho (0,046), com esta coorte de mosquitos engaiolados de maio-junho sofrendo uma razão de mortalidade aproximadamente 10 vezes maior que para os outros meses.

Tsuda e Tagaki (2001), com o objetivo de examinar a sobrevivência e o desenvolvimento de populações larvais de *Aedes aegypti* (L.) e de *Aedes albopictus* (Skuse) sob condições naturais de campo com flutuações de temperatura ambiental, realizaram experimentos no Campus Universitário da Escola de Medicina de Nagasak, Japão, visando a comparar suas respostas aos ambientes sazonais.

Foram utilizadas duas colônias de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* provenientes do Norte da Tailândia e duas colônias japonesas de *Aedes albopictus* originadas da Ilha de Ishigaki e Nagasaki. Experimentos das larvas eclodidas foram conduzidos 11 vezes, de janeiro de 1998 a janeiro de 1999. Duas coortes de larvas foram preparadas para cada uma das colônias em cada mês, cujos resultados foram traçados para calcular o período médio de desenvolvimento de larva para pupa e o tamanho do corpo. As temperaturas ambientais máximas e mínimas foram registradas todos os dias durante o experimento.

Os autores evidenciaram que, em ambas as espécies, as larvas não puderam se desenvolver para adultos sob condições de campo no mês de janeiro, fevereiro e dezembro de 1988, pois a temperatura média diária em janeiro, fevereiro e março foi <10°C durante a maioria dos dias, contudo somente as larvas de *Aedes albopictus* puderam evoluir para adultos em março. De abril para novembro de 1998, houve um incremento na taxa de pupação, variando entre 70% e 99% em todas as colônias, exceto para a colônia de *Aedes albopictus* do Norte da Tailândia, que mostrou uma taxa de pupação ligeiramente mais baixa de agosto para

novembro de 1998, sendo o acréscimo acima também evidenciado quando se registrou o aumento da temperatura.

Até o fim de março, todas as larvas de *Aedes aegypti*, de estágio médio, morreram durante este período, pois a temperatura média diária foi $< 10^{\circ} \text{C}$, e as larvas de *Aedes albopictus* não se desenvolveram com o número de larvas sobreviventes diminuindo dia a dia, e as sobreviventes só retornaram a se desenvolver do estágio de pupa a adulto quando a temperatura subiu no início de abril.

O período médio de desenvolvimento das fêmeas foi o mais curto em julho ou agosto em todas as cepas, meses que mostraram as maiores temperaturas no período estudado.

Dellate et al. (2009) realizaram um estudo de laboratório para avaliar a influência da temperatura no desenvolvimento das formas imaturas, fecundidade, sobrevivência, longevidade e ciclos gonotróficos de populações de mosquitos *Aedes albopictus* coletados em La Réunion, França, no Oceano Índico.

Observou-se que o tempo médio menor para a eclosão dos ovos foi registrado na temperatura de 20°C com duração de 2.9 dias, com a razão mais alta de eclosão dos ovos (66,9%; $P < 0,5$). As temperaturas de 30° , 35° e 15°C foram menos favoráveis, com um período médio de eclosão dos ovos em torno de 7 dias para as três temperaturas, exceto para 10°C , que foi de 2 dias. No entanto, a razão de eclosão dos ovos foi somente de 4%, nesta temperatura.

As formas imaturas não foram capazes de sobreviver mais do que até o 1º instar em 5° e 10°C , e não se deu a eclosão dos ovos ou desenvolvimento imaturo à temperatura de 40°C . O tempo de duração de desenvolvimento de L1 para adulto variou de 8,8 dias (30°C) para 35 dias (15°C).

Os autores descreveram a relação entre taxa de morte e tempo em 05 temperaturas diferentes (15°C ; 20°C ; 25°C ; 30°C e 35°C) para a geração F₃ de adultos fêmeas e machos de uma colônia mantida no laboratório de coleções de mosquitos coletados no campo. Observou-se que a expectativa média de vida dos adultos mais longa foi a encontrada na temperatura de 15°C , tanto para fêmeas quanto machos, sendo de 38,59 e 31,31 dias, respectivamente, e a mais baixa em 35°C para fêmeas e machos, com 19,86 e 14,9 dias, respectivamente.

Em geral, a expectativa de vida das fêmeas foi mais longa que para os machos. As maiores taxas de reprodução líquida (R_0) foram obtidas entre 25° e 30°C ($R_{0(25^{\circ}\text{C})} = 33.08$; R_0

(30 °C) = 43,29). O mais baixo tempo de geração foi observada em 25° C e 30° C (25) e (24,2) dias, respectivamente.

Harrington et al. (2001), para testar a suposição epidemiológica tradicional de que a sobrevivência diária de fêmeas adultas de *Aedes aegypti* é constante e independente da idade, realizaram em duas regiões mundiais endêmicas em dengue, Tailândia, no sudeste da Ásia, e Porto Rico, no Caribe, três experimentos de marcação-soltura-recaptura, de duas coortes de mosquitos de idades diferentes, sendo um em Porto Rico e os outros dois na Tailândia.

Os autores evidenciaram, em análises efetuadas através de um modelo de regressão não linear, que em Porto Rico a taxa de sobrevivência da coorte de idade jovem (3 dias) foi significativamente maior que a coorte de idade mais velha (13 dias). Já na Tailândia, foram encontradas diferenças não-significantes entre as duas coortes de idades nas duas solturas.

Ao utilizar a tradicional regressão linear logarítmica para cada coorte, em Porto Rico, as inclinações das curvas foram significativamente maior que zero para ambas as coortes de idades diferentes (3d, P=0,016; 13d, P=0,012). Quanto à Tailândia, a taxa de sobrevivência diária na primeira soltura foi significativamente maior na coorte de idade mais velha (0.83) do que na coorte de idade mais jovem (0.77), assim como também comprovada na segunda soltura, em que a sobrevivência da coorte de idade mais velha foi maior do que a coorte de idade mais jovem, de (0.84) e (0.75), respectivamente.

Lewis (1931), realizando observações em adultos de *Aedes aegypti* debaixo de condições atmosféricas controladas em que adultos de ambos os sexos, mantidos de 1 a 5 horas após emergir, foram colocados separadamente em tubos de vidros limpos cobertos com gazes, que foram guardados em dessecadores, sob temperaturas constantes e ar de umidades relativas, definidas e controladas por ácido sulfúrico. Os insetos foram mantidos na escuridão e mostraram muito pouca atividade. Eles foram examinados uma vez a cada 24 horas.

Deste modo, a duração da vida, ajustada para 24 horas, foi observada como sendo o número de dias até a morte menos 12 horas. A morte foi registrada quando o movimento não podia ser induzido. Experimentos na duração da vida foram levados com 534 mosquitos debaixo de 11 ensaios de condições de temperatura atmosférica e umidade relativa. Também a 379 fêmeas foi dada oportunidade para sugar sangue debaixo de 11 ensaios de condições de temperatura e umidade. Quanto à temperatura, nos insetos expostos ao ar saturado (100% UR), foi visto que o período de sobrevivência em 10°C; 23°C e 30°C foram para as fêmeas

16.7; 7.0 e 6.4 dias, respectivamente. A diferença de 7°C (23°-30°) teve somente um efeito muito leve quando comparado com a diferença de 9.7 dias entre 10°C e 23°C. Possivelmente isto, em parte, é explicado pelo fato de que, em 10°C, os insetos tornam-se inativos após alguns dias. Em 23°C e 30°C no ar seco, quando a deficiência de saturação estava cerca de 21 mm, com a diferença de temperatura maior que 7°, o período de sobrevivência dos machos foi idêntico, como àqueles das fêmeas também.

Em relação à umidade relativa, esta apresentou um efeito comparativamente importante na duração de vida nestas temperaturas, pois, na mesma temperatura, quanto maior foi a umidade, maior o número de dias vividos. A duração da vida anterior à alimentação pareceu não fazer diferença para a sobrevivência subsequente. O período de sobrevivência de fêmeas alimentadas e não alimentadas teve uma relação similar para a umidade: sendo que fêmeas alimentadas sobreviveram às condições por um período mais longo, independente da data de alimentação. Em 23°C e deficiência de saturação abaixo de 14.7 mm, a sobrevivência dos machos foi consistentemente mais longa que a das fêmeas.

Maciel-de-Freitas (2006) realizou estudo em duas áreas no Rio de Janeiro, uma suburbana (Tubiacanga), em fevereiro (estação chuvosa) e em julho (estação seca), e outra urbana (Favela do Amorim), em junho (estação seca) e em dezembro (estação chuvosa), através de experimentos de marcação – soltura - recaptura, com o objetivo de analisar a taxa de sobrevivência diária, a dispersão e a longevidade de três coortes de fêmeas de *Aedes aegypti*.

Na região de Tubiacanga, identificou-se que, durante a estação chuvosa, a razão de sobrevivência mais alta foi de 0.734 para 0.797 para a coorte 1. A expectativa média de vida variou entre 3,23 e 4,41 dias; e a frequência de fêmeas vivas após 10 dias, ou seja, capaz de transmitir o vírus da dengue, variou entre 4,53 e 10,34%, sendo observada a mesma expectativa média de vida e frequência de fêmeas infectantes na estação seca.

Na área urbana (favela do Amorim), as razões de sobrevivência foram maiores quando comparadas com a área de Tubiacanga, a máxima expectativa média de vida variou entre 5,26 e 16,73 dias e 12,3 e 33,3% das fêmeas foram encontradas vivas após 10 dias. Em ambas as estações, a sobrevivência diária mais alta foi observada na área urbana (Tubiacanga). Também foi observado que, dentro de cada área, a sobrevivência diária foi mais alta durante a estação seca.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de um estudo experimental, de natureza quantitativa.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Esta pesquisa foi efetuada em três etapas de realização localizadas em dois ambientes distintos, detalhadas a seguir:

(1ª) Etapa: Laboratório de Entomologia de Manutenção de Colônias de *Aedes aegypti* do Departamento de Saúde Comunitária da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará – Criação e reprodução dos ovos coletados por ovitrampas colocadas em diferentes bairros da cidade de Fortaleza até evoluir ao estágio de pupa e por fim transporte das pupas em recipientes de plástico teladas na tampa e acondicionadas dentro de caixa de isopor com o fundo forrado com algodão.

(2ª) Etapa: Laboratório externo em um imóvel residencial para a manutenção das colônias de *Aedes aegypti* sob condições ambientais naturais flutuantes de temperatura e umidade em gaiolas de madeira teladas e com fundo branco.

3.3 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

(1ª) Etapa: Laboratório de Entomologia – Criação e Reprodução das Colônias de *Aedes aegypti*.

3.3.1 Fase de campo – coleta dos ovos de *Aedes aegypti* por ovitrampas

Foi realizada a apanha dos ovos de *Aedes aegypti* através de ovitrampas colocadas em diversos pontos da cidade de fortaleza, as quais permaneceram ali por sete dias. Passados os sete dias, as ovitrampas foram recolhidas e as palhetas com os ovos de *Aedes aegypti* coletadas.

3.3.2 Criação e reprodução no laboratório de entomologia

O experimento iniciou dia 05/03/2009, quando as 42 palhetas foram remetidas ao laboratório de entomologia da Universidade Federal do Ceará e colocadas por 4 dias para a completa dessecação. As palhetas datavam do dia 12/02/2009 e 19/02/2009. Após a secagem das palhetas, as palhetas com os ovos de *Aedes aegypti* foram colocadas para eclodir em 10 bandejas plásticas retangulares de cor branca, preenchidas com água, e então as larvas eclodidas até o estágio de pupa, foram alimentadas com ração triturada de soja de dois em dois dias, para evitar os problemas causados pela poluição da água, ao longo do período de desenvolvimento, a água era renovada continuamente através de lavagens periódicas a cada três dias. Quando se alcançou o estágio de pupa, as pupas foram coletadas manualmente com o auxílio de pipetas plásticas para beckeres de plástico de 50ml, as quais foram contadas e colocadas dentro de grandes gaiolas retangulares de madeira telada, e após transformação em adultos lhes foram oferecidos um algodão molhado com solução açucarada a 10%, no 1º dia de emergência, quando se foi acondicionar os mosquitos adultos recém-emergidos nos recipientes de transporte para levá-los ao laboratório externo no imóvel residencial, percebeu-se também a presença não só do *Aedes aegypti* mas também do *Aedes albopictus*, embora em proporção muito menor. O reconhecimento das espécies foi feita colocando-se os mosquitos individualmente em beckeres de vidro e analisados com uma lupa, após a fase de reconhecimento, seguiu-se separando as espécimes de *Aedes aegypti* em uma gaiola e de *Aedes albopictus* em outra gaiola, sendo estes últimos descartados.

Após a separação das espécimes, os mosquitos machos e fêmeas de *Aedes aegypti* foram colocados dentro de uma gaiola de madeira telada, e a eles foi disponibilizado diariamente um algodão molhado com uma solução açucarada a 10% e uma alimentação sanguínea de codornas mantidas no laboratório, por um período de três horas e dois potes escuros com papel filtro aderido á parede do pote com cliques, para a oviposição das fêmeas.

Os papéis de oviposição eram retirados de dois em dois dias e postos na ovoteca de secagem por três dias, após esse período e após completa dessecação dos papéis com os ovos de *Aedes aegypti*, estes foram guardados em sacos plásticos datados e depois estocados. Em 23/03/2009 foram abertas a 1ªs e 2ªs bandejas somente com a 1ª geração de ovos de *Aedes aegypti* de campo, separados e colocados na gaiola. No dia 30/03/2009, foram transportados 650 pupas para a gaiola 01, do dia 30/03/2009 a 01/04/2009; 510 pupas para a gaiola 02, e a

gaiola 03 com 540 pupas. Após a transformação em adultos, contou-se o número de exúvias pupais nos beckeres. Finalmente, as fêmeas foram levadas em recipientes de plástico telados e acondicionados em uma caixa de isopor forrada no fundo com algodão para o laboratório externo em um imóvel residencial.

3.3.3 2ª Etapa: Manutenção das colônias de *Aedes aegypti* no laboratório externo em um imóvel residencial e monitoramento e contagem diária dos machos e fêmeas mortos sob condições ambientais naturais flutuantes de temperatura e umidade

O laboratório externo montado em um imóvel residencial, consistia de um quarto com duas janelas grandes teladas, e continha uma mesa de madeira grande sobre às quais foram colocadas as três gaiolas de madeira com os mosquitos machos e fêmeas colocados juntos em cada uma das gaiolas. Aos mosquitos adultos foi disponibilizado diariamente um algodão molhado com uma solução açucarada a 10% e uma alimentação sanguínea de codornas mantidas no laboratório externo, por um período de três horas e dois potes escuros com papel filtro aderido á parede do pote com cliques, para a oviposição das fêmeas. Os papéis de oviposição eram retirados de dois em dois dias e postos na ovoteca de secagem por três dias, após esse período e após completa dessecação dos papéis com os ovos de *Aedes aegypti* estes foram guardados em sacos plásticos datados e depois estocados.

Os mosquitos mortos foram monitorados diariamente, diferenciando-os por sexo, com o auxílio de uma lupa microscópica e registrados o número de machos e fêmeas mortos diariamente. No ambiente do laboratório, a umidade e a temperatura foram medidas a cada 30 segundos por um termohigrômetro digital, modelo MTH-1362 W, com interface Wireless, obtendo-se então um total de 2.876 medições por dia.

A cada dia, foi registrado o número de fêmeas de *Aedes aegypti* encontradas mortas dentro de cada gaiola, de forma que a cada espécimen de fêmea estava associada o dia que a mesma faleceu. O período de observação terminou quando todas as fêmeas haviam morrido. Nestas condições, não existiu indivíduos censurados.



FIGURA 1 – Gaiolas de Manutenção de *Aedes Aegypti* no laboratório externo



FIGURA 2 – Termo higrômetro



FIGURA 3 – Lupa Microscópica



FIGURA 4 – Placa de Petri com *Aedes aegypti*

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A cada dia, foi registrado o número de fêmeas de *Aedes aegypti* encontradas mortas dentro de cada gaiola, de forma que a cada espécimen de fêmea estava associada o dia que a mesma faleceu. O período de observação terminou quando todas as fêmeas haviam morrido. Nestas condições, não existiu indivíduos censurados. Tabelas de sobrevivência foram elaboradas através do método de tabela de vida, assim como gráficos que foram elaborados pela técnica de Kaplan-Meier. Curvas de Kaplan-Meier foram comparadas através do Teste Log-Rank, e as curvas comparadas foram consideradas significativamente diferentes quando o valor-p foi menor que 5%.

No ambiente do laboratório, a umidade e a temperatura foram medidas a cada 30 segundos, obtendo-se então um total de 2.876 medições por dia. Foi então calculado para cada dia, o percentil 25, a média e o percentil 75 da umidade e da temperatura. A umidade e a temperatura da cidade de Fortaleza, do ano de 2004 e 2005, foram obtidas da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Neste caso, as medidas foram registradas a cada 60 minutos. Da mesma forma, foi então calculado para cada dia, o percentil 25, a média e o percentil 75 da umidade e da temperatura. Posteriormente, os dias foram agregados em semanas, e então foi calculado o percentil 25, a média e o percentil 75 da umidade e da temperatura da semana.

Intervalos de confiança de 95% foram usados para descrever a variação do percentil 25, da média e do percentil 75 da umidade e da temperatura medida no ambiente no qual os experimentos. Por outro lado, intervalos de confiança de 95% foram usados para comparar percentis 25, médias e percentis 75 da umidade e da temperatura da cidade de Fortaleza, e estes parâmetros foram considerados significativamente diferentes quando não havia superposição dos respectivos intervalos de confiança.

4 RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

4.1 RESULTADOS

O presente estudo experimental realizado no município de Fortaleza, Estado do Ceará, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, utilizando a geração F¹ de mosquitos *Aedes aegypti*, coletados em campo, com o objetivo de estimar a longevidade média do *Aedes aegypti* em condições ambientais naturais com flutuação de temperatura e umidade durante a estação chuvosa e sua relação com o aumento da incidência de casos da dengue durante esta estação, demonstrou que a sobrevivência de fêmeas se revelou bastante elevada, dado que, 92,84% e 85,49% destas fêmeas viveram pelo menos 20 e 30 dias, respectivamente (I.C. 95%: 90,22-94,78) e adicionalmente, 88% das fêmeas estão vivas no vigésimo quinto dia de vida.

Inicialmente foi comparada a sobrevivência dos machos e fêmeas de *Aedes aegypti* em cada um dos três experimentos (Tabela 1 a 3; gráficos 3 a 5). Nos 3 experimentos, a sobrevivência das fêmeas foi significativamente maior do que dos machos ($p < 0,001$ nos três experimentos). Realmente, de fato, somente cerca de 61,52 %, 75,34 % e 87,94 % dos machos viveram cerca de 21 a 26 dias, enquanto as fêmeas registraram 80,25 %, 93,01 % e 91,92 % para o mesmo período, nos 1º, 2º e 3º experimentos, respectivamente.

Em seguida, foi comparada a sobrevivência dos machos nos três experimentos, assim como a sobrevivência das fêmeas. A sobrevivência dos machos foi semelhante nos três experimentos (Gráfico 1; $p=0,191$), mas o mesmo não ocorreu com as fêmeas, pois a sobrevivência delas foi significativamente diferente nos três experimentos (Gráfico 2; $p=0,007$).

Também, foi comparada a sobrevivência dos machos com a sobrevivência das fêmeas, agregando os resultados dos três experimentos (Gráfico 6). A sobrevivência das fêmeas foi significativamente mais elevada do que a sobrevivência dos machos ($p=0,000$).

Por último, foi estimada a sobrevivência das fêmeas, agregando os resultados dos três experimentos (Tabela 4). Setenta e cinco por cento, 50% e 25% das fêmeas atingiram a idade de 40 a 42 dias, 50 a 52 dias e 56 a 58 dias, respectivamente. Adicionalmente, 88% das fêmeas estão vivas no vigésimo quinto dia de vida, tempo necessário para que 74% das

fêmeas cumpram o ciclo de incubação extrínseca, num ambiente com a temperatura variando de 20 a 30 graus centígrados (WATTS et al., 1987).

Foi examinada a temperatura do ambiente onde foram realizados os experimentos (Tabela 5 e gráficos 12, 13 e 14). A média do percentil 25, da mediana e do percentil 75 foi respectivamente 20,6 °C, 21,6 °C e 22,5 °C. Inferindo-se dos intervalos de confiança de 95%, conclui-se que durante o período que durou o experimento, a temperatura mínima variou de 18,32 a 22,86° C, a temperatura média variou de 19,23 a 24,01° C, e a máxima, de 20,04 a 25,04 °C.

De forma semelhante, foi examinada a umidade do ambiente onde foram realizados os experimentos (Tabela 5 e gráficos 7, 8 e 9). A média do percentil 25, da mediana e do percentil 75 foi respectivamente 60,6%, 63,1% e 65,7%. A partir dos intervalos de confiança de 95%, pode-se afirmar que a umidade mínima variou de 53,63 a 67,60%, a umidade média variou no intervalo de 55,88 a 70,35%, e umidade máxima ficou entre 58,21 a 73,25%.

A temperatura e a umidade da cidade de Fortaleza, nos anos de 2004 e 2005 foram analisadas (Tabela 6 e gráficos 10, 11, 15 e 16). A média do percentil 25, da mediana e do percentil 75 da temperatura, das primeiras 26 semanas, não foram significativamente diferentes das respectivas estimativas das últimas 26 semanas, tanto no ano de 2004 como no ano de 2005. Entretanto, a média do percentil 25, da mediana e do percentil 75 da umidade foi significativamente mais elevadas nas primeiras do que nas últimas 26 semanas, em ambos os anos.

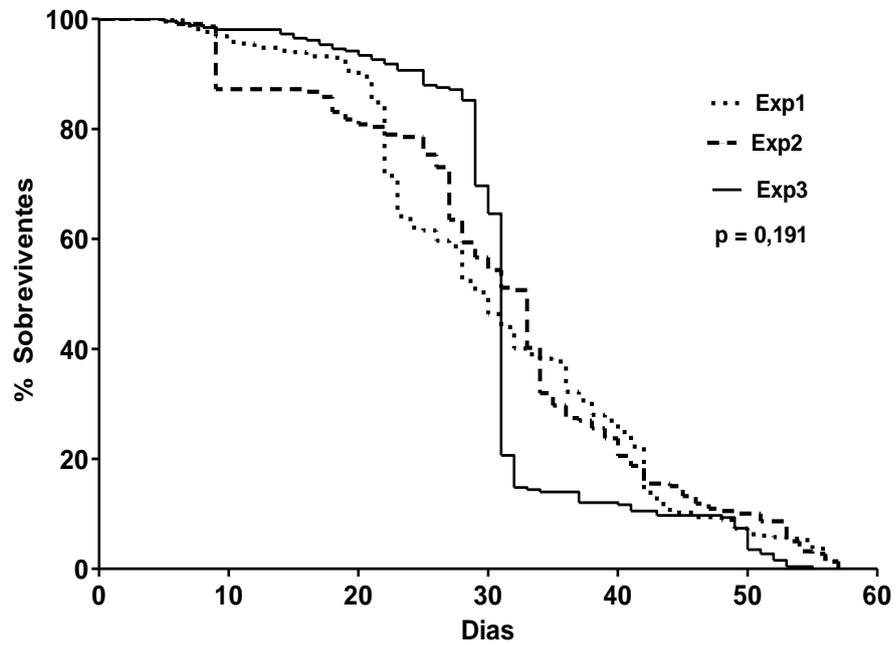


GRÁFICO 1 – Curvas de Kaplan-Meier de espécimens machos de *Aedes aegypti* nos 3 experimentos
Fonte: dados da pesquisa.

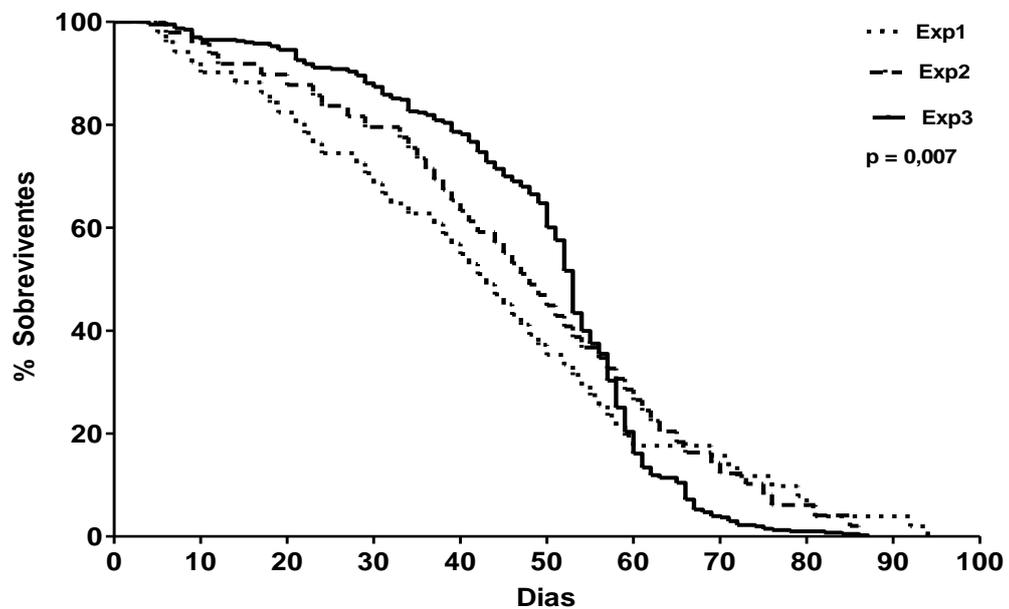


GRÁFICO 2 – Curvas de Kaplan-Meier de espécimens fêmeas de *Aedes aegypti* nos 3 experimentos
Fonte: dados da pesquisa.

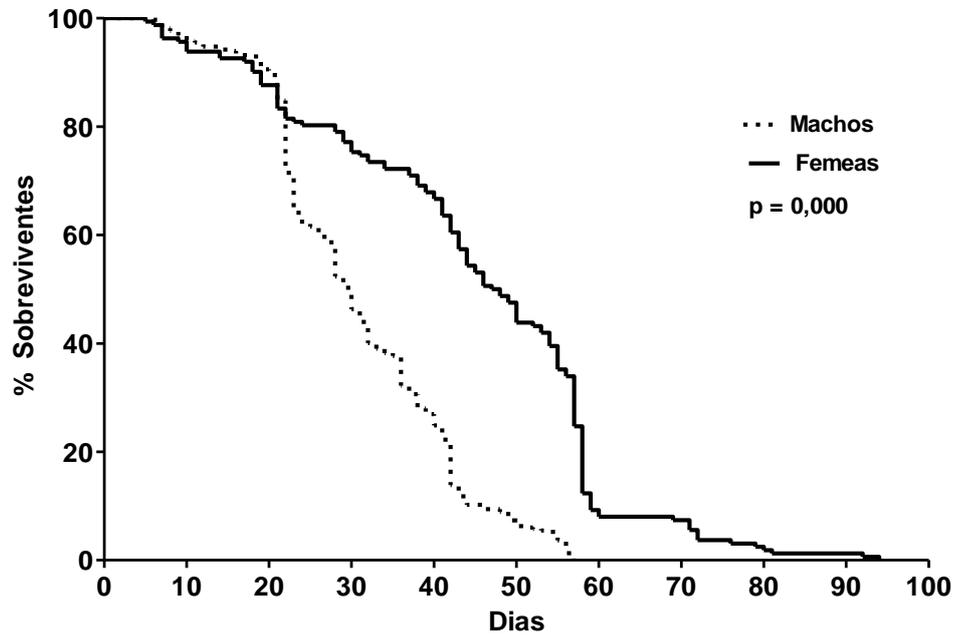


GRÁFICO 3 – Curvas de Kaplan-Meier de machos e fêmeas de *Aedes aegypti* no primeiro experimento
 Fonte: dados da pesquisa.

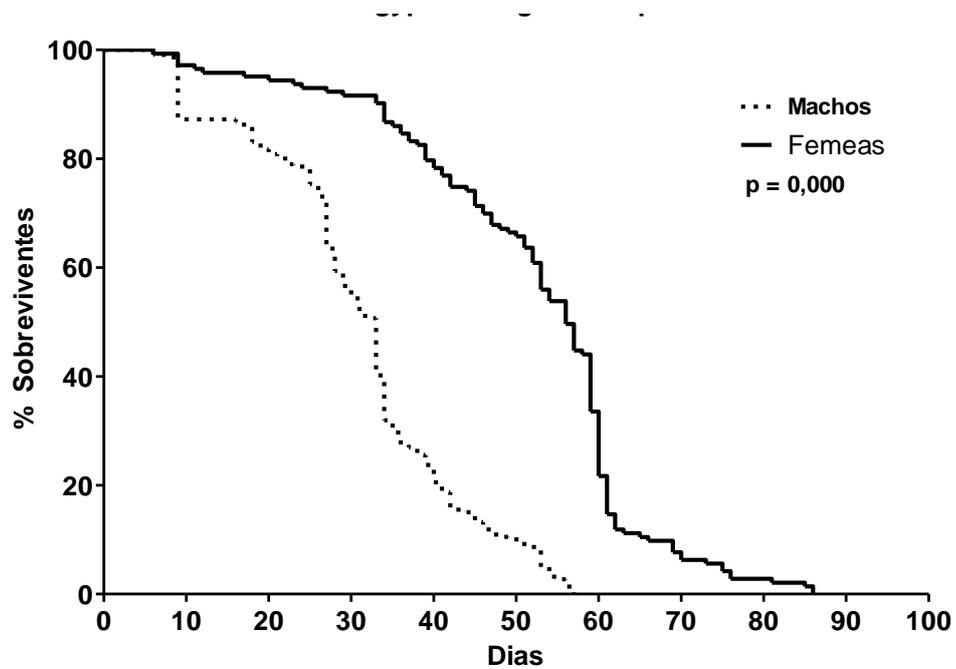


GRÁFICO 4 – Curvas de Kaplan-Meier de machos e fêmeas de *Aedes aegypti* no segundo experimento
 Fonte: dados de pesquisa.

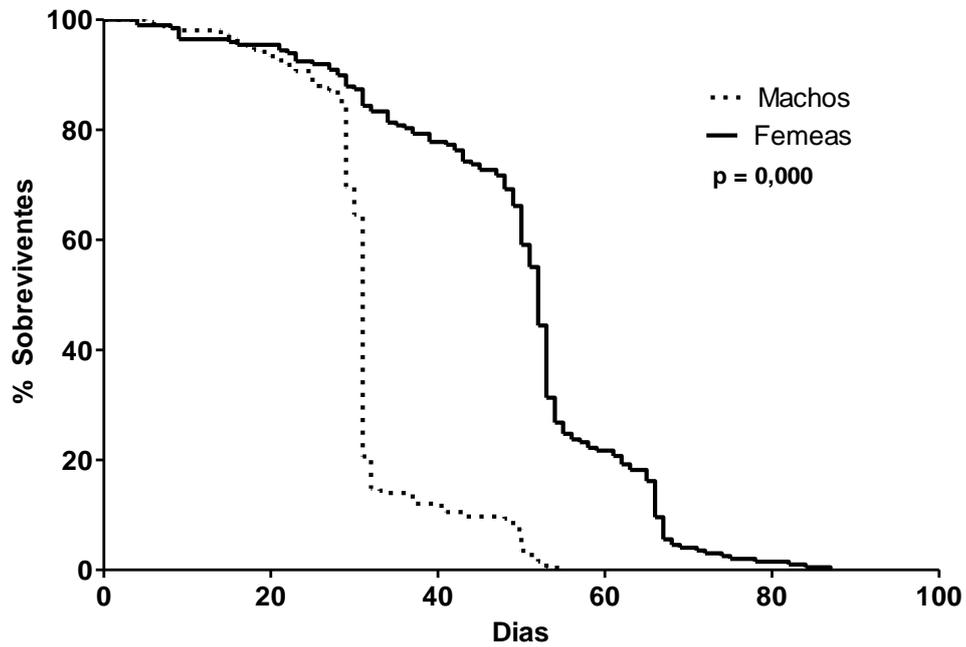


GRÁFICO 5 – Curvas de Kaplan-Meier de machos e fêmeas de *Aedes aegypti* no terceiro experimento
 Fonte: dados da pesquisa.

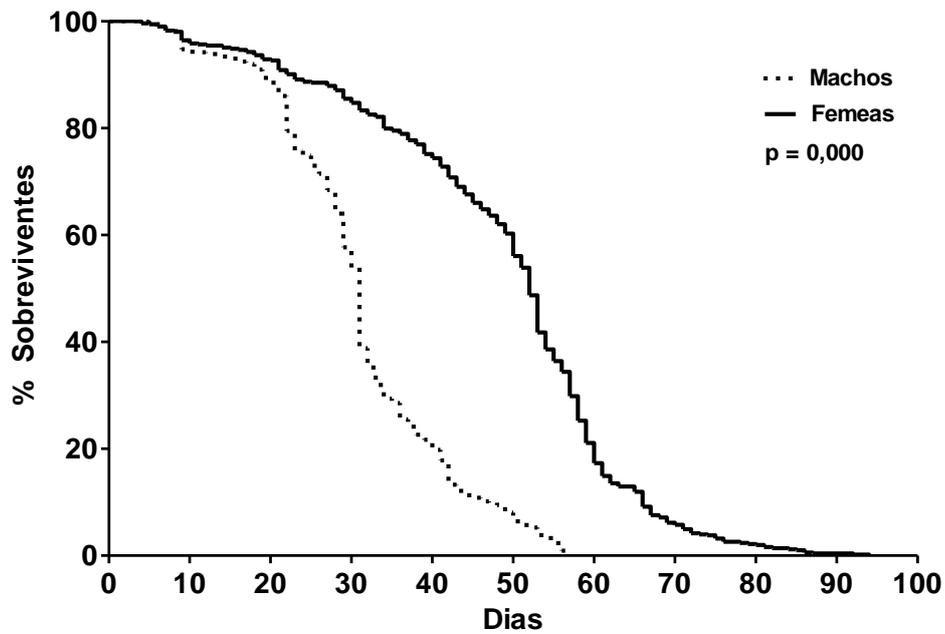


GRÁFICO 6 – Curvas de Kaplan-Meier de machos e fêmeas de *Aedes aegypti* nos 3 experimentos
 Fonte: dados da pesquisa

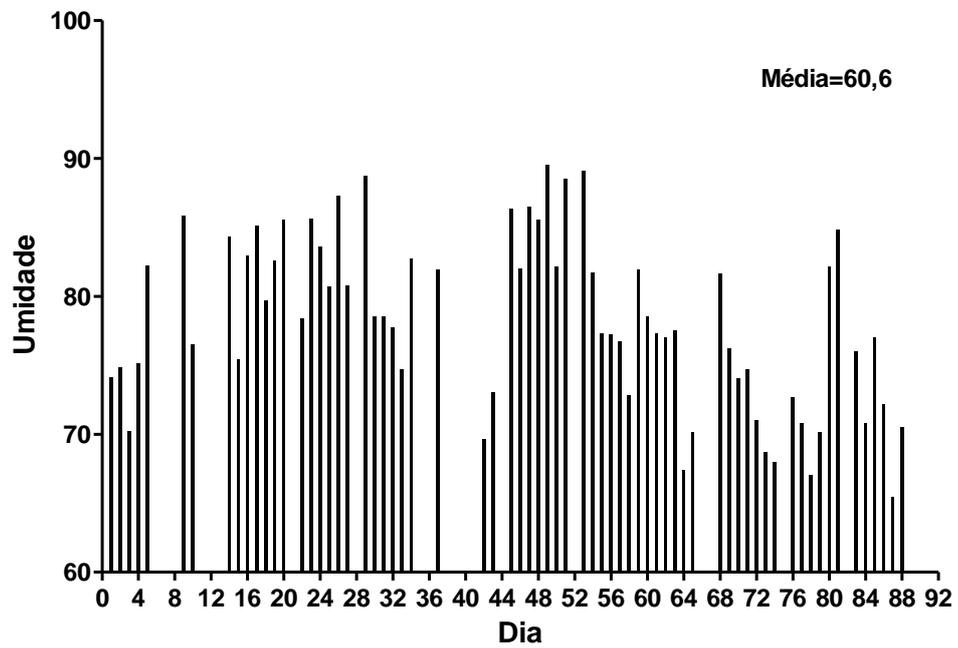


GRÁFICO 7 – Percentil 25 da umidade do ambiente no qual foram mantidas as colônias de *Aedes aegypti*
 Fonte: dados da pesquisa

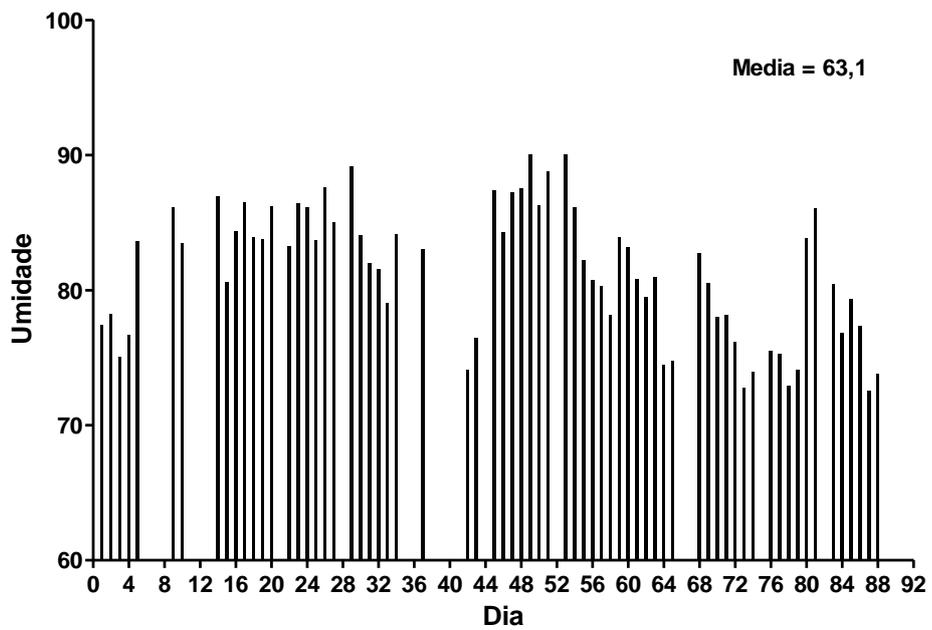


GRÁFICO 8 – Média da umidade do ambiente no qual foram mantidas as colônias de *Aedes aegypti*
 Fonte: dados da pesquisa

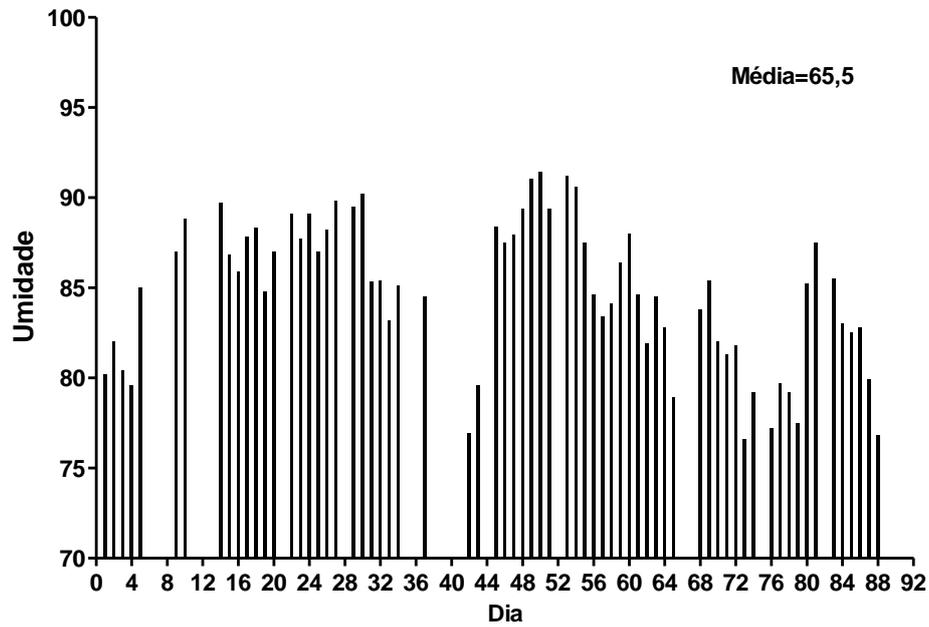


GRÁFICO 9 – Percentil 75 da umidade do ambiente no qual foram mantidas as colônias de *Aedes aegypti*
 Fonte: dados da pesquisa.

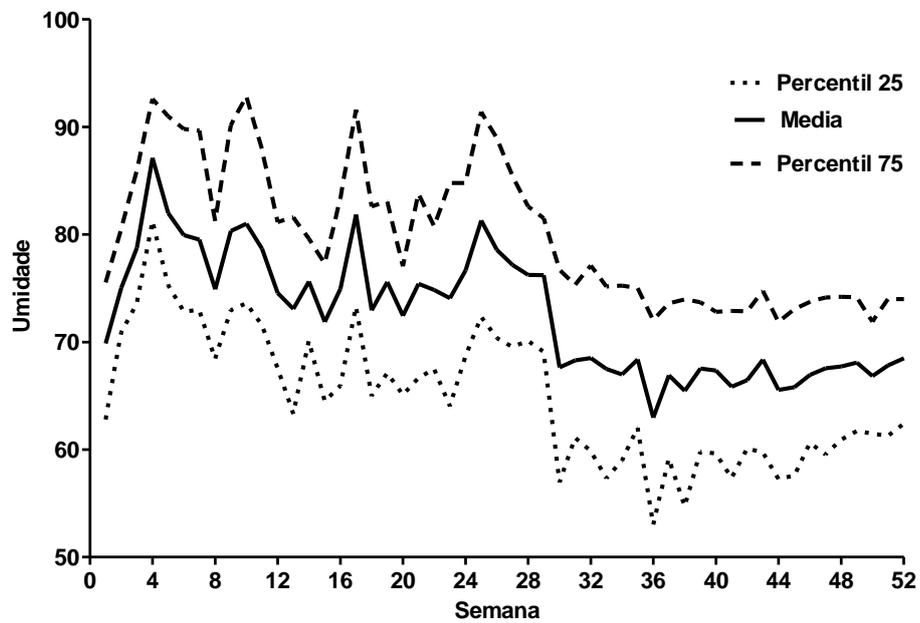


GRÁFICO 10 – Umidade da cidade de Fortaleza durante o ano de 2004
 Fonte: dados da pesquisa

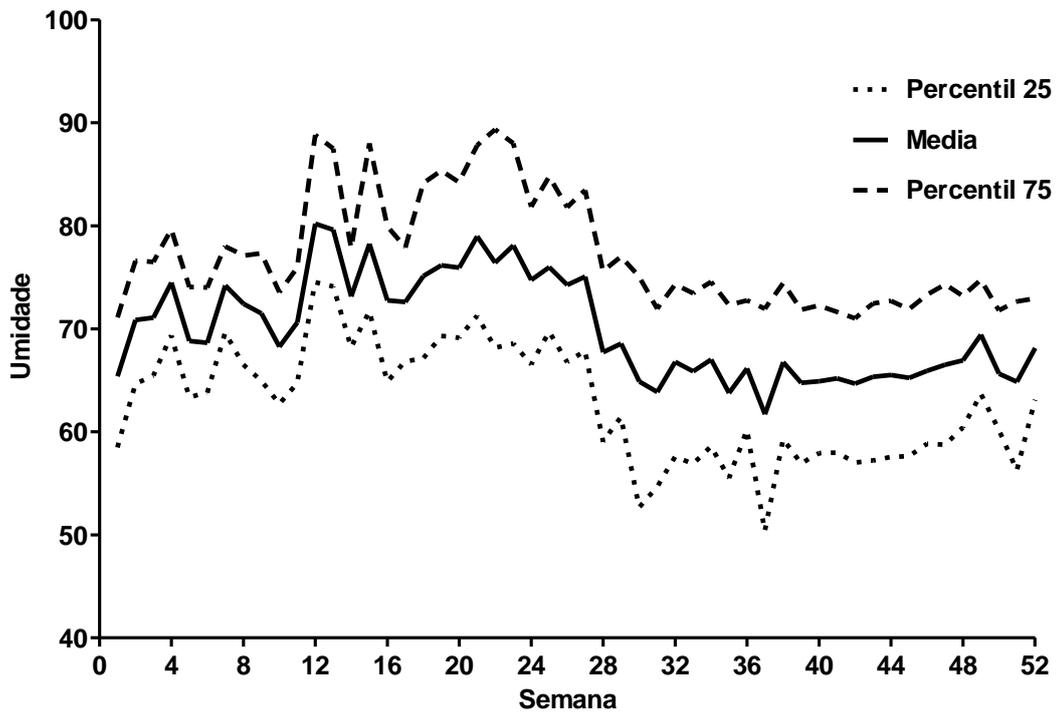


GRÁFICO 11 – Umidade na cidade de Fortaleza durante o ano de 2005

Fone: dados da pesquisa

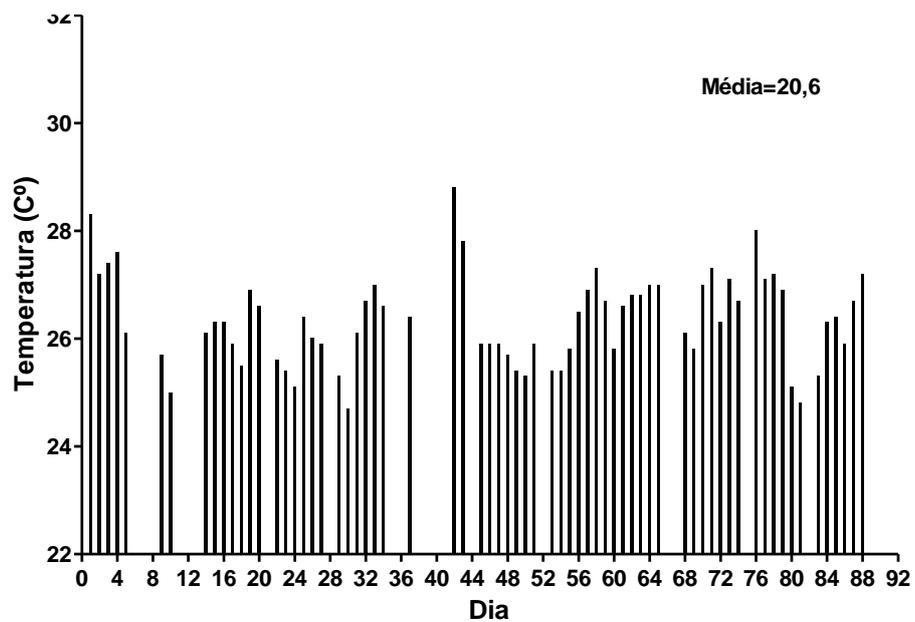


GRÁFICO 12 – Percentil 25 da temperatura do ambiente no qual as colônias de *Aedes aegypti* foram mantidas

Fone: dados da pesquisa

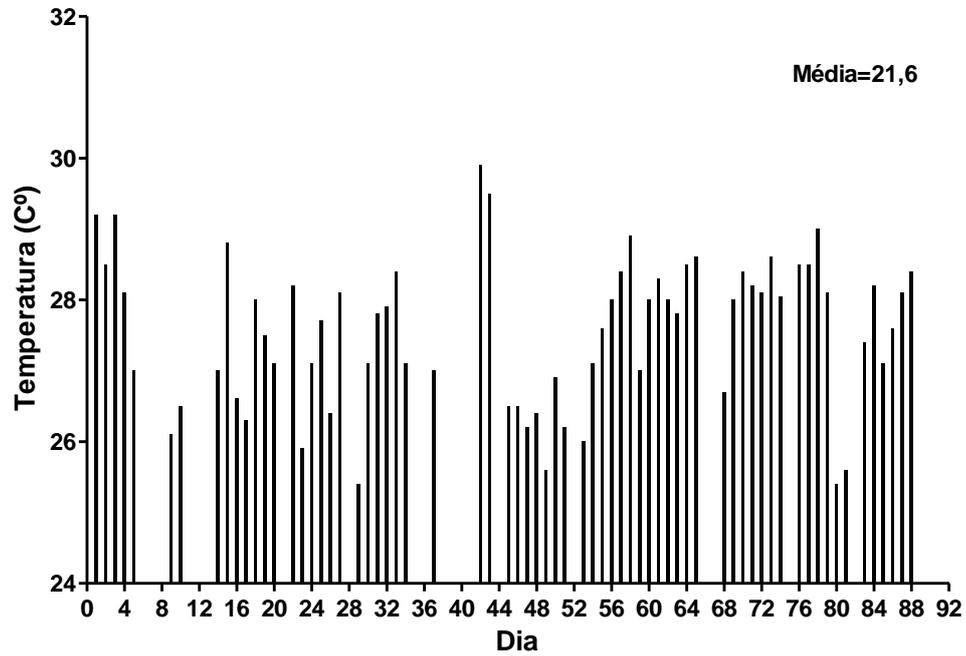


GRÁFICO 13 – Média da temperatura do ambiente no qual as colônias de *Aedes aegypti* foram mantidas
 Fonte: dados da pesquisa

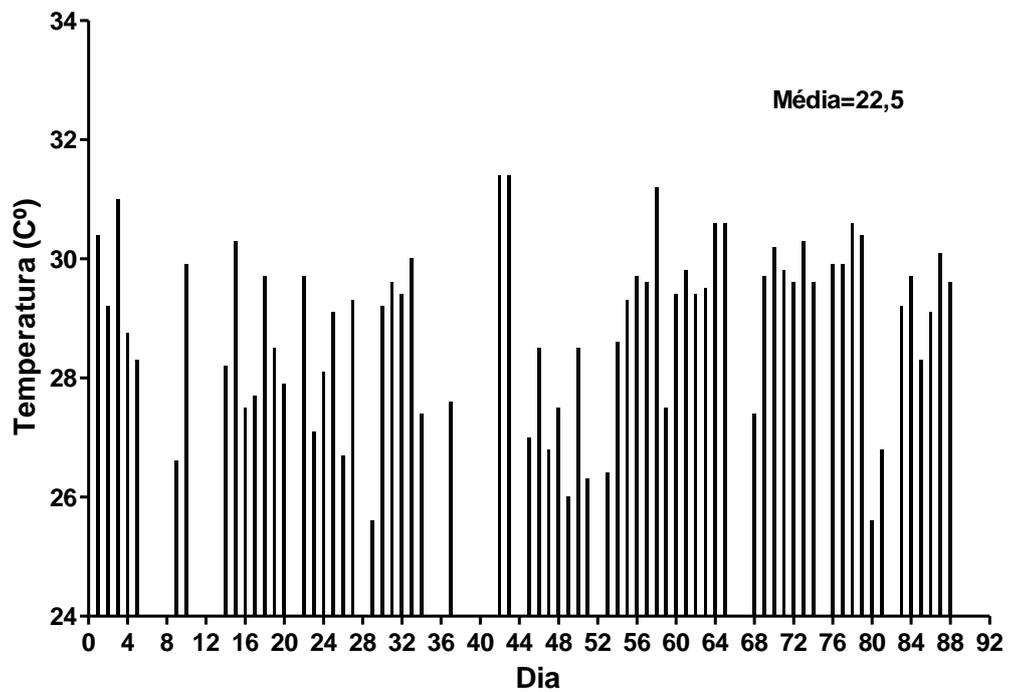


GRÁFICO 14 – Percentil 75 da temperatura do ambiente no qual as colônias de *Aedes aegypti* foram mantidas
 Fone: dados da pesquisa

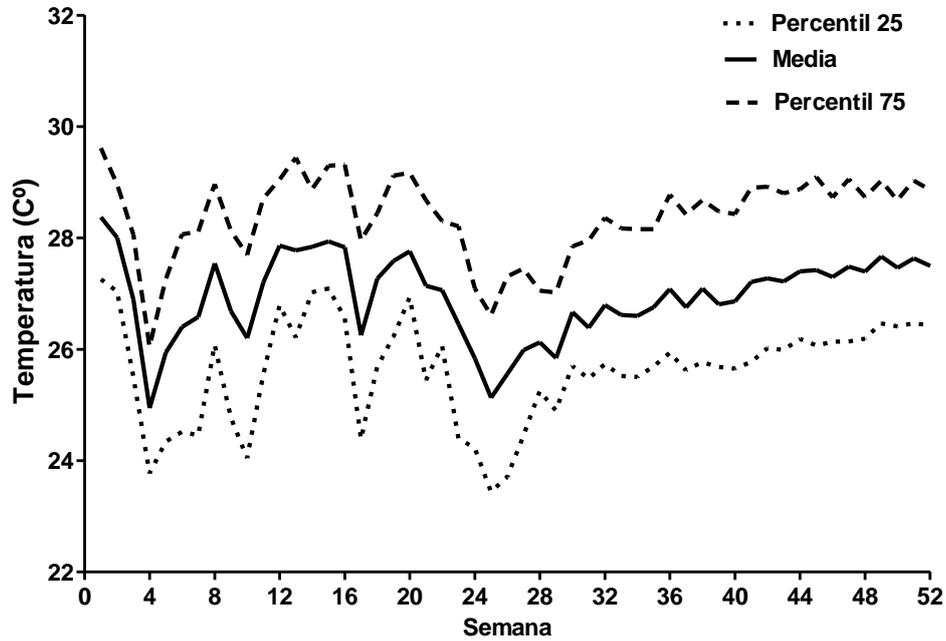


GRÁFICO 15 – Temperatura na cidade de Fortaleza durante o ano de 2004

Fone: dados da pesquisa

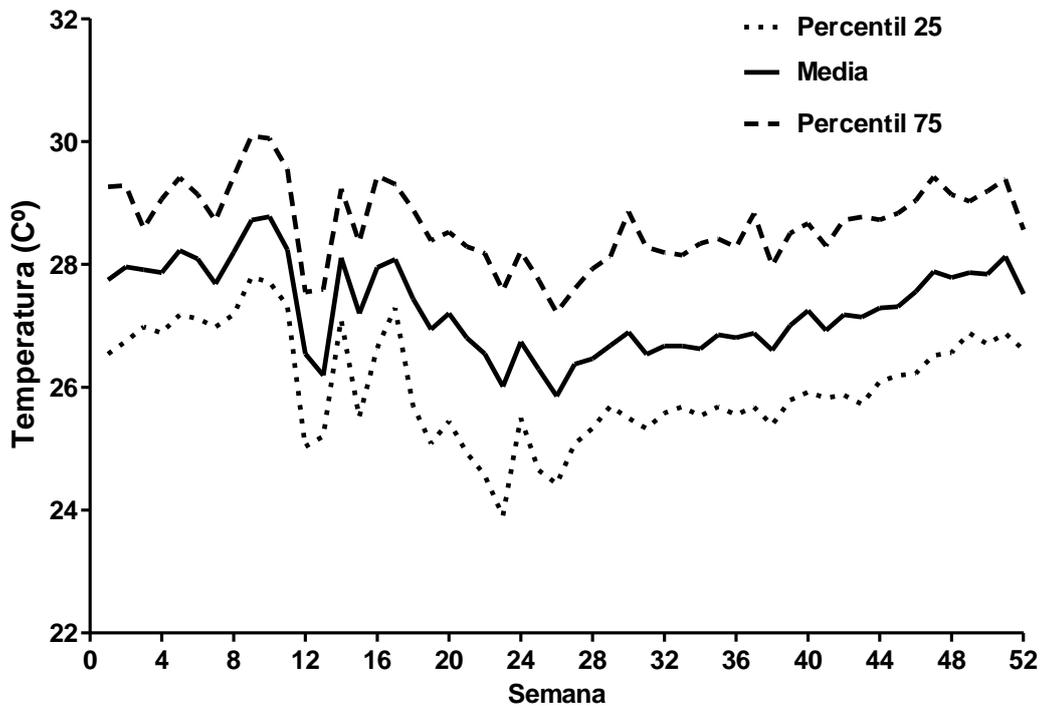


GRÁFICO 16 – Temperatura na cidade de Fortaleza durante o ano de 2005

Fone: dados da pesquisa

TABELA 6 – Sobrevivência de espécimes machos e fêmeas de *Aedes aegypti* no primeiro experimento, em condições naturais, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, na cidade de Fortaleza, Ceará

| Período | Especimens vivos no início do período | Mortos durante o período | Proporção de espécimes vivos ao final do período | |
|----------------|---------------------------------------|--------------------------|--|---------------|
| | | | Pontual(%) | I.C. 95% |
| MACHOS: | | | | |
| 6° ao 11° dia | 382 | 16 | 95,81 | 93,25 - 97,41 |
| 11° ao 16° dia | 366 | 7 | 93,98 | 91,08 - 95,96 |
| 16° ao 21° dia | 359 | 17 | 89,53 | 86,00 - 92,21 |
| 21° ao 26° dia | 342 | 107 | 61,52 | 56,44 - 66,19 |
| 26° ao 31° dia | 235 | 58 | 46,34 | 41,27 - 51,24 |
| 31° ao 36° dia | 177 | 33 | 37,70 | 32,84 - 42,54 |
| 36° ao 41° dia | 144 | 49 | 24,87 | 20,65 - 29,30 |
| 41° ao 46° dia | 95 | 56 | 10,21 | 7,43 - 13,49 |
| 46° ao 51° dia | 39 | 15 | 6,28 | 4,15 - 9,02 |
| 51° ao 56° dia | 24 | 10 | 3,66 | 2,10 - 5,90 |
| 56° ao 61° dia | 14 | 14 | 0 | - |
| FÊMEAS: | | | | |
| 1° ao 6° dia | 162 | 1 | 99,38 | 95,70 - 99,91 |
| 6° ao 11° dia | 161 | 9 | 93,83 | 88,83 - 96,63 |
| 11° ao 16° dia | 152 | 2 | 92,59 | 87,32 - 95,72 |
| 16° ao 21° dia | 150 | 8 | 87,65 | 81,52 - 91,85 |
| 21° ao 26° dia | 142 | 12 | 80,25 | 73,24 - 85,60 |
| 26° ao 31° dia | 130 | 8 | 75,31 | 67,91 - 81,24 |
| 31° ao 36° dia | 122 | 5 | 72,22 | 64,64 - 78,45 |
| 36° ao 41° dia | 117 | 9 | 66,67 | 58,84 - 73,35 |
| 41° ao 46° dia | 108 | 22 | 53,09 | 45,12 - 60,42 |
| 46° ao 51° dia | 86 | 15 | 43,83 | 36,09 - 51,28 |
| 51° ao 56° dia | 71 | 14 | 35,19 | 27,92 - 45,52 |
| 56° ao 61° dia | 57 | 44 | 8,02 | 4,50 - 12,85 |
| 66° ao 71° dia | 13 | 1 | 7,41 | 4,04 - 12,11 |
| 71° ao 76° dia | 12 | 6 | 3,70 | 1,53 - 7,45 |
| 76° ao 81° dia | 6 | 3 | 1,85 | 0,51 - 4,92 |
| 81° ao 86° dia | 3 | 1 | 1,23 | 0,24 - 4,03 |
| 91° ao 96° dia | 2 | 2 | 0,00 | - |

Fonte: dados da pesquisa.

TABELA 7 – Sobrevivência de espécimes machos e fêmeas de *Aedes aegypti* no segundo experimento, em condições naturais, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, na cidade de Fortaleza, Ceará

| Período | Especimens vivos no início do período | Mortos durante o período | Proporção de espécimes vivos ao final do período | |
|----------------|---------------------------------------|--------------------------|--|---------------|
| | | | Pontual(%) | I.C. 95% |
| MACHOS: | | | | |
| 1° ao 6° dia | 219 | 1 | 99,54 | 96,80 - 99,94 |
| 6° ao 11° dia | 218 | 27 | 87,21 | 82,02 - 90,99 |
| 16° ao 21° dia | 191 | 14 | 80,82 | 74,96 - 85,45 |
| 21° ao 26° dia | 177 | 12 | 75,34 | 69,07 - 80,52 |
| 26° ao 31° dia | 165 | 46 | 54,34 | 47,51 - 60,66 |
| 31° ao 36° dia | 119 | 54 | 29,68 | 23,77 - 35,81 |
| 36° ao 41° dia | 65 | 20 | 20,55 | 15,48 - 26,12 |
| 41° ao 46° dia | 45 | 16 | 13,24 | 9,16 - 18,09 |
| 46° ao 51° dia | 29 | 7 | 10,05 | 6,52 - 14,46 |
| 51° ao 56° dia | 22 | 16 | 2,74 | 1,13 - 5,56 |
| 56° ao 61° dia | 6 | 6 | 0,00 | - |
| FÊMEAS: | | | | |
| 6° ao 11° dia | 143 | 4 | 97,20 | 92,72 - 98,94 |
| 11° ao 16° dia | 139 | 2 | 95,80 | 90,90 - 98,09 |
| 16° ao 21° dia | 137 | 2 | 94,41 | 89,13 - 97,16 |
| 21° ao 26° dia | 135 | 2 | 93,01 | 87,39 - 96,17 |
| 26° ao 31° dia | 133 | 2 | 91,61 | 85,70 - 95,15 |
| 31° ao 36° dia | 131 | 8 | 86,01 | 79,17 - 90,74 |
| 36° ao 41° dia | 123 | 11 | 78,32 | 70,63 - 84,22 |
| 41° ao 46° dia | 112 | 10 | 71,33 | 63,16 - 78,00 |
| 46° ao 51° dia | 102 | 8 | 65,73 | 57,33 - 72,87 |
| 51° ao 56° dia | 94 | 17 | 53,85 | 45,34 - 61,60 |
| 56° ao 61° dia | 77 | 46 | 21,68 | 15,34 - 28,74 |
| 61° ao 66° dia | 31 | 16 | 10,49 | 6,15 - 16,15 |
| 66° ao 71° dia | 15 | 6 | 6,29 | 3,09 - 11,08 |
| 71° ao 76° dia | 9 | 3 | 4,20 | 1,73 - 8,40 |
| 76° ao 81° dia | 6 | 2 | 2,80 | 0,92 - 6,52 |
| 81° ao 86° dia | 4 | 2 | 1,40 | 0,28 - 4,54 |
| 86° ao 91° dia | 2 | 2 | 0,00 | - |

Fonte: dados da pesquisa.

TABELA 8 – Sobrevivência de espécimens machos e fêmeas de *Aedes aegypti* no terceiro experimento, em condições naturais, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, na cidade de Fortaleza, Ceará

| Período | Especimens vivos no início do período | Mortos durante o período | Proporção de espécimens vivos ao final do período | |
|----------------|---------------------------------------|--------------------------|---|---------------|
| | | | Pontual(%) | I.C. 95% |
| MACHOS: | | | | |
| 1° ao 6° dia | 257 | 1 | 99,61 | 97,27 - 99,95 |
| 6° ao 11° dia | 256 | 4 | 98,05 | 95,39 - 99,19 |
| 11° ao 16° dia | 252 | 4 | 96,50 | 93,38 - 98,16 |
| 16° ao 21° dia | 248 | 8 | 93,39 | 89,57 - 95,84 |
| 21° ao 26° dia | 240 | 14 | 87,94 | 83,29 - 91,36 |
| 26° ao 31° dia | 226 | 60 | 64,59 | 58,41 - 70,09 |
| 31° ao 36° dia | 166 | 130 | 14,01 | 10,10 - 18,55 |
| 36° ao 41° dia | 36 | 6 | 11,67 | 8,11 - 15,94 |
| 41° ao 46° dia | 30 | 5 | 9,73 | 6,50 - 13,72 |
| 46° ao 51° dia | 25 | 16 | 3,50 | 1,73 - 6,28 |
| 51° ao 56° dia | 9 | 9 | 0,00 | - |
| FÊMEAS: | | | | |
| 1° ao 6° dia | 198 | 2 | 98,99 | 96,02 - 99,75 |
| 6° ao 11° dia | 196 | 5 | 96,46 | 92,73 - 98,30 |
| 11° ao 16° dia | 191 | 1 | 95,96 | 92,08 - 97,96 |
| 16° ao 21° dia | 190 | 1 | 95,45 | 91,45 - 97,61 |
| 21° ao 26° dia | 189 | 7 | 91,92 | 87,15 - 94,97 |
| 26° ao 31° dia | 182 | 9 | 87,37 | 81,89 - 91,29 |
| 31° ao 36° dia | 173 | 13 | 80,81 | 74,60 - 85,64 |
| 36° ao 41° dia | 160 | 6 | 77,78 | 71,32 - 82,95 |
| 41° ao 46° dia | 154 | 10 | 72,73 | 65,95 - 78,38 |
| 46° ao 51° dia | 144 | 27 | 59,09 | 51,91 - 65,57 |
| 51° ao 56° dia | 117 | 68 | 24,75 | 18,98 - 30,93 |
| 56° ao 61° dia | 49 | 6 | 21,72 | 16,27 - 27,69 |
| 61° ao 66° dia | 43 | 11 | 16,16 | 11,43 - 21,62 |
| 66° ao 71° dia | 32 | 24 | 4,04 | 1,90 - 7,45 |
| 71° ao 76° dia | 6 | 4 | 2,02 | 0,67 - 4,77 |
| 76° ao 81° dia | 4 | 1 | 1,52 | 0,42 - 4,06 |
| 81° ao 86° dia | 3 | 2 | 0,51 | 0,05 - 2,59 |
| 86° ao 91° dia | 1 | 1 | 0,00 | - |

Fonte: dados da pesquisa.

TABELA 9 – Sobrevivência de espécimens fêmeas de *Aedes aegypti* nos três experimentos (agregando dos dados dos três experimentos), em condições naturais, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, na cidade de Fortaleza, Ceará

| Período | Especimens vivos no início do período | Mortos durante o período | Proporção de espécimens vivos ao final do período | |
|---------|---------------------------------------|--------------------------|---|---------------|
| | | | Pontual(%) | I.C. 95% |
| 04 - 06 | 503 | 3 | 99,40 | 98,16 - 99,81 |
| 06 - 08 | 500 | 6 | 98,21 | 96,59 - 99,06 |
| 08 - 10 | 494 | 9 | 96,42 | 94,38 - 97,73 |
| 10 - 12 | 485 | 4 | 95,63 | 93,43 - 97,10 |
| 12 - 14 | 481 | 1 | 95,43 | 93,20 - 96,94 |
| 14 - 16 | 480 | 3 | 94,83 | 92,50 - 96,45 |
| 16 - 18 | 477 | 3 | 94,23 | 91,81 - 95,96 |
| 18 - 20 | 474 | 7 | 92,84 | 90,22 - 94,78 |
| 20 - 22 | 467 | 10 | 90,85 | 87,98 - 93,07 |
| 22 - 24 | 457 | 9 | 89,07 | 86,00 - 91,49 |
| 24 - 26 | 448 | 3 | 88,47 | 85,34 - 90,96 |
| 26 - 28 | 445 | 3 | 87,87 | 84,69 - 90,43 |
| 28 - 30 | 442 | 12 | 85,49 | 82,10 - 88,28 |
| 30 - 32 | 430 | 11 | 83,30 | 79,74 - 86,29 |
| 32 - 34 | 419 | 6 | 82,11 | 78,47 - 85,19 |
| 34 - 36 | 413 | 13 | 79,52 | 75,73 - 82,79 |
| 36 - 38 | 400 | 9 | 77,73 | 73,84 - 81,12 |
| 38 - 40 | 391 | 13 | 75,15 | 71,13 - 78,69 |
| 40 - 42 | 378 | 12 | 72,26 | 68,65 - 76,43 |
| 42 - 44 | 366 | 19 | 68,99 | 64,74 - 72,83 |
| 44 - 46 | 347 | 15 | 66,00 | 61,68 - 69,96 |
| 46 - 48 | 332 | 12 | 63,62 | 59,25 - 67,65 |
| 48 - 50 | 320 | 17 | 60,24 | 55,82 - 64,36 |
| 50 - 52 | 303 | 32 | 53,88 | 49,42 - 58,12 |
| 52 - 54 | 271 | 61 | 41,75 | 37,42 - 46,02 |
| 54 - 56 | 210 | 27 | 36,38 | 32,19 - 40,58 |
| 56 - 58 | 183 | 33 | 29,82 | 25,88 - 33,86 |

Continuação...

| Período | Especimens vivos no início do período | Mortos durante o período | Proporção de espécimens vivos ao final do período | |
|---------|---------------------------------------|--------------------------|---|---------------|
| | | | Pontual(%) | I.C. 95% |
| 58 - 60 | 150 | 44 | 21,07 | 17,63 – 24,74 |
| 60 - 62 | 106 | 31 | 14,91 | 11,96 – 18,17 |
| 62 - 64 | 75 | 10 | 12,92 | 10,17 – 16,02 |
| 64 - 66 | 65 | 5 | 11,93 | 9,28 – 14,93 |
| 66 - 68 | 60 | 22 | 7,55 | 5,46 – 10,08 |
| 68 - 70 | 38 | 7 | 6,16 | 4,29 – 8,50 |
| 70 - 72 | 31 | 6 | 4,97 | 3,31 – 7,12 |
| 72 - 74 | 25 | 5 | 3,98 | 2,51 – 5,94 |
| 74 - 76 | 20 | 4 | 3,18 | 1,90 – 4,99 |
| 76 - 78 | 16 | 3 | 2,58 | 1,45 – 4,26 |
| 78 - 80 | 13 | 2 | 2,19 | 1,16 – 3,76 |
| 80 - 82 | 11 | 3 | 1,59 | 0,75 – 3,00 |
| 82 - 84 | 8 | 1 | 1,39 | 0,62 – 2,74 |
| 84 - 86 | 7 | 2 | 0,99 | 0,38 – 2,20 |
| 86 - 88 | 5 | 3 | 0,40 | 0,08 – 1,35 |
| 92 - 94 | 2 | 1 | 0,20 | 0,02 – 1,07 |
| 94 - 96 | 1 | 1 | 0 | - |

Fonte: dados da pesquisa.

TABELA 10 – Temperatura e umidade do ambiente onde foram realizados os experimentos de sobrevivência de *Aedes aegypti*, em condições naturais, durante 88 dias, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, na cidade de Fortaleza, Ceará

| Parâmetro | Média | Erro padrão | I.C. 95% |
|---------------|-------|-------------|---------------|
| Temperatura: | | | |
| -Percentil 25 | 20,6 | 1,14 | 18,32 – 22,86 |
| -Média | 21,6 | 1,21 | 19,23 – 24,01 |
| Percentil 75 | 22,5 | 1,26 | 20,04 – 25,04 |
| Umidade: | | | |
| -Percentil 25 | 60,6 | 3,51 | 53,63 – 67,60 |
| -Média | 63,1 | 3,63 | 55,88 – 70,35 |
| Percentil 75 | 65,7 | 3,78 | 58,21 – 73,25 |

Fonte: dados da pesquisa.

TABELA 11 – Temperatura e umidade na cidade de Fortaleza, Ceará, nas primeiras e nas últimas 26 semanas do ano de 2004 e 2005

| Parâmetro | Média | Erro padrão | I.C. 95% |
|-------------------------------|-------|-------------|---------------|
| -Período | | | |
| TEMPERATURA - Percentil 25: | | | |
| -Primeiras 26 semanas de 2004 | 25,4 | 0,23 | 24,95 – 25,94 |
| -Últimas 26 semanas de 2004 | 25,8 | 0,09 | 25,62 – 26,00 |
| TEMPERATURA - Média: | | | |
| -Primeiras 26 semanas de 2004 | 26,9 | 0,18 | 26,54 – 27,31 |
| -Últimas 26 semanas de 2004 | 26,9 | 0,10 | 26,76 – 27,18 |
| TEMPERATURA - Percentil 75: | | | |
| -Primeiras 26 semanas de 2004 | 28,3 | 0,18 | 27,96 – 28,69 |
| -Últimas 26 semanas de 2004 | 28,4 | 0,11 | 28,21 – 28,68 |
| TEMPERATURA - Percentil 25: | | | |
| -Primeiras 26 semanas de 2005 | 26,1 | 0,23 | 25,67 – 26,60 |
| -Últimas 26 semanas de 2005 | 25,9 | 0,10 | 25,71 – 26,12 |
| TEMPERATURA - Média: | | | |
| -Primeiras 26 semanas de 2005 | 27,4 | 0,17 | 27,10 – 27,78 |
| -Últimas 26 semanas de 2005 | 27,1 | 0,09 | 26,90 – 27,31 |
| TEMPERATURA - Percentil 75: | | | |
| -Primeiras 26 semanas de 2005 | 28,7 | 0,15 | 28,41 – 29,05 |
| -Últimas 26 semanas de 2005 | 28,6 | 0,09 | 28,40 – 28,78 |
| UMIDADE - Percentil 25: | | | |
| -Primeiras 26 semanas de 2004 | 69,5 | 0,86 | 67,74 – 71,29 |
| -Últimas 26 semanas de 2004 | 60,4 | 0,78 | 58,80 – 62,06 |
| UMIDADE - Média: | | | |
| -Primeiras 26 semanas de 2004 | 76,9 | 0,78 | 75,37 – 78,55 |
| -Últimas 26 semanas de 2004 | 68,2 | 0,65 | 66,84 – 69,52 |

Continuação...

| Parâmetro -Período | Média | Erro padrão | I.C. 95% |
|-------------------------------|-------|-------------|---------------|
| UMIDADE - Percentil 75: | | | |
| -Primeiras 26 semanas de 2004 | 84,9 | 1,01 | 82,87 – 87,05 |
| -Últimas 26 semanas de 2004 | 75,1 | 0,64 | 73,72 – 76,39 |
| UMIDADE - Percentil 25: | | | |
| -Primeiras 26 semanas de 2005 | 67,3 | 0,70 | 65,88 – 68,75 |
| -Últimas 26 semanas de 2005 | 58,4 | 0,67 | 56,97 – 59,74 |
| UMIDADE - Média: | | | |
| -Primeiras 26 semanas de 2005 | 73,8 | 0,74 | 72,27 – 75,31 |
| -Últimas 26 semanas de 2005 | 66,2 | 0,48 | 65,22 – 67,18 |
| UMIDADE - Percentil 75: | | | |
| -Primeiras 26 semanas de 2005 | 80,8 | 1,07 | 78,59 – 83,01 |
| -Últimas 26 semanas de 2005 | 73,59 | 0,48 | 72,59 – 74,59 |

Fonte: dados da pesquisa

5 DISCUSSÃO

5.1 OBJETIVO DA DISCUSSÃO

No município de Fortaleza, capital do Estado do Ceará, já foram registradas grandes epidemias de dengue, sendo a incidência da dengue maior durante a estação chuvosa do que durante a estação não chuvosa, concentrando o pico dos casos no primeiro semestre. Analisando-se a série histórica de 1995 a 2009, evidencia-se um comportamento sazonal bem definido, tendo como meses de maior incidência os de abril, maio e junho, com o período de baixa transmissão, ocorrendo geralmente, a partir de setembro.

O presente estudo experimental realizado no município de Fortaleza, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, utilizando a geração F¹ de mosquitos coletados em campo para estimar a longevidade média do *Aedes aegypti* em condições ambientais naturais com flutuação de temperatura e umidade durante a estação chuvosa busca explicar porque grandes epidemias de dengue ocorrem em Fortaleza e porque a incidência da dengue é maior na estação chuvosa do que na estação não chuvosa.

5.2 TESE 1: Grandes epidemias de dengue já ocorreram na cidade de Fortaleza

5.2.1 Grandes epidemias de dengue que ocorreram na cidade de Fortaleza

Dados de Notificação da Incidência da Dengue: Histórico das epidemias de dengue em Fortaleza.

5.2.1.1 Contexto no Brasil

No Brasil, evidências apontam para a ocorrência de epidemias de dengue desde 1846, em São Paulo e Rio de Janeiro. Entretanto, a primeira epidemia de dengue com confirmação laboratorial acontece em 1982, na cidade de Boa Vista, tendo sido isolados dois sorotipos do vírus: DENV1 e o DENV4 (OSANAI, 1984). A dengue só reaparece no Brasil cinco anos depois no estado do Rio de Janeiro, com identificação do sorotipo DENV1. A partir daí, a virose se dissemina, com a notificação de mais de 30 mil casos em 1986, e 60 mil

em 1987. Também neste mesmo ano, registram-se casos de dengue em Alagoas e, em 1987, no Ceará. Ainda em 1987, ocorre epidemia em Pernambuco, com 31,2 casos por 100 mil habitantes, e surtos localizados em pequenas cidades de São Paulo, Bahia e Minas Gerais (TEIXEIRA et al., 1999).

Durante a década de 1990, verificou-se um considerável aumento nos casos de dengue e até hoje continua sendo a doença viral com maior número de casos notificados no Ministério da Saúde. No primeiro semestre de 2009 foram notificados 529.237 casos em todo o país (BRASIL, 2009).

5.2.1.2 Contexto no Estado do Ceará

O Estado do Ceará e sua capital, Fortaleza, se tornaram um dos principais pólos de incidência da doença no Brasil, com a presença contínua de casos e freqüentes epidemias ao longo de 34 anos (1986 a 2010). Fortaleza foi considerada uma das mais importantes cidades quanto ao número de casos reportados de dengue e pela alta letalidade por dengue hemorrágica (CEARÁ, 2008). E sua característica de grande pólo turístico na região, pode influenciar na disseminação da enfermidade para outras áreas.

5.2.1.3 Situação de Fortaleza – incidência de dengue

Na cidade de Fortaleza, após a detecção do sorotipo DEN1 ainda no ano de 1986 e a presença de elevadas infestações, iniciou a primeira epidemia de dengue com a ocorrência de mais de 1.700 casos confirmados. Depois deste fato, percebe-se claramente, quatro períodos de ocorrência de casos distintos. O primeiro, de 1986 até 1990, culminando com a segunda epidemia de dengue, neste período tendo destaque a incidência do ano de 1990, com 286,8 casos por 100mil hab. O segundo período, segue de 1991 a 1994, registrando-se neste último ano, a segunda maior epidemia de dengue ocorrida em Fortaleza, com 1.525 casos/100mil habitantes e o início dos casos de Febre Hemorrágica da Dengue.

O terceiro período mostra um aumento gradativo de casos até a epidemia ocorrida em 2001 (623,7 casos por 100mil hab), seguida por uma leve queda em 2002 e um novo aumento da incidência em 2003, neste período se destaca o início da descentralização das atividades de controle da dengue para o nível municipal. O quarto período tem início no ano

de 2004, ano de poucos casos, no entanto nos anos seguintes, o número de casos se manteve acima de 10.000 casos e 2008 se apresentou como o ano de maior número de casos de dengue, com mais de 30.000 casos e uma incidência de 1.349,7 casos por 100.000 habitantes (FORTALEZA, 2009). Outro aspecto que chama atenção em Fortaleza é o elevado coeficiente de letalidade por dengue hemorrágica chegando a 100% em alguns anos.

Entre 2001 e 2009 registraram-se 103.348 casos de dengue em Fortaleza com epidemias anuais e incidência variando de 222 a 1.350 casos por 100.000 habitantes, com exceção de 2004.

O ano de 2008 iniciou com um elevado número de casos confirmados, na primeira semana mais de 100 casos haviam sido confirmados e este número continuou a crescer. Na quarta semana este valor era de 199 casos e na nona semana o dobro de casos foi confirmado pelo sistema nacional de agravos de notificação. Na semana 13 houve um salto significativo no número de casos e mais de 1.100 casos foram confirmados, no entanto estes valores subiram ainda mais, chegando a serem confirmados 3.051 casos de dengue na semana 17 do ano de 2008. De todas as epidemias de dengue registradas no município de Fortaleza o ano de 2008 se destacou pelo elevado número de casos e a concentração dos mesmos em um período relativamente curto do ano, 78% dos casos foram confirmados entre as semanas 13 e 24 de um total de 33.811 casos. A partir da semana 28, os casos confirmados já eram menos de 200 por semana e a queda foi rápida, da semana 32 ao final do ano a média de casos confirmados foi de 54 casos por semana apresentando uma manutenção no número de casos por todo o período.

Após o ano de 2000 aumentam muito as internações por dengue e dengue hemorrágica. No ano de 2000 foram confirmados 9.510 casos com 50 internações registradas por dengue. A proporção de internações passou de 2,0; 6,3; 11,4 e 30,3%, nos anos de 2001 a 2004, respectivamente. A Tabela 1 apresenta o histórico dos casos de dengue e dengue hemorrágica ocorridos no município de Fortaleza no período estudado.

TABELA 12 – Número de casos de dengue notificados pela Secretaria de Saúde de Fortaleza, no período de 1995 a 2008

| Anos | Número de Casos |
|------|-----------------|
| 1995 | 7 |
| 1996 | 31 |
| 1997 | 507 |
| 1998 | 2.099 |
| 1999 | 6.442 |
| 2000 | 8.850 |
| 2001 | 12.811 |
| 2002 | 4.871 |
| 2003 | 10.108 |
| 2004 | 541 |
| 2005 | 11.783 |
| 2006 | 15.436 |
| 2007 | 11.687 |
| 2008 | 33.811 |

Fonte: dados da pesquisa.

5.2.2 Grandes epidemias de dengue ocorreram em Fortaleza porque a Capacidade Vetorial do *Aedes aegypti* de Fortaleza é grande

5.2.2.1 Estimativas da duração de vida do *Aedes aegypti*

O presente estudo experimental realizado no município de Fortaleza, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, utilizando a geração F¹ de mosquitos coletados em campo para estimar a longevidade média do *Aedes aegypti* em condições ambientais naturais com flutuação de temperatura e umidade durante a estação chuvosa e sua relação com o aumento da incidência de casos da dengue durante esta estação, demonstrou que a sobrevivência de fêmeas se revelou bastante elevada dado que 92,84% destas fêmeas vivem cerca de 20 dias (I.C. 95%: 90,22-94,78), Setenta e cinco por cento, 50% e 5% das fêmeas atingiram a idade de 40 a 42 dias, 50 a 52 dias e 56 a 58 dias, respectivamente e adicionalmente, 88% das fêmeas estão vivas no vigésimo quinto dia de vida (Tabela 4).

Estes resultados comprovam que o *Aedes aegypti* vive tempo suficiente para que lhe seja conferida uma grande Capacidade Vetorial, visto que Thu, Aye e Soe (1998) em estudos experimentais realizados com *Aedes aegypti* para o vírus da DEN2 em condições simuladas da estação chuvosa de Yangon e condições ambientais de Singapura. Evidenciou-se que a porcentagem de mosquitos vivos em 20 dias era de 93% e 90% para a estação chuvosa de Yangon e Singapura, respectivamente, enfatizando-se que as duas situações registravam epidemias freqüentes e sucessivas de FHD, embora na estação chuvosa de Yangon o índice de infestação predial > 60% e enquanto em Singapura, o índice de infestação predial < 1%. Face a isto, deduziu-se que a alta razão de sobrevivência dos mosquitos existentes, propiciou a

elevada razão de transmissão de Singapura, independente da densidade vetorial, favorecendo a ocorrência das epidemias de dengue. Portanto, os achados obtidos no presente estudo em Fortaleza, são consistentes e similares com os achados de sobrevivência de Thu, Aye e Soe (1998), do qual pode-se inferir que a razão de sobrevivência encontrada no presente estudo pode explicar a alta incidência da dengue durante a estação chuvosa em Fortaleza, independente da densidade vetorial.

Trpis e Hausermann (1986) realizando experimentos de marcação-soltura-recaptura com populações domésticas de adultos de *Aedes aegypti* em uma vila de casas em Shauri Moyo, África, durante a estação chuvosa, de um total de 828 mosquitos soltos, 332 foram recapturados, sendo 272 fêmeas e 60 machos. Evidenciou-se que 31,3% das fêmeas sobreviveram mais que 10 dias, conseguindo assim, ultrapassar o período de incubação extrínseca para o vírus da dengue e ainda, algumas sobreviveram mais que 42 dias, habilitando-as a serem eficientes vetores do vírus da dengue. Então, percebe-se que as estimativas de vida obtidas no presente estudo de Fortaleza superam os obtidos nos estudos de Shauri Moyo, já que 95,63% das fêmeas vivem cerca de 10 a 12 dias e que a menor idade atingida por 25% das fêmeas foi de 59 dias, esperando-se assim, que a duração de vida do *Aedes aegypti* de Fortaleza os tornem capazes de adquirir uma grande Capacidade Vetorial.

Strickman (2006), em estudo experimental sobre longevidade de fêmeas de *Aedes aegypti* mantidas em gaiolas em uma casa típica tailandesa de uma vilarejo, na rua Samrong, Tailândia. Cada experimento consistiu de quatro gaiolas com 50 mosquitos machos e 50 mosquitos fêmeas da 1ª geração de *Aedes aegypti* coletados e criados localmente na rua Samrong. Este experimento foi replicado cinco vezes durante o ano, do fim da estação chuvosa (outubro) atravessando a estação quente (junho). O número de fêmeas mortas foram contados diariamente. Encontrou-se que mais de 75% das fêmeas sobreviveram após 30 dias nos meses mais frios (outubro-novembro-dezembro), esses achados corroboram com as porcentagens de sobrevivência encontradas neste estudo após 30 dias, já que mais de 75% destas, 86,01% e 80,81% viveram de 31 a 36 dias, no 2º e 3º experimentos, respectivamente.

Joshi (1996) em estudos experimentais em laboratório em câmaras climatizadas, evidenciou que 50% fêmeas de *Aedes Krombeini* sobreviveram em temperaturas constantes de 22°C, 26°C e 30°C e 80% de umidade, foram de 64, 70 e 29 dias, respectivamente. As fêmeas viveram mais que os machos. Em nosso estudo encontrou-se que a menor idade atingida por

50% das fêmeas foi de 52 dias e que as fêmeas como no estudo citado acima, viveram mais que os machos (Tabela 1 a 3; Gráficos 3 a 5).

Calado e Navarro-Silva (2002) verificaram que a longevidade máxima para machos e fêmeas de *Aedes albopictus* (Skuse), sob condições de laboratório em temperaturas constantes de 20°, 25° e 30° C, e umidade de 70-85%, foram de 89, 92 e 68 e 136, 114 e 78 dias, respectivamente e ainda que as fêmeas apresentaram longevidade aproximadamente 1,5 vezes maior que os machos.

Beserra et al. (2006) evidenciaram que a maior longevidade média encontrada para machos e fêmeas de populações de *Aedes aegypti* provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba em campo, em 26° C foram de 46 e 44,4 dias, respectivamente.

Fouque et al. (2006) em condições laboratoriais de 27°C e 85% de umidade utilizando machos e fêmeas de *Aedes aegypti*, encontraram que a longevidade média para machos e fêmeas foi de 31,04 e 25,12, respectivamente, com um valor mínimo de 1 dia e o máximo de 76 dias, corroborando com os achados de Kay e Muir (1998), nos quais as fêmeas mais velhas viveram por 54 dias e os machos por 28 dias, com uma longevidade média de 19 e 14 dias para fêmeas e machos, respectivamente.

5.2.2.2 A duração da vida é o componente mais importante da Capacidade Vetorial

A longevidade do mosquito pode mudar a probabilidade de um mosquito, torna-se infectante com um determinado patógeno viral e assim, aumentar a possibilidade de transmissão do vírus para mais de uma pessoa, dado que quando o vetor vive mais tempo, conseqüentemente, são melhores as chances do vetor infectar novos hospedeiros e se multiplicar.

Como se evidenciou já ocorreram grandes epidemias de dengue no município de Fortaleza, delineando um padrão de incidência sazonal bem marcado, muito mais elevado na estação chuvosa do que na estação não chuvosa. Portanto buscou-se investigar se a longevidade média das fêmeas de *Aedes aegypti* em Fortaleza tinham alguma relação com o aumento do número de casos de dengue durante esta estação.

O presente estudo demonstrou que a estimativa de duração de vida do *Aedes aegypti* é alta, já que 85,49% viveram pelo menos 30 dias e que a menor idade atingida por

50% das fêmeas foi de 52 dias. De acordo com a equação de Garret-Jones (1964) originada da equação de Macdonald (1957), sobre Capacidade Vetorial, afirma-se que a probabilidade de sobrevivência diária é um dos componentes mais importantes na magnitude desta, já que, pequenos incrementos na sobrevivência podem aumentar exponencialmente a capacidade vetorial destes culicídeos, transmissores de doenças.

Para Macdonald (1957) a duração da vida é mais importante do que a densidade vetorial, pois é necessário que os vetores vivam tempo suficiente para ingerir uma alimentação sanguínea infecciosa e ultrapassem o período de incubação extrínseca, para assim, tornarem-se capazes de transmitir o vírus para outro hospedeiro.

Vários estudos já demonstraram que a duração do período de incubação extrínseca é reduzido com a elevação da temperatura ambiental, como observado por Watts et al. (1987) que o período de incubação extrínseca durou 7 dias para DEN-2 em mosquitos *Aedes aegypti*, mantidos em temperaturas variando de 32°C a 35°C, enquanto durou 12 dias, para aqueles mantidos em temperaturas de 30° C.

Assim também, Turell (1993) evidenciou que o período de incubação extrínseca para o vírus da febre do Rift Valley em *Aedes taeniorhynchus* nas temperaturas de 26°C durou 10 dias e em 33°C durou 7 dias e que como Calado e Navarro-Silva (2002), o período menor requerido para a maioria dos mosquitos *Aedes aegypti* incubados nas temperaturas entre 25°C e 30°C para realizar a 1ª refeição sanguínea se encontra entre o 2º e o 4º dia, portanto espécimes de *Aedes aegypti* que sobreviverem um período ≥ 12 ou 14 dias são potencialmente infectantes e capazes de transmitir o vírus para outro hospedeiro. Visto que, a temperatura máxima evidenciada no ambiente onde foram realizados os experimentos, durante o período do estudo, e a aferida na cidade de Fortaleza, ficou em torno de 22,5 e 28,7, respectivamente e observando-se os resultados da sobrevivência de fêmeas de *Aedes aegypti*, nos estudos experimentais no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, em Fortaleza, pode-se evidenciar que a sobrevivência das fêmeas se mostra bastante elevada, dado que 85,49% das fêmeas sobreviveram pelo menos 30 dias (I.C: 82,10 – 88,28) e que 78,32% e 77,78% das fêmeas sobreviveram cerca de 36 a 41 dias nos 2º e 3º experimentos (Tabela 2 e 3), este resultado aumenta a possibilidade destes vetores *Aedes aegypti* de Fortaleza de transmitir o vírus para mais de 1 pessoa.

5.2.2.3 A competência vetorial aumenta com o aumento da idade do vetor

Como se evidenciou o *Aedes aegypti* de Fortaleza vive o tempo suficiente para se tornar potencialmente infectante, e como foi demonstrado através de estudos experimentais que a competência vetorial, ou seja, a capacidade de um mosquito ao ingerir uma alimentação sanguínea infecciosa vir a tornar-se infectivo, se eleva com o aumento da idade do vetor, a idade atingida pelo *Aedes aegypti* de Fortaleza é suficiente para conferir aos mesmos uma grande Capacidade Vetorial.

Kramer, Hardy e Presser (1983) ao realizarem experimentos com mosquitos *Culex tarsalis* infectados com Encefalite Equina Oeste para determinar se a razão de infecção varia com a duração do tempo de incubação extrínseca em regimes de 3 temperaturas de 18°C, 25°C e 32°C, os autores verificaram que a porcentagem de fêmeas infectadas potencialmente transmitindo vírus aumentou entre 6 e 19 dias após incubação em 18°C e 25°C, variando de (0/25=0%) e (1/27= 4%) para 9% e 35%, respectivamente, sendo estas estatisticamente diferentes. Ou seja variando de 0 e 1 vetores competentes para 10 e 3 vetores competentes nestas temperaturas, respectivamente.

Isto se deu provavelmente ao fato de que nos grupos de 18°C e 25°C diminuiu a porcentagem de fêmeas infectadas expressando barreiras de infecção das glândulas salivares (SGIB) entre os dias 6 e 12, nestes grupos. Como em Fortaleza, durante o período do experimento, a temperatura mínima chegou a 22,86°C, e a máxima alcançou 25,04°C, infere-se do estudo anterior que a razão de disseminação aumentou com o aumento da temperatura, e como foi encontrada por Kramer, Hardy e Presser (1983) para fêmeas de *Culex tarsalis* alimentadas, tanto em compressas encharcadas de vírus como em aves virêmicas, que a competência vetorial total da população de mosquitos foi mais alta quando as fêmeas foram incubadas por mais que 6 dias em temperatura de incubação extrínseca de 25°C, e como o *Aedes aegypti* de Fortaleza vive mais que 6 dias em torno de uma temperatura mínima, de 26,1°C , maiores que 18°C e em torno de 25°C, deduz-se que o *Aedes aegypti* de Fortaleza vive em uma temperatura de incubação extrínseca na estação chuvosa que se encontra na faixa ótima para alcançar as razões de disseminação elevadas e exerça uma eficiente Capacidade Vetorial.

Corroborando com os achados, Dohm, Sardelis e Turell (2002) avaliando o efeito da temperatura de incubação extrínseca na competência de mosquitos de *Culex pipiens* para

transmitir o vírus West Nile, observaram que as razões de infecção foram consistentemente mais altas nas temperaturas de incubação extrínseca mais altas, 20°C, 26°C e 30°C, do que na temperatura mais baixa de 18°C, dado que após 32 dias de incubação extrínseca, se alcançou uma porcentagem total de 91%, 93% e 98% e 72%, respectivamente. As razões de infecção, disseminação e os títulos virais aumentaram concorrentemente com o período de incubação extrínseco, dado que após um tempo de incubação extrínseco entre 6 a 14 dias a porcentagem de mosquitos infectados nas temperaturas de 18°C, 20°C e 26°C, variou de 17%, 67% e 83% para 67%, 100% e 93%, respectivamente. Também a competência vetorial aumentou com a idade do vetor. Assim, evidencia-se que a competência vetorial aumenta com o passar do tempo, então provavelmente pode ocorrer que após 14-16 dias, cerca de 95,43% das fêmeas ainda estão vivas (Tabela 4), daí infere-se que na temperatura mínima de 26,1°C, após 14 dias, cerca de 100% destas fêmeas estão infectadas.

Assim também Kramer, Hardy e Presser (1983) realizando experimentos com fêmeas de uma colônia de campo de *Culex tarsalis* (Yuma) para a capacidade de transmitir vírus por picada, verificaram que após ingestão de $10^{1.4}$, $10^{4.1}$ e $10^{6.1}$ PFU de vírus em temperatura de incubação extrínseca de 26°C, sob intervalos de 7-8 dias, 14-16 dias e 21-23 dias, a porcentagem de fêmeas que transmitiram vírus por picada aumentou com o passar do tempo após a alimentação, independente da dose, embora, aquelas infectadas com baixas doses foram transmissoras virais menos eficiente. Por exemplo, ingerindo de $10^{6.1}$, registrou-se 76% e 96% das fêmeas transmitiram o vírus, sob os intervalos de 7-8, e 14-16 dias de incubação extrínseca, respectivamente.

Knox et al. (2003) conduziram experimentos para avaliar a susceptibilidade e o potencial de transmissão de quatro populações de *Aedes aegypti* provenientes de quatro localidades do nordeste da Queensland (Charters Towers, Townsville, Cairns e Torres Strait), cujas colônias foram mantidas em um insetário e infectados para o vírus DEN-2 e DEN-4. Os autores evidenciaram que o período de incubação extrínseca não influenciou nas razões de infecção, dado que estas não variaram significativamente com ele, já as razões de infecção disseminada, para ambos experimentos com DEN2 e DEN4, foram significativamente mais altas em mosquitos testados 12-20 dias do que em 8 dias após a ingestão do vírus. De fato para o vírus da DEN-2 as razões de infecção disseminada para Charters Towers, Townsville, Cairns e Torres Strait em 8 dias foram de 36%, 20%, 60% e 48% variando para 60%, 85%, 80% e 100% após 12 dias de incubação e 64%, 92%, 80% e 100% após 16 dias de incubação extrínseco. Evidenciou-se também que embora a primeira transmissão tenha ocorrido depois

de 8 dias, as razões de transmissão mais altas só foram alcançadas após 16 dias de incubação extrínseca. Evidencia-se que como cerca de 87,65%, 80,82% e 93,39% das fêmeas de Fortaleza vivem cerca de 16 dias a 21 dias (Tabela 1, 2 e 3), então conclui-se que estas fêmeas de *Aedes aegypti* de Fortaleza, podem alcançar as mais altas razões de transmissão.

Turell (1993) em estudo experimental para avaliar o efeito da temperatura ambiental, após a exposição ao vírus na susceptibilidade de *Aedes taeniorhynchus* ao vírus da VEE, evidenciaram que em temperatura de incubação de 26°C, a razão de disseminação de 8 a 11 dias de incubação extrínseca após a ingestão do vírus, foi de 98%.

Assim do estudo experimental de Turell (1993), pode-se inferir que após 8 a 11 dias de incubação extrínseca da exposição ao vírus em temperatura de 25°C, espera-se que das fêmeas infectadas de Fortaleza, cerca de 98% delas, desenvolvam uma infecção disseminada, ou seja, que sejam capazes de transmitir o vírus. Esta porcentagem foi similar a encontrada por Knox et al. (2003) que evidenciou que no 12º dia de incubação extrínseca, 97% dos mosquitos infectados de *Aedes aegypti* com DEN2 tinha infecção disseminada.

Como vimos no estudo de Knox et al. (2003), constatou-se que a razão de infecção disseminada, para experimento com DEN2, foi significativamente mais alta em mosquitos testados 12-20 dias do que em 8 dias após a ingestão do vírus, de fato, em Townsville, após 8 dias de incubação extrínseca a razão de infecção disseminada era de 20%, passando para 85% após 12 dias e para 92% em 16 dias.

Thu, Aye e Soe (1998) estudaram o efeito da temperatura e da umidade na propagação do vírus dengue 2 em mosquitos machos de *Aedes aegypti* os autores dividiram os machos de *Aedes aegypti* em dois grupos, um inoculado intratoracicamente com o vírus da dengue 2 e o outro grupo não inoculado, mantido como controle para estudo da mortalidade natural. Os experimentos de infecção dos mosquitos foram feitos quatro vezes. Cada vez foi realizada para 3 estações de Yangon, ou seja, para a estação chuvosa, estação fria e quente, e para condições de temperatura e umidade simuladas de Singapura. Assim, evidenciou-se que somente foi detectado o desenvolvimento do vírus da dengue, naqueles mosquitos coletados no 14º e 17º dias da estação chuvosa de Yangon e sob condições de Singapura e que a infectividade viral aumentou com o aumento do período de incubação extrínseca. Conforme demonstrado, pois após 5, 8, 11, 14 e 17 dias obteve-se títulos virais de 16.000; 17.600;

35.200; 52.000 e 102.000 e 20.000; 25.600; 48.000; 67.200; 108.000, para os mosquitos da estação chuvosa de Yangon e sob condições de Singapura.

Portanto, estes estudos experimentais mostraram que a competência vetorial, aumenta com a idade do vetor, dado que as razões de infecção disseminada e os títulos virais aumentaram com a duração do período de incubação extrínseca, ou seja, com o aumento da idade do vetor. Daí deduz-se que a competência vetorial, ou seja, a capacidade de tornar-se infectante e transmitir o vírus só atingiu patamares bem elevados com o aumento da idade do vetor. E como em Fortaleza cerca de 85,49% das fêmeas vivem pelo menos 30 dias, há uma grande proporção de fêmeas de *Aedes aegypti* que vivem tempo suficiente para se infectar e alcançar as razões de infecção disseminada e de transmissão mais elevadas que possa conferir-lhes uma Capacidade Vetorial elevada.

5.3 TESE 2: Em Fortaleza, a incidência da dengue é maior na estação chuvosa do que na estação não chuvosa

Analisando-se a incidência de casos de dengue em Fortaleza, verifica-se que a incidência dos casos foi maior durante a estação chuvosa do que na estação não chuvosa.

Nos anos de 2001, 2006 e 2008, anos de alta incidência, registrou-se que em 2001, 87,9% dos casos, foram distribuídos entre os meses de março a julho. No ano de 2006, a maior frequência dos casos ocorreu nos meses de maio a agosto, 79,8 % dos casos, com pico no mês de junho. Em 2008, 86,3% dos casos ocorreram de março a junho com, com pico no mês de maio.

Nos anos de média incidência, 2005 e 2007, o período de frequência da doença ocorreu entre os meses de junho a setembro, quando foram registrados 83,9% dos casos com pico em julho, com o período de outubro a dezembro registrando baixa incidência. Em 2007, registrou-se 79% dos casos entre março a agosto, sendo o mês de maio o de maior incidência, de setembro a dezembro, verificou-se baixa transmissão da doença.

Até nos anos de baixa incidência, em 2000 e 2003, a maior incidência dos casos foi registrada de fevereiro a julho, com 85,5% dos casos, ocorrendo baixa transmissão dos casos de agosto a dezembro. Em 2003, a maior incidência dos casos ocorreu nos meses de março a julho, com 84,7% dos casos de dengue.

5.3.1 A incidência da dengue na estação chuvosa

5.3.1.1 Sazonalidade dos casos

São notificados casos de dengue durante todos os meses do ano, entretanto a sazonalidade revela-se bastante clara. Há uma relação entre a pluviometria em Fortaleza e o aumento do número de casos de dengue.

As chuvas iniciam-se frequentemente em dezembro de cada ano e podem estender-se até junho ou julho. Os meses de fevereiro a maio apresentam o maior índice de pluviosidade período chamado de quadra chuvosa (FUNCEME)

O maior valor anual registrado de precipitação foi no ano de 1986, com 2.436,9 milímetros e o menor no ano de 1990, com 978,1 milímetros. A média histórica no período de 1986 a 2004 foi de 1.618 milímetros anuais, concentrada nos primeiros meses do ano. Foi encontrado que em todos os anos epidêmicos, excetuando o de 1990, tiveram uma maior pluviometria do que a média histórica do período estudado.

5.3.1.2 Descrição das epidemias de 1986, 1990, 1994, 2001 e 2008

1986 – Os dados da primeira epidemia de dengue em Fortaleza mostram que houve 1.742 casos no ano de 1986 com um coeficiente de incidência de 110,5 casos para cada 100 mil habitantes. Neste período toda a população humana estava susceptível e a instalação e dispersão do mosquito vetor foi um fato fundamental para o início de epidemias subsequentes. Nos anos seguintes os casos permaneceram sendo detectados e uma segunda epidemia aconteceu no ano de 1990.

1990 – No ano de 1990, o município de Fortaleza apresentou um aumento no número de casos de 6,6 vezes em relação ao ano de 1989, com um total de 4.942 casos confirmados. Esta se apresentou como a maior epidemia até o momento, com um coeficiente de incidência de 286,2 casos para cada 100 mil habitantes, 2,6 vezes maior que a epidemia de 1986.

Nos anos seguintes, o coeficiente de incidência foi reduzindo gradativamente chegando a apenas sete casos em 1993 (coeficiente de incidência de 0,7 casos por 100mil

hab). O ano posterior se mostraria de forma completamente diferenciada, delineando valores altíssimos de incidência.

1994 – No ano de 1994 houve a primeira detecção do sorotipo DENV2 na cidade de Fortaleza e juntamente com ele o maior número de casos registrados até então. Foram confirmados 28.317 casos e um coeficiente de incidência de 1.525 casos para cada 100 mil habitantes.

Os anos seguintes apresentaram um reduzido número de casos, registrando-se apenas 36 casos em 1995 e 1996 e 511 casos no ano de 1997, a partir de então o número de casos duplicou no ano de 1998 e continuou crescendo de forma rápida, no ano seguinte, em 1999, quando foram confirmados 7.000 casos e 9.510 casos em 2000, este crescimento culminou com a epidemia de 2001.

2001 – Ao final do ano de 2000, o número de casos confirmados de dengue era de 29 casos no mês de dezembro, com uma incidência de apenas 1,35 casos por 100.000 habitantes. Logo no início do ano de 2001 este valor começou a subir de forma rápida, com a incidência tendo aumentado dez vezes no mês de janeiro, chegando a 13,05 casos por 100.000 hab. Os casos de dengue seguiram o mesmo sentido da pluviosidade em Fortaleza, os casos aumentavam à medida que o volume de chuvas se elevava. Logo na segunda semana do ano, houve uma chuva de aproximadamente 350mm seguida de um período de poucas chuvas de aproximadamente seis semanas. Nesse mesmo período os casos de dengue foram aumentando gradativamente.

Na semana 17 houve uma estabilidade nos casos, mas nas sete semanas seguintes (18 a 24) os casos chegaram a 1100 por semana, atingindo o pico da epidemia. O período chuvoso já havia acabado desde a semana 20, mas a presença de mosquitos transmissores ainda era observada, pois a epidemia teve uma queda lenta e gradual, permanecendo até a semana 33 com mais de 100 casos confirmados por semana.

No ano de 2002, houve uma redução do número de casos e da incidência anual, no entanto seus valores não seguiram o padrão dos anos que seguiam os anos epidêmicos, o valor de incidência reduziu aproximadamente 2,8 vezes, mas permaneceu com um valor de 222 casos por 100 mil habitantes e um total de 4.947 casos. Neste ano, logo na segunda semana houve pluviosidade e foi de 520 mm seguindo neste patamar por mais três semanas. Na quinta semana os casos de dengue já passavam de mais de 100 casos, chegando a 230 na sétima

semana. Estes valores permaneceram elevados até a semana 16, com redução para valores em torno de 100 casos por semana até a semana 35. Os valores foram reduzindo gradativamente, mas permaneceram com uma média de 34 casos por semana até o final do ano.

O padrão do final de 2002 se manteve nas três semanas de 2003, no entanto estes valores subiram gradativamente nas semanas seguintes, atingindo um valor de 300 casos na semana 9. Estes valores seguiram a mesma tendência de crescimento chegando a um pico de 730 casos por semana nas semanas 21 e 22. O número de casos por semana reduziu para menos de 100 casos a partir da semana 32 e permaneceram com uma média de 39 casos até o final do ano. A redução do número de casos por semana se mostrou muito mais rápida se comparada ao crescimento neste ano.

O ano de 2004 foi completamente atípico, com uma média de 12 casos por semana, no entanto seguiu o mesmo padrão dos anos anteriores, com uma elevação rápida dos casos no primeiro semestre e uma redução dos mesmos no segundo.

Os anos de 2005, 2006 e 2007 tiveram características semelhantes com relação ao desenvolvimento da curva epidêmica, seguindo o mesmo padrão observado nos anos anteriores houve maior número de casos no primeiro semestre do ano e redução no período seguinte. No entanto, nas últimas semanas do ano de 2007 o número de casos não reduziu a valores tão baixos quanto aos anos anteriores, nos meses de setembro a dezembro estes valores foram de aproximadamente 400 casos por mês e isto influenciou no elevado número de casos de 2008.

5.4 A INCIDÊNCIA DA DENGUE É MAIOR NA ESTAÇÃO CHUVOSA PORQUE A CAPACIDADE VETORIAL DO *Aedes aegypti* DE FORTALEZA É MAIOR NA ESTAÇÃO CHUVOSA

5.4.1 A duração da vida do *Aedes aegypti* e de outros culicídeos aumenta com o aumento da umidade

A Capacidade Vetorial de um artrópode é afetada fortemente pela razão de sobrevivência diária, e esta depende de muitos fatores como nutrição larval e adulta, fatores climáticos como umidade e temperatura.

Alguns estudos experimentais laboratoriais, embora bastante escassos, demonstraram que a umidade mais alta aumenta a longevidade de culicídeos, dado que estes em uma dada temperatura, em ar mais úmido viveram por mais tempo.

Lewis (1931), realizando observações em adultos de *Aedes aegypti* debaixo de condições atmosféricas controladas em que adultos de ambos os sexos, de 1 a 5 horas após emergir, foram colocados separadamente em tubos de vidros limpos cobertos com gazes, que foram guardados em dessecadores, sob temperaturas constantes e ar de umidades relativas, definidas e controladas por ácido sulfúrico. Os insetos foram mantidos na escuridão e mostraram muito pouca atividade. Eles foram examinados uma vez a cada 24 horas. Experimentos sobre duração de vida foram realizados com 534 mosquitos sob 11 ensaios de condições de temperatura e umidade relativa, com machos, fêmeas alimentadas e não alimentadas.

A umidade relativa acarretou um efeito comparativamente importante na duração de vida nas temperaturas de 23°C e 30°C pois, em cada uma destas temperaturas, a longevidade respondeu positivamente à umidade, pois quanto mais alta a umidade, maior foi o número de dias vividos pelos machos e fêmeas não alimentados e fêmeas alimentadas, dado que nas temperaturas de 23°C e umidade relativa de 0% , 30%, 50%, 70%, 80%, 90%, 100%, a sobrevivência em dias foi de 1.5; 2.5; 3.0; 3.9; 4.7; 4.6; 7.0 e em 30°C e umidade relativa de 30% e 100% foi de 1.4 e 6.7 dias, respectivamente. A umidade foi significativamente maior durante o período chuvoso do que o não chuvoso, em Fortaleza, em 2004 e 2005 (Tabela 11), e como a temperatura da estação chuvosa é praticamente igual á da estação não chuvosa, e como Lewis mostrou que em uma mesma temperatura os mosquitos vivem mais no ar úmido do que no ar seco, então conclui-se que os mosquitos de *Aedes aegypti* de Fortaleza vivem mais na estação chuvosa do que na estação não chuvosa.

Thu, Aye e Soe (1998) ao investigar os fatores pelos quais epidemias de dengue ocorrem em Singapura, embora realizando um eficiente e contínuo controle vetorial e índices de infestação predial abaixo de 1%, levaram os autores a inferir que outros fatores, além da densidade vetorial como o clima podem afetar epidemias. Comparou-se as variáveis climáticas de Yangon, localidade onde se registravam epidemias de DHF durante a estação chuvosa, quando o índice de infestação predial estava acima de 60% com as das condições de Singapura.

Verificou-se que as razões de sobrevivência dos mosquitos foram mais altas e com pouca mortalidade nas condições de Singapura (Temperatura= 24-31°C e RH: 87%) e

na estação chuvosa de Yangon (Temperatura=23-30°C e RH: 90%) quando comparadas com as estações fria (Temperatura= 16-33° C e RH: 65%) e quente (Temperatura= 25-37°C e RH: 66%) de Yangon, dado que em 15 dias, a porcentagem de sobreviventes para as estações fria, chuvosa e quente de Yangon e nas condições de Singapura, foram de 49%, 96%, 8% e 96%, respectivamente.

Pode-se perceber que embora em Singapura a densidade vetorial seja baixa, a alta umidade favoreceu a alta razão de sobrevivência dos mosquitos e a infectividade viral, propiciando que mesmo com uma densidade vetorial baixa, com índices de infestação predial < 1%, que ocorressem freqüentes epidemias. Como em Fortaleza, a umidade máxima registrada nas primeiras 26 semanas de 2004 e 2005, foram de 84,9% e 80,8% e 75% das temperaturas foram de 28,3°C e 28,7°C, ou seja, em torno das condições de Singapura, infere-se que como em Singapura, embora o índice de infestação predial da estação chuvosa em Fortaleza não esteja em níveis tão elevados que levem a epidemias com proporções tão elevadas como as da epidemia de 2008, a umidade da estação chuvosa proporciona uma elevada razão de sobrevivência e infectividade viral das fêmeas já existentes, fazendo com que o número de vetores existentes vivam o tempo suficiente para se tornar potencialmente infectantes, capazes de ultrapassar o período de incubação extrínseca e adquirir uma Capacidade Vetorial elevada e eficiente.

5.4.2 Em Fortaleza a umidade é maior na estação chuvosa: dados da FUNCEME

Analisando-se os dados de umidade da cidade de Fortaleza, nos anos de 2004 e 2005 (Tabela 11 e Gráficos 7, 8, 9, 10 e 11), comparando-se a média do percentil 25, da mediana e do percentil 75 da umidade das ultimas 26 semanas, com a média do percentil 25, da mediana e do percentil 75 da umidade das primeiras 26 semanas, verifica-se que a umidade foi significativamente mais elevada nas primeiras 26 semanas do que nas ultimas 26 semanas, em ambos os anos.

Então como a temperatura não foi significativamente diferente em ambas as estações, chuvosa e não chuvosa, de 2004 e 2005, por conseguinte, conclui-se que as diferenças nas razões de sobrevivência de mosquitos *Aedes aegypti* que venham a existir entre as duas estações não podem ser atribuídas a esta variável climática e sim à umidade.

Diferentemente, evidenciou-se que as medidas da umidade foram significativamente mais elevadas nas primeiras do que nas últimas 26 semanas, em ambos os anos. Isto nos leva a deduzir que devido a umidade pode se estabelecer um diferencial de sobrevivência na população de *Aedes aegypti* durante a estação chuvosa e a não chuvosa, dado que em uma mesma temperatura, os mosquitos conseguem viver mais tempo no ar úmido do que em ar seco, como foi demonstrado por Lewis.

5.4.3 Levantar a hipótese que a duração de vida do *Aedes aegypti* seja maior na estação chuvosa

A duração da vida dos mosquitos *Aedes aegypti* deve ser maior na estação chuvosa em virtude da umidade ser maior durante a estação chuvosa em torno de 80% a 90% em relação a estação não chuvosa que alcança cerca de 65% a 70%, pois, Thu, Aye e Soe (1998) evidenciaram que mosquitos machos de *Aedes aegypti* em Yangon, a razão de sobrevivência dos mosquitos na estação chuvosa (Temperatura= 23-30°C e RH: 90%) foi de 96% pelo 15º dia, muito mais alta do que naqueles mosquitos nas estações quente (Temperatura=25-37°C e RH: 66%) e fria (Temperatura= 16-33% e RH: 65%) de Yangon, que foram de 8% e 49%, respectivamente.

Maharaj (2003) elaborou tabelas de vida de *Anopheles arabiensis* da África do Sul, sob condições simuladas sazonais de temperatura e umidade. Foi utilizada a progênie F¹ de fêmeas coletadas no campo sob quatro condições de temperatura flutuantes, com medidas de 17.9; 23.2; 26.1 e 21.4°C, representando inverno, primavera, verão e outono. A longevidade foi maior no inverno, a mortalidade mostrou-se inicialmente baixa e aumentou gradualmente com o decorrer do tempo. Já no verão a mortalidade foi mais acentuada, e a longevidade máxima no verão foi um pouco mais da metade dos adultos mantidos vivos no inverno.

5.4.4 A capacidade vetorial do *Aedes aegypti* em Fortaleza é maior na estação chuvosa e que este deve ser um dos fatores que explica a maior incidência da dengue na estação chuvosa

A Capacidade Vetorial do *Aedes aegypti* em Fortaleza é maior na estação chuvosa, porque a duração da vida das fêmeas de *Aedes aegypti* é provavelmente maior na estação chuvosa do que na estação não chuvosa, por conseguinte a Capacidade Vetorial das

fêmeas deve ser menor na estação não chuvosa. Pois como evidenciamos no experimento realizado por Lewis que em uma determinada temperatura os mosquitos de *Aedes aegypti* sobreviveram mais tempo no ar úmido do que no ar seco. De fato, em 23°C e 30°C, em cada uma destas temperaturas, a longevidade máxima respondeu positivamente à umidade, pois quanto mais alta foi a umidade, maior foi o número de dias vividos pelos machos e fêmeas, dado que nas temperaturas de 23°C e umidade relativa de 0% , 50%, 70%, 90% e 100% a sobrevivência máxima em dias foi de 2,5; 3,5; 5,5 ; 6,5 ; 12,5 e em 30°C e umidade relativa de 30% e 100% foi de 2,5 e 10,5 dias, respectivamente.

E como em Fortaleza a média do percentil 25, da mediana e do percentil 75 da temperatura, das primeiras 26 semanas, não foram significativamente diferentes das respectivas estimativas das últimas 26 semanas, tanto no ano de 2004 como no ano de 2005 e quanto à umidade a média do percentil 25, da mediana e do percentil 75 da umidade foi significativamente mais elevadas nas primeiras do que nas últimas 26 semanas, em ambos os anos, por exemplo evidencia-se que as temperaturas médias registradas em 2004 e 2005 na estação chuvosa de Fortaleza são praticamente as mesmas da estação não chuvosa, 26,9°C e 26,9°C, e 27,4°C e 27,1°C, respectivamente (Tabela 11), e que a umidade é significativamente diferente para a estação chuvosa e estação não chuvosa em ambos os anos de 2004 e 2005, infere-se daí que a umidade pode propiciar um diferencial nas razões de sobrevivência das populações de *Aedes aegypti* durante a estação chuvosa e a estação não chuvosa, como evidenciado por Lewis que na mesma temperatura de 23°C, e em umidade de 60% e 80% fêmeas alimentadas sobreviveram mais em ar úmido do que em ar seco, 8,5 e 9,5 dias, respectivamente.

5.4.5 Mostrar que em Fortaleza, a temperatura é menor durante a estação chuvosa

Constatou-se que a temperatura é menor durante a estação chuvosa do que durante a estação não chuvosa, dado que, por exemplo, em 2004, para o percentil 25 e o percentil 75 das temperaturas registradas, nas primeiras 26 semanas (estação chuvosa) e últimas 26 semanas foi de 25,4°C e de 25,8°C e 28,3° C e 28,4° C, respectivamente (Tabela 11), percebe-se claramente que há uma diferença de 0,4° C no percentil 25 das temperaturas da estação chuvosa e não chuvosa, e 0,1°C no percentil 75% das temperaturas da estação chuvosa e não chuvosa, registradas durante as primeiras e últimas semanas de 2004.

5.4.6 A multiplicação do arbovirus aumenta com o aumento da temperatura

A temperatura desempenha um papel importante na competência vetorial, conforme já evidenciado em vários estudos anteriores, dado que ela pode afetar as razões de infecção, disseminação e transmissão do arbovirus no interior do vetor. Como observado por Turell, Rossi e Bailey (1985) em estudos experimentais para avaliar o efeito da temperatura de incubação extrínseca na competência vetorial de *Culex pipiens* e *Aedes taeniorhynchus*. Para mosquitos *Culex pipiens* mantidos em 13°C, 26°C e 33°C, verificou-se que as razões de infecção aumentaram significativamente com a elevação da temperatura de incubação extrínseca quando se registrou 38%, 75% e 91%, respectivamente. Ainda evidenciou-se que o vírus replicou e disseminou mais rapidamente e foi transmitido após um período de incubação extrínseco mais curto nas temperaturas de incubação extrínseca mais altas. Pois nas temperaturas de 13°, 26° e 33°C, o vírus disseminou em 10, 5 e 3 dias e foi transmitido em 14, 5 e 4 dias, respectivamente. Já com *Aedes taeniorhynchus* embora as razões de infecção tenham se mostrado similares, com 55%, 56% e 59%, nas temperaturas de 13°C, 26°C e 32°C, respectivamente, constatou-se que a porcentagem de mosquitos infectados que desenvolveram uma infecção disseminada foi significativamente menor na temperatura de incubação extrínseca mais baixa, 13°C (7%) do que os mosquitos mantidos nas outras duas temperaturas de incubação extrínseca mais elevadas, 26°C (57%) ou 33°C (60%), sendo detectada a 1ª disseminação e a 1ª transmissão num intervalo de 10, 3 e 3 dias e > 35, 10 e 7 dias, respectivamente.

Turell (1993) em estudo experimental posterior para avaliar o efeito da temperatura ambiental, ambas durante o período de criação do mosquito e após a exposição ao vírus na susceptibilidade de *Aedes taeniorhynchus* ao vírus da VEE criados em temperatura de 19°C e 26°C e submetidos após exposição ao vírus a dois regimes de temperatura de 19°C ou 26°C, evidenciaram que a temperatura de incubação extrínseca influenciou a disseminação do vírus do intestino para a hemocele, tornando-a mais rápida e ocorrendo em razão mais alta em mosquitos mantidos em 26°C, independente da temperatura de criação. De fato, observou-se que estes mosquitos infectados para os vírus VEE, criados na temperatura de 19°C desenvolveram razões de infecção disseminada em um período de incubação de 8 a 11 dias que variaram de 59% (19°C) para 98% (26°C), já os mosquitos criados em temperatura de 26°C, quando mantidos em temperatura de incubação extrínseca de 19° C e 26°C, alcançaram razões de infecção disseminada de 24% e 55%, respectivamente.

Embora já tenha sido reportado em muitos estudos experimentais anteriores que mosquitos mantidos em mais altas temperaturas foram vetores mais eficientes, pode ocorrer o decréscimo na competência vetorial em temperatura de incubação extrínseca mais alta (32°C), que parece estar relacionado com a habilidade de algumas fêmeas de modular a multiplicação viral após elas se tornarem infectadas, como mostrado por Kramer, Hardy e Presser (1983) que conduziram uma série de experimentos em uma cepa (WB) e em uma população de campo (Poso West) de *Culex tarsalis* infectados oral e parenteralmente com o vírus Encefalite Equina Oeste (EEO), para examinar o efeito da temperatura de incubação extrínseca na expressão de barreiras para disseminação e transmissão viral. Fêmeas WB infectadas oralmente, alimentando-se de $10^{4.7}$ PFU de compressas encharcadas de vírus, foram examinadas após 13-16 dias de incubação extrínseca em 18°C, 25°C ou 32°C. Evidenciaram que a razão de infecção foi a mais baixa quando fêmeas foram mantidas em 32°C, embora não existiu diferença significativa entre a proporção de fêmeas infectadas que foram transmissores potenciais e aquelas infectadas com MEB e SGIB nos grupos de 25°C e 32°C. Já em 18°C, a expressão de MEB foi predominante, com a mais baixa porcentagem de vetores potencialmente competentes na população total após incubação extrínseca em 18°C e a mais alta após incubação extrínseca em 25°C.

No segundo experimento, fêmeas WB ingeriram $10^{3.8}$ - $10^{5.6}$ PFU de vírus em aves virêmicas. A transmissão do vírus foi determinada após 6, 12 e 19 dias de incubação extrínseca, e também foi evidenciado que a razão de infecção foi a mais baixa no grupo de 32°C. De fato, ela decresceu de 71% no dia 6 para 22% no dia 12, embora a razão de infecção no grupo de 25°C também tenha caído significativamente, mas menos precipitadamente de 100% no dia 6 para 81% no dia 19. Em 18°C, a razão de infecção continuou constante de 6 a 19 dias após infecção. A porcentagem de fêmeas potencialmente infectantes aumentou entre 6 e 19 dias após incubação em 18°C e 25°C. A razão de transmissão foi mais alta após 6 dias de incubação extrínseca em fêmeas mantidas em 32°C (6/20=30%) do que as mantidas em 25°C (1/27=4%) e 18°C (0/25=0%). Pelo dia 12, a razão de transmissão passou para 9%, 35% e 20% para os grupos de 18°C, 25°C e 32°C, com diferença estatisticamente significativa, constatando, portanto, que houve um acréscimo nas razões de transmissão quando houve o incremento da temperatura de incubação extrínseca de 18°C e 25°C, mas também se verificou decréscimo na razão de transmissão no grupo de 32°C em um período de incubação maior que 6 dias.

De fato, ainda realizando como parte deste estudo, experimentos com fêmeas de campo Poso West, infectadas oralmente com doses intermediárias e altas de vírus EEO, em 11

a 15 dias de incubação extrínseca. Quando da ingestão de doses intermediárias, a razão de infecção foi a mais baixa também nas fêmeas incubadas em 32°C do que em 25°C, 57% e 92%, respectivamente ($P < 0.001$). Quando fêmeas ingeriram altas doses, as razões de infecção foram similares para todas as temperaturas, embora, observando-se que aquelas mantidas em 32°C, exibiram uma maior proporção de barreiras de infecção (MEB e SGIB), do que aquelas mantidas no grupo de 25°C, portanto tornando-as menos capazes potencialmente para transmitir o vírus. O vetor potencial de Poso West foi significativamente maior após incubação em 25°C do que em 32°C (χ^2_1 , $P = 0.040$). Quanto ao efeito da temperatura de incubação extrínseca na multiplicação do vírus EEO em fêmeas WB de *Culex tarsalis*, as titulações virais de fêmeas infectadas e mantidas de 0-9 dias em temperaturas de 25°C e 32°C, inicialmente multiplicaram mais rapidamente em algumas fêmeas mantidas em 32°C, mas após 2 dias de incubação nesta temperatura, os títulos virais destas fêmeas, começaram a decrescer entre 5 e 9 dias, e foram nivelados em cerca de 10-fould abaixo dos títulos virais daquelas incubadas em 25°C.

A partir dos estudos observados, conclui-se que a disseminação viral ocorre mais rapidamente em mosquitos mantidos em temperatura de incubação extrínseca mais elevada, sendo assim, capacitando estes mosquitos a transmitir o vírus mais cedo. Diante disto deduz-se que como no município de Fortaleza, a temperatura ambiental na estação chuvosa é um pouco menos elevada do que na estação não chuvosa, esta variável climática não poderia explicar a maior incidência da dengue na estação chuvosa.

5.5 CONCLUSÃO: A maior incidência da dengue na estação chuvosa, entre outros fatores, pode ser atribuída ao aumento da duração da sobrevivência do *Aedes aegypti* que acarreta um aumento da Capacidade Vetorial

A Dengue se constitui como um grave problema de saúde pública mundial, e o Estado do Ceará vivencia casos de dengue desde 1986. No município de Fortaleza, Capital do Estado do Ceará, já foram registradas grandes epidemias, com destaques para os anos de 1994, 2001, 2006 e 2008. Analisando-se a série histórica de 1995 a 2008, verifica-se que a incidência da dengue é maior durante a estação chuvosa do que durante a estação não chuvosa, concentrando o pico dos casos no primeiro semestre do ano. Evidencia-se um comportamento sazonal bem definido, tendo como meses de maior incidência os de abril, maio e junho, com o período de baixa transmissão, ocorrendo geralmente, a partir de setembro.

Macdonald (1957) nos anos 50, escreveu uma equação matemática para descrever a transmissão da malária, definida como Capacidade Vetorial. Em estudos epidemiológicos das infecções transmitidas por culicídeos, a Capacidade Vetorial procura estimar a maneira pela qual a infecção pode se multiplicar graças à ação do vetor biológico, representado por determinada espécie ou população de mosquitos. A Capacidade Vetorial é definida como o número médio de picadas potencialmente infectantes levadas a efeito por todos os mosquitos vetores de uma população em um único hospedeiro no período de um dia.

A Capacidade Vetorial de um artrópode é determinada por diversos fatores, Para Macdonald, a Longevidade é mais importante do que a densidade vetorial na transmissão da doença, visto que quanto maior for a duração da vida do vetor, maior é a sua probabilidade de se infectar, ultrapassar o período de incubação extrínseca e transmitir o vírus para novos hospedeiros. Afirma-se que a probabilidade de sobrevivência diária é o componente mais importantes na magnitude desta, já que, pequenos incrementos na sobrevivência podem aumentar exponencialmente a capacidade vetorial destes culicídeos, transmissores de doenças.

Diante disso, o presente estudo experimental realizado no município de Fortaleza, no período de 01/04/2009 a 30/06/2009, utilizando a geração F¹ de mosquitos coletados em campo para estimar a longevidade média do *Aedes aegypti* em condições ambientais naturais com flutuação de temperatura e umidade durante a estação chuvosa, busca investigar se esta longevidade durante a estação chuvosa está influenciando na magnitude da Capacidade Vetorial da população de *Aedes aegypti* de Fortaleza, explicando, assim, dentre outros fatores, porque grandes epidemias de dengue ocorrem em Fortaleza e porque a incidência da dengue é maior na estação chuvosa do que na estação não chuvosa.

Supõe-se que grandes epidemias de dengue ocorreram em Fortaleza, porque a Capacidade Vetorial do *Aedes aegypti* de Fortaleza é grande e que a incidência da Dengue é mais elevada na estação chuvosa do que na estação não chuvosa pelo fato de que esta Capacidade Vetorial é maior na estação chuvosa do que na estação não chuvosa.

O estudo demonstrou que a sobrevivência de fêmeas se revelou bastante elevada dado que 92,84% destas fêmeas vivem cerca de 20 dias (I.C. 95%: 90,22-94,78), Setenta e cinco por cento, 50% e 25% das fêmeas atingiram a idade de 40 a 42 dias, 50 a 52 dias e 56 a 58 dias, respectivamente e adicionalmente, 88% das fêmeas estão vivas no vigésimo quinto dia de vida, Estes resultados comprovam que o *Aedes aegypti* vive tempo suficiente para que

ele se infecte, ultrapasse o período de incubação extrínseca e transmita o vírus para outro hospedeiro, sendo-lhe conferida uma grande Capacidade Vetorial.

Além disso, que a idade atingida por grande proporção de fêmeas de *Aedes aegypti* possibilitaram que estas atingissem as razões de infecção e disseminação altas, como demonstraram Knox et al. (2003) que as razões de infecção disseminada, para ambos experimentos com DEN2, foram significativamente mais altas em mosquitos testados 12-20 dias do que em 8 dias após a ingestão do vírus e ainda evidenciou-se também, que as razões de transmissão mais altas só foram alcançadas após 16 dias de incubação extrínseca, e como cerca de 87,65%, 80,82% e 93,39% das fêmeas vivem cerca de 16 dias a 21 dias (Tabela 7, 8 e 9) infere-se que estas fêmeas de *Aedes aegypti* de Fortaleza, podem alcançar as mais altas razões de transmissão e que mais uma vez a idade atingida pelo *Aedes aegypti* possibilitou-os a terem uma alta competência vetorial e assim, uma grande Capacidade Vetorial.

A duração da vida atingida pelo *Aedes aegypti* não só aumentou a possibilidade dos mesmos de se infectar, ultrapassar o período de incubação extrínseca e transmitir o vírus para novos hospedeiros, mas também de desenvolverem altas razões de infecção disseminada e transmissão. Diante disto podemos confirmar que a longevidade atingida pelas fêmeas de *Aedes aegypti* no período estudado, de abril a junho, configurado como estação chuvosa, influencia positivamente a Capacidade Vetorial destas fêmeas nesta estação, amplificando a sua magnitude.

Como se supõe que a duração da vida de fêmeas de *Aedes aegypti* é menor durante a estação não chuvosa do que durante a estação chuvosa, infere-se que conseqüentemente, que a Capacidade Vetorial de fêmeas de *Aedes aegypti* nesta estação também é menor. Das análises feitas com as medidas de temperatura e umidade pudemos supor com uma determinada clareza, que a longevidade de fêmeas na estação não chuvosa é menor, pois como somente a variação da umidade foi significativamente diferente nas 26 primeiras semanas e nas últimas 26 semanas no ano de 2004 e 2005 e que embora as temperaturas das estações chuvosa e não chuvosa, não sejam significativamente diferentes, a temperatura é um pouco mais elevada na estação não chuvosa, e como a competência vetorial aumenta como o aumento da temperatura ambiente, a temperatura não pode explicar a maior incidência da dengue na estação chuvosa. Como a umidade é significativamente mais elevada na estação chuvosa do que na estação não chuvosa e que as medidas de temperatura nas estações chuvosa e estação não chuvosa são praticamente iguais (Tabela 6), conclui-se que a

umidade é a única variável climática que pode influenciar na longevidade de mosquitos de *Aedes aegypti* durante a estação chuvosa no município de Fortaleza, pois como Lewis (1931) demonstrou que em uma mesma temperatura, fêmeas de *Aedes aegypti* sobreviveram mais dias em ar úmido do que em ar mais seco, infere-se deste estudo, que a maior umidade na estação chuvosa aumenta a duração da vida de mosquitos *Aedes aegypti* nesta estação, desta forma influenciando positivamente a Capacidade Vetorial delas, dado que o aumento da duração da sobrevivência de fêmeas de *Aedes aegypti* aumenta não só a probabilidade do mosquito de se infectar, ultrapassar o período de incubação extrínseca e transmitir o vírus para novos hospedeiros, como também de atingir elevadas razões de infecção disseminada e transmissão, maximizando assim a Capacidade Vetorial das fêmeas de *Aedes aegypti* durante a estação chuvosa. Portanto pode-se concluir que a maior incidência da dengue na estação chuvosa, entre outros fatores, pode ser atribuída ao aumento da duração da sobrevivência do vetor, o que acarreta um aumento da Capacidade Vetorial.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dengue é um problema de saúde pública mundial, e este estudo realizado com a geração F¹ de mosquitos de *Aedes aegypti* coletados em campo, no município de Fortaleza, durante a estação chuvosa, possibilitou estimar as razões de sobrevivência das fêmeas de *Aedes aegypti* em condições ambientais aproximadamente naturais e sua implicação nos processos de transmissão epidemiológica. Apreendeu-se que uma porcentagem considerável de fêmeas, atingiram uma idade bastante elevada que lhes conferiram uma grande Capacidade Vetorial na estação chuvosa, dado que 50% delas sobreviveram cerca de 50 a 52 dias. Evidenciou-se que as fêmeas viveram mais que os machos, como encontrado em todos os trabalhos nacionais e internacionais revisados sobre sobrevivência de *Aedes*, seja em campo ou laboratório. Este trabalho possibilitou a construção de Tabelas de Vida, que propiciaram um melhor conhecimento das razões de sobrevivência destes vetores, subsidiando informações mais precisas que poderão auxiliar no planejamento e ações de controle do vetor.

Foram encontradas algumas limitações que impediram se alcançar resultados mais satisfatórios, a literatura bastante escassa de trabalhos nacionais e internacionais sobre experimentos com culicídeos sob condições ambientais naturais, principalmente a correlação entre umidade e longevidade, pois a maioria dos estudos experimentais foram feitos em laboratório sob condições controladas de temperatura e umidade e muitos tratavam da influência da temperatura ambiental na competência vetorial, período de incubação extrínseca. Somente foram encontrados dois experimentos sob condições naturais, o de Strickman, realizado em um imóvel residencial na Tailândia e o de Lansdowne e Hacker (1975) em um insetário externo. Experimentalmente as limitações encontradas como a ocorrência de formigas nas gaiolas durante a 2^o etapa, estação não chuvosa, que impossibilitou o prosseguimento da pesquisa.

Portanto, Faz-se imprescindível realizar este mesmo experimento na estação não chuvosa a fim de se conhecer as razões de sobrevivência do *Aedes aegypti* nesta estação, e assim se evidenciar se a duração da vida deste vetor é maior na estação chuvosa do que na estação não chuvosa, como se supõe no presente estudo e sua implicação para a Capacidade Vetorial da população de *Aedes aegypti* de Fortaleza.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA P. G.; BAPTISTA, S. S. S. G.; SOUSA, C. A. G. C. C.; NOVO, M. T. L. M.; RAMOS, H. C.; PANNELA, N. A.; GODSEY, M.; SIMÕES, M. J.; ANSELMO, M. L.; KOMAR, N.; MITCHELL, C. J.; RIBEIRO, H. Bioecology and Vectorial Capacity of *Aedes albopictus* in Macao, China, in relation to Dengue Virus Transmission. **J. Med. Entomol.**, v. 42, n. 3, p. 419-428, 2005.

BESERRA, E. B.; CASTRO JR. F. P.; SANTOS, J. W.; SANTOS, T. S.; FERNANDES, C. R. M. Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 6, p. 853-860, 2006.

BLACK IV, W. C.; BENNET, K. E.; ESCALANTE-GORROCHÓTEGUI, N.; MURY-BARILAS, C. V.; SALAS-FERNANDEZ, I.; MUNÓZ, M. L., ALÉ-FARFAN, J. A.; OLSON, K. E.; BEATY, B. J. Flavivirus Susceptibility in *Aedes aegypti*. **Archives of Medical Research**, v. 33, p. 379-388, 2002.

BLACK IV, W. C.; MOORE, C. G. **Population biology as a tool to study vector-borne diseases**. [S.l.: s.n.], 2005. Chapter 15.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 16, n. 2, p. 113-118, abr./jun. 2007. Disponível em: <<http://scielo.iec.pa.gov.br/pdf/ess/v16n2/v16n2a06.pdf>> Acesso em: 20 ago. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Dengue. **Boletim da Semana**, n. 17, 2009. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/svs/epi/dengue/boletim/pdfs/be_dengue_17/2009.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2009.

_____. Dengue. **Boletim da Semana**, n. 14, 2008. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/svs/epi/dengue/boletim/pdfs/be_dengue_14/2008.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2009.

_____. Dengue. **Boletim da Semana**, Brasília, n. 52, 2006a. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/svs/epi/dengue/boletim/pdfs/be_dengue_52/2006.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2008.

_____. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso**. 6. ed. rev. Brasília, 2006b. 320 p. (Série B. Textos Básicos de Saúde).

_____. Dengue. **Boletim da Semana**, Brasília, n. 4, 2005. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/svs/epi/dengue/boletim/pdfs/be_dengue_04/2005.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2008.

BUXTON, P. A. M. A.; M.R.C.S. **The termal death-point of *Rhodnius* (Rhynchota, Heteroptera) under controlled conditions of humidity.** [S.l.: s.n.], 1932.

CALADO, D. C.; NAVARRO-SILVA, M. A. Influência da temperatura sobre a longevidade, fecundidade e atividade hematofágica de *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse, 1894 (Diptera, Culicidae) sob condições de laboratório. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 46, n. 1, p. 93-98, 2002.

CÂMARA, F. P.; THEOPHILO, R. L. G.; SANTOS, G. T.; PEREIRA, S. R. F. G.; CÂMARA, D. C. P.; MATOS, R. R. C. Estudo retrospectivo (histórico) da dengue no Brasil: características regionais e dinâmicas. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 40, n. 2, p. 192-196, mar./abr. 2007.

CANYON, D. V.; HII, J. L. K.; MÜLLER, R. Adaptation of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) oviposition behavior in response to humidity and diet. **Journal of Insect Physiology**, v. 45, p. 959-964, 1999.

CARNEIRO, E.; LIMA, J. W. O.; PONTES, R. J. S. Prevalência da Infestação de Diferentes Tipos de Depósitos Pelo *Aedes aegypti* na Cidade de Fortaleza. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, São Paulo, n. 33, p. 407, 2000. Suplemento 1.

CEARÁ. Secretaria de Saúde do Estado. **Boletim epidemiológico.** Disponível em: <<http://www.saude.ce.gov.br>>. Acesso em: 7 nov. 2008.

CHIARAVALLI, F. N. Descrição da colonização de *Aedes aegypti* na região de São José do rio preto, São Paulo. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 279-285, jul./ago. 1997.

CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra Livre**, São Paulo, Ano 19, v. 1, n. 20, p. 193-204, jan./jul. 2003.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil.** Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994.

CORRÊAA, P. R. L.; FRANÇAB, E.; BOGUTCHI, T. F. Infestação pelo *Aedes aegypti* e ocorrência da dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 33-40, 2005. Disponível em: <<http://portal.saude.gov.br/portal/saude/deciframeoudevorote/files/epidemiologia/textos/infestacaoaedesdengueBH.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2010.

COSTA, F. S.; SILVA, J. J.; SOUZA, C. M. de; MENDES, J. Dinâmica populacional de *Aedes aegypti* (L) em área urbana de alta incidência de dengue. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 309-312, maio/jun. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v41n3/a18v41n3.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2010.

DELLATE, 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.**, v. 46, n. 1, p. 33-41, 2009.

DOHM, D. J.; SARDELIS, M. R.; TURELL, M. J. Experimental vertical transmission of west nile virus by *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). **J. Med. Entomol.**, v. 39, p. 640-644, 2002.

DONALÍSIO, M. R.; GLASSER, C. M. Vigilância entomológica e controle de vetores do dengue. **Rev. Bras. Epidemiol.**, v. 5, n. 3, 2002.

FORATINNI, O. P. **Culicidologia médica: identificação, biologia, epidemiologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

_____. Febre amarela – yellow fever. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 33, n. 6, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101999000600002&lang=pt>. Acesso em: 29 jul. 2010.

FORTALEZA. Secretaria Municipal de Saúde. Fortaleza, 2009. Disponível em: <<http://www.sms.fortaleza.ce.gov.br/>>. Acesso em: 20 set. 2010.

_____. Secretaria Municipal de Saúde. Célula de Vigilância Epidemiológica. **Informe Epidemiológico: DENGUE**, Fortaleza, ano 1, n. 1, mar. 2006. Disponível em: <http://www.sms.fortaleza.ce.gov.br/internet/cevepi_web/downloads/InformeEpidemiologico02-03-2006.pdf>. Acesso em: 20 set. 2010.

FOUQUE, F.; GARINCI, R.; GABORIT, P. Epidemiological and entomological surveillance of the co-circulation of DEN-1, DEN-2 and DEN-4 viruses in French Guiana. **Trop. Med. Int. Health**, v. 9, n. 1, p. 41-46, 2004.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Evolução temporal das doenças de notificação compulsória no Brasil 1980-1998. **Boletim Eletrônico Epidemiológico**, Brasília, edição especial, 1999.

GARRET-JONES, C. The human blood index of malaria vectors in relation to epidemiological assessment. **Bull Wild Health Org.**, v. 30, p. 241-261, 1964.

GLASSER, C. M.; GOMES, A. C. Clima e Sobreposição da Distribuição de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* na Infestação do Estado de São Paulo. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, p. 166-172, 2002.

GOMES, A. de C. Vigilância entomológica. **Inf. Epidemiol. Sus**, V. 11, N. 2, P. 79-90, 2002. Disponível em: <<http://scielo.iec.pa.gov.br/pdf/iesus/v11n2/v11n2a04.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2010.

GONÇALVES, V. S. N.; RÊBELO, J. M. M. Aspectos epidemiológicos do dengue no Município de São Luís, Maranhão, Brasil, 1997-2002. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, p. 1424-1431, set./out. 2004.

HARRINGTON, L. C.; BUONACCORSI, J. P.; EDMAN, J. D.; COSTERO, A.; KITTAYAPONG, P.; CLARK, G. G.; SCOTT, T. W. Analysis of survival of young and old *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from Puerto Rico and Thailand. **J. Med. Entomol.**, v. 38, n. 4, p. 537-547, 2001.

HARRINGTON, L. C.; EVERMEYLEN, F.; JONES, J. J.; KITTHAWEE, S.; SITHIPRASASNA, R.; EDMAN, J. D.; SCOTT, T. W. Age-dependent survival of the dengue vector *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Demonstrated by Simultaneous Release-Recapture of Different Age Cohorts. **J. Med. Entomol.**, v. 45, n. 2, p. 307-313, 2008.

HONÓRIO, N. A.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. Frequência de larvas e pupas de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em armadilhas, Brasil. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 385-391, 2001.

JOSHI, D. S. Effect of Fluctuating and Constant Temperatures on Development, adult longevity and fecundity in the mosquito *Aedes krombeine*. **Journal of Thermal Biology**, New York, v. 21, p. 151-154, 1996.

KNOX, T. B.; KAY, B. H.; HALL, R. A.; RYAN, P. A. Enhanced vector competence of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from the torres strait compared with Mainland Australia for Ddengue 2 and 4 viruses. **J. Med. Entomol.**, v. 40, n. 6, p. 950-956, 2003. Disponível em: <<http://marc.qimr.edu.au/MARC%20research%20pdfs/knox2003.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2010.

KRAMER, L. D.; HARDY, J. L.; PRESSER, S. B. Effect of Temperature of extrinsic incubation on the vector competence of *Culex Tarsalis* for western equine encephalomyelitis virus. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, v. 32, n. 5, p. 1130-1139, 1983.

LANSDOWNE, C.; HACKER, S. C. The effect of fluctuating temperature and humidity on the adult life table characteristics of five strains of *Aedes aegypti*. **J. Med. Ent.**, v. 11, n. 6, p. 723-733, 1975.

LEWIS, D. J. **Observations on *Aedes aegypti*, L. (DIPT. CULIC.) under controlled atmospheric conditions**. London: School of Hygiene and Tropical Medicine, 1931.

LINDSAY, S. W.; DENHAM, D. A.; MCGREEVY, P. B. The effect of Humidity on the transmission of brughia-fahage infective larvae to mammalian hosts by *Aedes-aegypti*. **Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.**, v. 78, n. 1, p. 19-22, 1984.

LOWENBERG NETO, P.; NAVARRO-SILVA, M. A. Development, longevity, gonotrophic cycle and oviposition of *Aedes albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae) under cyclic temperatures. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, p. 29-33, 2004.

MCDONALD, G. **The epidemiology and control of malaria**. London: Oxford University Press, 1957.

MCDONALD, G. The analysis of equilibrium in Malaria. **Tropical Disease Bulletin**, v. 49, p. 813-828, 1952.

MACIEL-DE-FREITAS, R. **Sobrevivência e dispersão de fêmeas de *Aedes aegypti* no Rio de Janeiro**. 2006. Dissertação (Mestrado em Entomologia Médica) – Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2006.

MADEIRA, N. G.; MACHARELLI, C. A.; CARVALHO, L. R. Variation of the oviposition preferences of *Aedes aegypti* in function of substratum and humidity. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 97, n. 3, p. 415-420, Apr. 2002.

MAHARAJ, R. Life Table Characteristics of *Anopheles arabiensis* (Diptera: Culicidae) under simulated seasonal conditions. **J. Med. Entomol.**, v. 40, n. 6, p. 737-742, 2003.

MELLANBY, K. B. A. **The influence of atmospheric humidity on the thermal death death point of a number of insects**. [S.l.: s.n.], 1931.

MICIELI, M. V.; CAMPOS, R. E. Oviposition activity and seasonal pattern of a population of *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) in subtropical Argentina. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, v. 98, n. 5, p. 659-663, Jul. 2003.

MILLERON, S. R.; MENESES, C. R.; ELNAIEM, D. A.; LANZARO, G. C. Effects of varying moisture on egg production and longevity of *Lutzomyia longipalps* (Diptera: Phlebotomidae). **J. Med. Entomol.**, v. 45, n. 1, p. 160-165, 2008.

MUIR, L. E.; KAY, B. H. *Aedes aegypti* survival and dispersal estimated by mark-release-recapture in northern Australia. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, v. 58, p. 277-282, 1998.

OLIVEIRA, C. L.; BIER, V. A.; MAIER, C. R.; RORATO, G. M.; FROST, K. F.; BARBOSA, M. A.; SCHNORRENBERGER, S. C. W.; LANDO, T. T. Incidência da dengue relacionada às condições climáticas no município de Toledo-PR. **Arq. Ciênc. Saúde Unipar**, Umuarama, v. 11, n. 3, p. 211-216, set./dez. 2007.

ORGANIZACIÓN PAN AMERICANA DE LA SALUD-OPS. **Actualización sobre la situación regional del dengue**. Washington, DC, 2009.

OSANAI, C. H. **A epidemia de dengue em Boa Vista, território federal de Roraima, 1981-1982**. 1984. Dissertação (Mestrado)–Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 1984.

RIBEIRO, A. F.; MARQUES, G. R. A. M.; VOLTOLINI, J. C.; CONDINO, M. L. F. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 671-676, 2006.

SANTOS, S. R. Fatores associados à ocorrência de formas imaturas de *Aedes aegypti* na Ilha do Governador, Rio de Janeiro, Brasil. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 373-382, jul./ago. 1999.

SERPA, L. L. N.; KATJY, V. R. M.; VOLTOLINI, J. C.; KAKITANI, I. Variação sazonal de *Aedes aegypti* no município de Potim, São Paulo. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, 2006.

SIQUEIRA JR., J. B.; MARTELLI, C. M. T.; COELHO, G. E.; SIMPLICIO, A. C. R.; HATCH, D. L. Dengue and dengue hemorrhagic fever, Brazil, 1981–2002. **Emerging Infectious Diseases**, v. 11, n. 1, Jan. 2005.

SOUSA, N. M. N.; DANTAS R. T.; LIMEIRA, R. C. Influência de variáveis meteorológicas sobre a incidência do dengue, meningite e pneumônia em João Pessoa-PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 2, p. 183-192, 2007.

STEIN, M.; ORIA, G. I.; ALMIRON, W. R.; WILLENER, J. A. Flutuación estacional de *Aedes aegypti* en Chaco, Argentina. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 559-564, 2005.

STRICKMAN, D. Longevity of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) compared in cages and field under ambient conditions in rural Thailand. **Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health**, v. 37, n. 3, May 2006.

TAUIL, P. L. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 867-871, maio/jun. 2002.

_____. Urbanização e ecologia do dengue. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, p. 99-102, 2001. Suplemento.

TEIXEIRA, M. G.; TRAVASSOS DA ROSA, A.; VASCONCELOS, P.; BARRETO, M. L. Diferenças intraurbanas na circulação dos vírus do dengue em uma grande cidade – Salvador/Bahia, 1998. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, São Paulo, v. 32, p. 174, 1999. Suplemento 1.

TEIXEIRA, M. G.; COSTA, M. C. N.; BARRETO, M. L.; BARRETO, F. R. Epidemiologia da dengue em Salvador-Bahia, 1995-1999. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 269-274, maio/jun. 2001.

THU, H. M.; AYE, K. M.; SOE, T. The effect of temperature and humidity on dengue virus propagation in *Aedes aegypti* Mosquitos. **Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health**, v. 29, n. 2, p. 280-284, Jun. 1998.

TRPIS, M.; HAUSERMANN, W. Dispersal and other population parameters of *Aedes aegypti* in an African village and their possible significance in epidemiology of vector-borne diseases. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, v. 35, p. 1263-1279, 1986.

TSUDA, Y.; TAGAKI, M. Survival and development of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) Larvae under a seasonally changing environment in Nagasaki, Japan. **Environ. Entomol.**, v. 30, n. 5, p. 855-860, 2001.

TURELL, M. J. Effect of environmental temperature on the vector competence of *Aedes taeniorhynchus* for rift valley fever and Venezuelan equine encephalitis viruses. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, v. 49, n. 6, p. 672-676, 1993.

TURELL, M. J.; ROSSI, C. A.; BAILEY, C. L. Effect of incubation temperature on the ability of *Aedes taeniorhynchus* and *Culex pipiens* to transmit rift valley fever virus. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, v. 34, n. 6, p. 1211-1218, 1985.

VASCONCELOS, P. F. C.; MENEZES, D. B.; MELO, L. P.; PESSOA, E. T. F.; RODRIGUES, S. G.; TRAVASSOS DA ROSA, E. S.; TIMBÓ, M. J.; COELHO, I. C. B.; MONTENEGRO, F.; TRAVASSOS DA ROSA, J. F. S.; ANDRADE, F. M. O.; TRAVASSOS DA ROSA, A. P. A. A large epidemic of dengue fever with dengue hemorrhagic cases in Ceará State, Brazil, 1994. **Rev. Inst. Méd. Trop.**, São Paulo, v. 37, p. 253-255, 1995.

VEZZANI, D.; VELÁZQUEZ, S. M.; SCHWEIGMANN, N. Seasonal pattern of abundance of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Buenos Aires City, Argentina. **Memb. Inst. Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 99, n. 4, p. 351-356, Jun. 2004.

WATTS, D. M.; BURKE, D. S.; HARRISON, B. A.; WHITMIRE, R. E.; NISALAK, A. Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, v. 36, n. 1, p. 143-152, Jan. 1987.

WORLD HEALTH ORGANIZATION-WHO. **Dengue y dengue hemorrágica**. Geneva, 2008. Disponível em: <<http://www.who.int>>. Acesso em: 10 jan. 2010.