

PUBLIC HEALTH

Biologia e Exigências Térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) Provenientes de Quatro Regiões Bioclimáticas da Paraíba

EDUARDO B. BESERRA¹, FRANCISCO P. DE CASTRO JR.², JOSÉ W. DOS SANTOS³, TATIANA DA S. SANTOS⁴ E CARLOS R.M. FERNANDES⁴

¹*ebeserra@uol.com.br*; ²*Graduando em Ciências Biológicas, Bolsista PIBIC/CNPq. Depto. Biologia. Univ. Estadual da Paraíba-UEPB, Rua Juvêncio Arruda s/n, Bodocongó, 58109-753, Campina Grande, PB*

³*jwsantos@cnpa.embrapa.br*; ⁴*Estatística, Bolsista do CNPq/EMBRAPA tatsilvasantos@gmail.com. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, Embrapa Algodão, Rua Oswaldo Cruz, 1143, Centenário, 58107-720, Campina Grande, PB*

⁴*Mestrando do PRODEMA/UFPB/UEPB, Av. das Baraúnas, 35, Campus Universitário, Bodocongó, 58109-753 Campina Grande, PB*

Neotropical Entomology 35(6):853-860 (2006)

Biology and Thermal Exigency of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) from Four Bioclimatic Localities of Paraíba

ABSTRACT - The present work aimed at estimating the thermal requirements for the development and the number of generations per year of *Aedes aegypti* (L.) under natural conditions. The life cycle of *A. aegypti* populations was studied at constant temperatures of 18, 22, 26, 30 and 34°C, and 12h photophase. The development period, egg viability and larval and pupal survival were evaluated daily as well as adult longevity and fecundity. The low threshold temperature of development (Tb) and the thermal constant (K) were determined. The number of generations per year in laboratory and field were also estimated. The favorable temperature to *A. aegypti* development is between 21°C and 29°C, and to longevity and fecundity is between 22°C and 30°C. The egg to adult basal temperature, thermal constant and the number of generations in field were, in order, 9.5, 8.5, 3.4, 7.1, 13.5°C; 244.5, 273.9, 298.5, 280.9 and 161.8 degree-days; and 21.9, 23.8, 24.2, 21.1 and 22.1 generations in populations from Boqueirão, Brejo dos Santos, Campina Grande, Itaporanga and Remígio.

KEY WORDS: Insecta, vector, biological cycle, temperature

RESUMO - O trabalho teve por objetivo determinar as exigências térmicas para o desenvolvimento e estimar o número de gerações anuais de *Aedes aegypti* (L.) em campo. O ciclo biológico das populações de *A. aegypti* foi estudado nas temperaturas constantes de 18, 22, 26, 30 e 34°C, e fotofase de 12h. Foram avaliados, diariamente, o período de desenvolvimento e a viabilidade da fase de ovo, sobrevivência de larva e pupa, longevidade e a fecundidade dos adultos, determinando-se, ainda, os limites térmicos inferiores de desenvolvimento (Tb) e as constantes térmicas (K). Em função dessas variáveis foram estimados os números de gerações anuais do inseto em laboratório e campo. A temperatura favorável ao desenvolvimento de *A. aegypti* encontra-se entre 21°C e 29°C, e para a longevidade e fecundidade os adultos entre 22°C e 30°C. As Tb, K, de ovo a adulto, e o número de gerações anuais em campo foram de 9,5, 8,5, 3,4, 7,1, 13,5°C; 244,5, 273,9, 298,5, 280,9 e 161,8 graus-dias; e 21,9, 23,8, 24,2, 21,1 e 22,1 gerações para as populações de *A. aegypti* das regiões de Boqueirão, Brejo dos Santos, Campina Grande, Itaporanga e Remígio, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Insecta, vetor, ciclo biológico, temperatura

Aedes (Stegomyia) aegypti (L.) é um importante vetor em saúde pública devido a seu papel como transmissor de dengue e de febre amarela. É um mosquito com ampla distribuição geográfica, predominando nas áreas tropicais e subtropicais situadas entre os paralelos de latitudes 45° Norte e 40° Sul (Forattini 2002) e nas zonas isotermiais intermediadas a 20°C (Gadelha 1985). Devido ao seu hábito antropofílico, *A. aegypti* apresenta grande capacidade de adaptação a

criadouros artificiais o que possibilita o aumento de sua população e, por conseguinte, o aparecimento de epidemias de dengue (Lozovei 2001).

A temperatura é um dos principais fatores ecológicos que influi tanto direta como indiretamente sobre os insetos, seja no seu desenvolvimento, seja na sua alimentação (Silveira-Neto *et al.* 1976). Vários autores demonstraram os efeitos da temperatura sobre o ciclo de vida dos insetos e de como

este fator ecológico pode ser utilizado para se entender a dinâmica populacional de vetores e com isto desenvolver estratégias adequadas para o seu controle. Costa *et al.* (1994) estudaram a influência de nove temperaturas que variaram entre 5°C e 45°C, sobre o ciclo aquático de *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae) e verificaram que a faixa ótima para o desenvolvimento encontra-se entre 20°C e 30°C. Ribeiro *et al.* (2001) constataram que a 30°C, sob condições de laboratório, *Ophyra aenescens* Wiedemann (Diptera: Culicidae), apresenta 19,9 gerações por ano, com viabilidade total de 75,9%. Calado & Navarro-Silva (2002a) relataram que a atividade hematofágica e a oviposição de *Aedes albopictus* Skuse, sofrem influência da temperatura, e que as baixas temperaturas de 15°C e 20°C atuam como fator limitante ao crescimento populacional do inseto. Para esses autores, a eliminação dos criadouros artificiais nos meses mais frios, pode ser uma forma de diminuição da população de fêmeas aptas a realizar o repasto sanguíneo. Segundo Calado & Navarro-Silva (2002b) a manutenção de criadouros artificiais durante o período de temperaturas acima do limiar de desenvolvimento de *A. albopictus* favorecerá o aumento de sua população, o que deve ser considerado na definição das estratégias de controle.

Assim, deve-se considerar que o conhecimento sobre os efeitos da temperatura sobre o ciclo de vida, e o estudo das exigências térmicas das diferentes fases de desenvolvimento dos insetos é um importante elemento para a definição das estratégias de controle. Tais conhecimentos, quando aplicados a *A. aegypti* permitirão determinar o número de gerações anuais e a época favorável à ocorrência de altas densidades populacionais em campo, e assim auxiliar na adoção de medidas de monitoramento e controle. Este trabalho teve como objetivo verificar a influência da temperatura sobre o ciclo de vida, determinar as exigências térmicas para o desenvolvimento e o número de gerações anuais de *A. aegypti*.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida com populações de *A. aegypti* coletadas em municípios pertencentes a quatro regiões bioclimáticas da Paraíba, a saber: 1 - Nordeste quente de seca atenuada com temperatura média anual em torno de 25°C, médias pluviométricas entre 700 mm e 900 mm e umidade relativa do ar de 80% a 85%, com estação seca de quatro a cinco meses, compreendendo os municípios de Campina Grande (07°13'32''S 35°54'15''W) e Remígio (Latitude de 06°58'01''S 35°47'29''W); 2 - Nordeste quente de seca acentuada com temperatura média em torno de 23°C, precipitação pluviométrica média anual entre 300 mm e 400 mm e umidade relativa do ar de 75%, com estação seca de sete a oito meses, compreendendo o município de Boqueirão (07°29'27''S 36°08'09''W); 3 - Tropical quente de seca média com temperatura média anual em torno de 25°C, precipitação pluviométrica de 600 mm a 700 mm, umidade relativa do ar de 65%, com estação seca de cinco a sete meses compreendendo o município de Brejo dos Santos (06°22'48''S 37°49'29''W); 4 - Tropical quente de seca acentuada com temperatura média anual em torno de 25°C, precipitação pluviométrica de 600 mm a 800 mm, umidade

relativa do ar de 65%, com estação seca de sete a oito meses, compreendendo o município de Itaporanga (07°18'00''S 37°09'00''W) (Lima & Heckendorff 1985).

As colônias de *A. aegypti* e os bioensaios de laboratório foram conduzidos no Laboratório de Controle Biológico pertencente ao Núcleo de Manejo Integrado de Pragas da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, em sala de criação climatizada a temperatura de 26°C ± 2°C e fotofase de 12h e câmaras climatizadas (B.O.D.). As larvas de *A. aegypti* foram criadas em bandejas plásticas (40 x 27 x 7,5 cm) cobertas por uma tela de malha fina, ofertando-se a elas, 1,0 mg/larva de ração para peixe ornamental (Alcon/Goldfish crescimento). Os adultos foram mantidos em gaiolas, construídas de armação de madeira e tecido tipo organza (40 x 40 x 20 cm), ofertando-se diariamente uma solução de mel a 20%. Às fêmeas, foi permitido o repasto sanguíneo, em codornas, durante 1h, três vezes por semana.

O ciclo biológico de cada população foi estudado em câmaras climatizadas e em salas de criação reguladas a 18, 22, 26, 30 e 34°C, e fotofase de 12h, utilizando-se a primeira geração de laboratório. Cada câmara recebeu 12 copos de polietileno de 250 ml, contendo água desclorada e 10 larvas recém-eclodidas (L1) de *A. aegypti*. Diariamente aferiu-se a temperatura da água dos copos de desenvolvimento larval através de um termômetro químico com aferição até 60°C. Os adultos foram mantidos em gaiolas de madeira telada (20 cm³), em no total de cinco gaiolas por tratamento, cada uma contendo vinte casais. A forma de alimentação das larvas e adultos seguiu aquela da metodologia de criação. Para a fase de ovo foram avaliadas para cada temperatura 20 posturas contendo em média 80 ovos, acondicionados em placas-de-petri de 9 cm de diâmetro x 1,5 cm de profundidade, contendo água desclorada suficiente para encobrir os ovos. Os ovos que não apresentaram eclosão de larvas após dez dias da oviposição foram considerados inviáveis. As avaliações foram diárias, registrando-se para cada temperatura, o período de desenvolvimento e a mortalidade das fases de larva, pupa e ovo. E para a fase adulta a emergência, a longevidade e a fecundidade.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 4, cinco populações e quatro temperaturas, para as fases de ovo e de ovo a emergência do adulto, e de 5 x 5, cinco populações e cinco temperaturas, para as fases de larva e pupa e para a longevidade e fecundidade dos adultos, sendo as variáveis biológicas estudadas submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P < 0,05),

Com base nas durações das fases imaturas de desenvolvimento e ciclo de ovo a adulto, foram determinados os limites térmicos inferiores de desenvolvimento (T_b) e as constantes térmicas (K), através do método da hipérbole (Haddad & Parra 1984) dado pela equação $K = y(t - a)$ onde: K a constante térmica expressa em graus-dia; y o tempo de desenvolvimento (dias); t a temperatura ambiente (°C); a, a temperatura do limiar de desenvolvimento.

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

número provável de gerações anuais de *A. aegypti* em campo foi estimado com base em suas exigências térmicas, e nas normais térmicas das áreas de procedência das populações do vetor, obtidas do Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba/ Universidade Federal de Campina Grande-UFPG, através da equação $NG = [T (tc - tb)/K]$, onde T é o tempo considerado em ano, e tc as temperaturas médias mensais das regiões de estudo, sendo K e tb a constante térmica e as temperaturas base definidas anteriormente.

Resultados e Discussão

Ciclo de vida de *A. aegypti* em cinco temperaturas constantes. As temperaturas médias das águas em que se estudou o desenvolvimento do ovo à emergência dos adultos das populações de *A. aegypti* foram de aproximadamente 17°C, 21°C, 24°C, 29°C, e 32°C para as temperaturas ambientes de 18°C, 22°C, 26°C, 30°C e 34°C, respectivamente. Os resultados referentes ao período de desenvolvimento foram discutidos em relação à temperatura da água.

Ocorreram interações significativas entre população e temperatura com relação ao ciclo biológico do mosquito, indicando que as populações de *A. aegypti* se comportaram de forma diferente em relação à temperatura (Tabelas 1 e 2). Não ocorreu eclosão na temperatura da água de 17°C, para as populações originárias de Brejo dos Santos, Campina

Grande e Remígio, sendo que entre 21°C e 32°C o tempo de desenvolvimento reduziu à medida que a temperatura aumentou, com as menores médias registradas a 29°C e 32°C. Em geral o menor período de desenvolvimento embrionário foi registrado para a população de Remígio com média de 3,62 dias (Tabela 1).

Não se avaliou se a não eclosão de larvas das populações de Brejo dos Santos, Campina Grande e Remígio a 17°C foi consequência da morte do embrião ou função da interrupção do desenvolvimento devido à baixa temperatura. É possível que o mosquito adaptado às temperaturas médias mensais das suas regiões de origem, que estão acima dos 20°C, não se desenvolva quando submetido a temperaturas mais baixas, como a 17°C da presente pesquisa. Assim Ribeiro *et al.* (2004) constataram desenvolvimento embrionário a 15°C em uma população de *C. quinquefasciatus* coletada em Pelotas, RS, onde as temperaturas mínimas estão abaixo dos 15°C durante o inverno, atribuindo tais aspectos à adaptação climática às condições ambientais daquela região.

Comparando-se as populações de *A. aegypti* entre as temperaturas de 21°C e 32°C, detectou-se que a menor viabilidade ocorreu em ovos da população de Campina Grande quando submetidos à temperatura da água de 32°C, e foi de 33,3%, porém os ovos da população oriunda de Remígio foram os mais sensíveis aos efeitos da temperatura, apresentando viabilidade inferior a 70% em todas as temperaturas, com média geral de 61,7% (Tabela 2). Deve-

Tabela 1. Duração (dias) em cinco temperaturas do desenvolvimento embrionário das populações de *A. aegypti* da Paraíba. Fotofase 12h.

População	Desenvolvimento embrionário (dias)/temperatura		
	18°C (17,0°C) ¹	22°C (21,1°C ^o)	26°C (24,1°C)
Boqueirão	9,0 ± 0,30 ²	6,2 ± 0,23aA	4,1 ± 0,15bA
Brejo dos Santos	-- ³	5,7 ± 0,24aAB	4,3 ± 0,12bA
Campina Grande	-- ³	5,5 ± 0,28aAB	4,1 ± 0,31bA
Itaporanga	9,1 ± 0,25 ²	6,1 ± 0,15aA	4,7 ± 0,17bA
Remígio	-- ³	5,2 ± 0,36aB	4,5 ± 0,18bA
CV (%) = 20,92			
População	30°C (29,0°C)	34°C (32,0°C)	Média geral
Boqueirão	3,2 ± 0,10cA	3,5 ± 0,07bcA	4,2 ± 0,15A
Brejo dos Santos	3,7 ± 0,13bA	2,9 ± 0,12cAB	4,2 ± 0,14A
Campina Grande	4,1 ± 0,23bA	2,9 ± 0,10cAB	4,2 ± 0,19A
Itaporanga	3,2 ± 0,12cA	3,6 ± 0,18cA	4,4 ± 0,15A
Remígio	2,3 ± 0,12cB	2,5 ± 0,09cB	3,6 ± 0,18B
CV (%) = 20,92			

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

¹Os valores em parênteses correspondem às temperaturas médias das águas onde se deram os desenvolvimentos embrionários das populações de *A. aegypti*.

²Como não houve desenvolvimento embrionário para as demais populações a 18°C, optou-se por não incluir esses dados na análise estatística, representando-se apenas a média para estas populações.

³Não ocorreu desenvolvimento embrionário a 18°C.

Tabela 2. Viabilidade (%) em cinco temperaturas das fases de ovo, larva e pupa de populações de *A. aegypti* da Paraíba. Fotofase 10h.

População	18°C (17,0°C) ¹	22°C (21,1°C)	26°C (24,1°C)	30°C (29,0°C)	34°C (32,0°C)	Média geral
Fase de ovo						
Boqueirão	24,5 ± 3,97 ²	84,2 ± 3,13aA	71,5 ± 3,59aAB	71,8 ± 3,42aAB	76,9 ± 3,31aAB	76,1 ± 1,75A
B. dos Santos	0,0	73,0 ± 4,88abA	84,4 ± 2,99abA	87,2 ± 2,57aA	65,5 ± 4,42bAB	77,7 ± 2,12A
C. Grande	0,0	80,2 ± 7,23aA	61,3 ± 4,77bB	60,7 ± 6,88bB	33,2 ± 5,55cC	61,9 ± 3,68B
Itaporanga	20,8 ± 7,97 ²	77,2 ± 3,05aA	83,4 ± 3,70aA	75,2 ± 3,45aAB	78,7 ± 5,28aA	78,6 ± 1,97A
Remígio	0,0	66,9 ± 4,67aA	53,1 ± 7,40aB	65,8 ± 4,56aB	60,3 ± 6,08aB	61,6 ± 2,88
C.V. (%) = 26,43						
Fase de larva						
Boqueirão	96,6 ± 1,88aA	95,8 ± 1,93aA	91,6 ± 2,97aA	96,6 ± 1,88aA	96,6 ± 2,56aA	95,5 ± 1,02A
B. dos Santos	95,0 ± 2,89aA	100,0aA	100,0aA	98,3 ± 1,67aA	96,6 ± 1,42aA	98,0 ± 0,74A
C. Grande	94,1 ± 4,99aA	82,5 ± 3,51bB	92,5 ± 2,50aA	98,3 ± 1,12aA	90,8 ± 3,13abA	91,6 ± 1,58B
Itaporanga	95,0 ± 2,30aA	98,3 ± 1,12aA	99,1 ± 0,83aA	97,5 ± 1,30aA	97,5 ± 1,30aA	97,5 ± 0,66A
Remígio	98,3 ± 1,12aA	96,6 ± 1,88aA	100,0aA	98,3 ± 1,67aA	95,8 ± 1,93aA	97,8 ± 0,68A
C.V. (%) = 7,75						
Fase de pupa						
Boqueirão	97,5 ± 1,79aAB	100,0aA	99,1 ± 0,83aA	100,0aA	99,1 ± 0,83aA	99,1 ± 0,43B
B. Santos	100,0aA	100,0aA	100,0aA	100,0aA	100,0aA	100,0A
C. Grande	54,0 ± 5,91bC	95,2 ± 3,21aA	93,8 ± 2,94aA	98,1 ± 1,25aA	91,7 ± 3,69aB	86,6 ± 2,67B
Itaporanga	91,6 ± 3,22bB	100,0aA	100,0aA	100,0aA	100,0aA	98,3 ± 0,76A
Remígio	100,0aA	100,0aA	96,6 ± 1,42aA	100,0aA	100,0aA	99,3 ± 0,32A
C.V. (%) = 6,64						

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

¹Os valores entre parênteses correspondem às temperaturas médias das águas onde se deram os desenvolvimentos embrionários das populações de *A. aegypti*.

²Como não houve desenvolvimento embrionário para as demais populações a 18°C, optou-se por não incluir esses dados na análise estatística, representando-se apenas a média para essas populações.

se ressaltar que a viabilidade da fase de ovo observada na presente pesquisa para todas as populações pode ser considerada baixa se comparada às viabilidades dos ovos de *A. aegypti* relatada em outros estudos, como o de Silva & Silva (1999), que encontraram a porcentagem de eclosão de 85,4%.

O período larval diminuiu com a elevação térmica, com a menor duração média registrada para a população de Campina Grande a 32°C que foi de 6,7 dias (Tabela 3). A maior sobrevivência da fase de larva foi observada para população de Brejo dos Santos a 21°C, em torno de 100% (Tabela 2). Durante a fase de pupa, o menor período de desenvolvimento foi constatado na população de *A. aegypti* de Remígio a 32°C, sendo o maior período observado para a população de Campina Grande a essa mesma temperatura (Tabela 3). Para a população de Campina Grande, também foi observada a menor sobrevivência pupal, de 54% a 17°C. Para as demais

populações, a sobrevivência em todos os tratamentos foi superior a 90% nas fases de larva e pupa (Tabela 2), sendo que a população coletada em Remígio, apresentou 100% de sobrevivência pupal em todas as temperaturas.

Houve interação significativa entre temperatura e população de *A. aegypti* com relação à duração do período de desenvolvimento de ovo à emergência do adulto. A população de Campina Grande foi a menos afetada pela temperatura com desenvolvimento mais rápido na faixa de 21°C a 32°C, com duração média variando de 19,4 a 10,6 dias. As populações de *A. aegypti* de Boqueirão e Remígio sofreram maior influência das temperaturas, principalmente a 21°C, onde os tempos de desenvolvimento de ovo a emergência do adulto, foram de 23,2 e 25,1 dias respectivamente (Tabela 3).

A longevidade dos adultos de *A. aegypti* dependeu da interação entre população e temperatura, sendo estas significativamente maiores a 18°C, diminuindo nas

Tabela 3. Duração (dias) em cinco temperaturas das fases de larva, pupa e de ovo a emergência do adulto de populações de *A. aegypti* da Paraíba. Fotofase 12h.

População	18°C (17,0°C) ¹	22°C (21,1°C)	26°C (24,1°C)	30°C (29,0°C)	34°C (32,0°C)	Média geral
Fase larval						
Boqueirão	19,6 ± 0,38aB	13,4 ± 0,50bB	8,7 ± 0,28cB	6,4 ± 0,17dB	6,9 ± 0,29dBC	11,0 ± 0,66B
B. dos Santos	18,9 ± 0,80aBC	13,4 ± 0,09bB	10,2 ± 0,11cA	7,9 ± 0,10dA	7,5 ± 0,10dB	11,6 ± 0,56A
C. Grande	18,3 ± 0,130aC	11,1 ± 0,47bD	6,6 ± 0,10cC	5,8 ± 0,08cBC	6,0 ± 0,14cC	9,6 ± 0,60C
Itaporanga	21,0 ± 0,48aA	12,3 ± 0,22bC	7,3 ± 0,14dC	5,9 ± 0,14eBC	9,7 ± 0,23cA	11,2 ± 0,70AB
Remígio	18,9 ± 0,38aBC	15,8 ± 0,11bA	8,4 ± 0,14cB	5,4 ± 0,08dC	6,0 ± 0,08dC	10,9 ± 0,71B
C.V.(%) = 7,74						
Fase de pupa						
Boqueirão	7,2 ± 0,18aA	3,2 ± 0,04bA	2,7 ± 0,11cA	1,2 ± 0,05dBC	1,4 ± 0,09dAB	3,1 ± 0,28A
B. dos Santos	6,4 ± 0,08aB	3,2 ± 0,03bA	2,1 ± 0,02cB	2,1 ± 0,02cA	1,2 ± 0,04dB	3,0 ± 0,24AB
C. Grande	6,7 ± 0,29aB	2,7 ± 0,12bB	2,4 ± 0,06bAB	1,6 ± 0,07cB	1,6 ± 0,09cA	3,0 ± 0,25AB
Itaporanga	6,6 ± 0,12aB	3,2 ± 0,05A	2,3 ± 0,05cAB	1,4 ± 0,04dBC	1,4 ± 0,05dAB	3,0 ± 0,26AB
Remígio	6,3 ± 0,09aB	3,3 ± 0,06bA	2,3 ± 0,09cB	1,1 ± 0,07dC	1,1 ± 0,05dB	2,8 ± 0,25B
C.V.(%) = 11,1						
Ovo – adulto						
Boqueirão	36,1 ± 0,57 ³	23,1 ± 0,25aB	15,3 ± 0,29bB	10,9 ± 0,20cBC	11,8 ± 0,40cB	15,3 ± 0,72B
B. dos Santos	-- ²	22,5 ± 0,20aBC	16,6 ± 0,19bA	13,7 ± 0,29cA	11,6 ± 0,20dBC	16,1 ± 0,60A
C. Grande	-- ²	19,3 ± 0,62aD	12,4 ± 0,24bC	11,8 ± 0,31bB	10,6 ± 0,14cCD	13,5 ± 0,53D
Itaporanga	36,8 ± 0,69 ³	21,7 ± 0,37aC	14,3 ± 0,23bB	10,4 ± 0,24cC	14,6 ± 0,30bA	15,2 ± 0,61B
Remígio	-- ²	25,1 ± 0,38aA	15,2 ± 0,20bB	8,5 ± 0,10dD	9,6 ± 0,09cD	14,6 ± 0,96C
C.V.(%) = 6,65						

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

¹Os valores em parênteses correspondem às temperaturas médias das águas onde se deram os desenvolvimentos embrionários das populações de *A. aegypti*.

²Não houve desenvolvimento embrionário a 18°C.

³Como não houve desenvolvimento embrionário para as demais populações a 18°C, optou-se por não incluir esses dados na análise estatística, representando-se apenas a média para essas populações.

temperaturas de 30°C a 34°C. Considerando-se a média geral das longevidades em todas as temperaturas, os adultos da população de *A. aegypti* de Remígio foram mais longevos que os adultos das demais populações estudadas (Tabela 4).

Os extremos de temperatura, 18°C e 34°C, foram altamente deletérios à fecundidade das fêmeas, diminuindo consideravelmente o número de ovos destas. O maior número médio de ovos/fêmeas foi obtido a 26°C, com médias de 271,9 e 260,40 ovos para as populações de Campina Grande e Remígio respectivamente, porém sem diferir significativamente entre o número de ovos por fêmea das populações de Boqueirão e Itaporanga.

Considerando-se a média geral de ovos de todas as temperaturas, não ocorreram diferenças significativas entre as populações avaliadas (Tabela 4). A 18°C, embora tenha

aumentado a longevidade das fêmeas, o número de ovos, principalmente para a população de Campina Grande, foi consideravelmente baixo (Tabela 4), podendo-se inferir que para essa temperatura, parte da energia que seria empregada na reprodução, foi alocada para a sobrevivência do adulto. Isto significa que, como ocorre para outros insetos, em condições climáticas desfavoráveis, as fêmeas de *A. aegypti* diminuem a fecundidade para aumentar sua longevidade e com isto superar as condições adversas. Dados de Chadee (1997) mostram que, sob condições desfavoráveis, fêmeas de *A. aegypti* retêm os ovos e essa retenção pode resultar na reabsorção de folículos maduros e aumentar a sobrevivência (Judson 1968). Pode acontecer também a alocação de menos proteína do sangue ingerido para produção de ovos e utilização de carboidratos do sangue para manutenção

Tabela 4. Longevidade (dias) e número de ovos/fêmea de *A. aegypti* em cinco temperaturas. Fotofase 12h.

População	18°C	22°C	26°C	30°C	34°C	Média geral
Longevidade de machos						
Boqueirão	36,9 ± 1,81abB	32,6 ± 2,67bAB	44,8 ± 3,38aA	19,3±0,96cB	15,4±0,16cB	29,8±2,40B
B. dos Santos	34,0 ± 2,78aBC	30,8 ± 1,06aB	36,2 ± 1,50aBC	23,3±0,50bAB	17,6±0,57bB	28,4±1,54B
C. Grande	29,2 ± 3,60cC	39,0 ± 1,90bA	48,5 ± 3,90aA	18,0±1,40dB	9,9±0,60cC	28,9±3,03B
Itaporanga	41,1 ± 1,31aB	28,0 ± 0,48bB	33,6 ± 1,18abC	18,4±0,52cB	27,3±0,86bA	29,7±1,57AB
Remígio	53,8 ± 3,19aA	29,8 ± 1,40cB	42,8 ± 1,20bAB	27,8±1,60cA	14,6±1,40dB	33,7±2,85A
C.V. (%) = 6,71						
Longevidade de fêmeas						
Boqueirão	43,6 ± 2,36aBC	38,5 ± 2,38aB	43,3 ± 4,01aAB	20,0 ± 1,38bC	17,4 ± 0,68bB	32,5 ± 2,54BC
B. dos Santos	36,5 ± 1,73aCD	37,7 ± 1,43aB	38,2 ± 1,09aBC	28,4 ± 0,79bAB	20,6 ± 0,74cB	32,3 ± 1,48B
C. Grande	33,5 ± 2,21bD	53,3 ± 0,45aA	32,9 ± 2,62bC	23,4 ± 1,41cBC	10,2 ± 1,02dC	30,7 ± 2,97C
Itaporanga	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	56,2 ± 2,38aA	36,5 ± 1,64cB	46,1 ± 1,74bA	31,7 ± 1,60cA	18,9 ± 1,53dB	37,9 ± 2,69A
C.V. (%) = 5,91						
Número de ovos/fêmea						
Boqueirão	31,0 ± 3,28cA	99,0 ± 6,98bA	238,6 ± 36,59aA	72,5 ± 6,73bB	18,9±1,25cABC	92,0 ± 17,51A
B. dos Santos	21,6 ± 1,82cA	80,6 ± 6,89bA	169,5 ± 27,81aB	66,2 ± 6,25bB	30,8 ± 6,32cAB	73,7 ± 12,05A
C. Grande	2,2 ± 1,11cB	104,6 ± 10,60bA	271,9 ± 15,90aA	132,1 ± 30,30bA	6,3 ± 2,60cC	103,4 ± 21,30A
Itaporanga	18,7 ± 4,75dA	93,8 ± 8,93bA	242,2 ± 6,94aA	49,9 ± 6,59cB	36,7 ± 5,10cdA	88,3 ± 16,73A
Remígio	20,5 ± 2,66dA	66,1 ± 8,58cA	260,4 ± 28,12aA	132,0 ± 7,28bA	12,6 ± 1,06dBC	98,3 ± 19,48A
C.V. (%) = 15,44						

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Médias originais. Para efeito da análise estatística os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$.

de outras funções (Frankino & Juliano 1999), como, por exemplo, a sobrevivência.

Exigências térmicas e número de gerações anual de *A. aegypti*. Como não ocorreu desenvolvimento embrionário à temperatura da água de 17°C (18°C temperatura ambiente), para as populações de Brejo dos Santos, Campina Grande e Remígio, essa temperatura foi excluída dos cálculos da temperatura base (T_b) e constante térmica (K). Para esses cálculos foram utilizadas as temperaturas das águas para o ciclo de ovo a emergência do adulto a partir de 21°C. A velocidade de desenvolvimento de *A. aegypti* em função da temperatura ajustou-se ao modelo linear determinado através da recíproca da equação da hipérbole (Haddad & Parra 1984). As exigências térmicas variaram dependendo da população e do estágio de desenvolvimento do inseto (Tabela 5).

Os limites térmicos (T_b) de desenvolvimentos e as respectivas constantes térmicas (K), expressas em graus-dias (GD), para as fases de ovo, larva, pupa e de ovo a emergência do adulto variaram de acordo com as populações estudadas (Tabela 5). As menores temperaturas bases para as fases de ovo, larva, pupa e de ovo a emergência do adulto foram observadas para as populações de Boqueirão,

Brejo dos Santos, Campina Grande e Itaporanga, sendo as maiores para *A. aegypti* de Remígio. Essas diferenças entre as populações podem ser conseqüências das adaptações ecológicas as suas regiões de origem, porém, não era de se esperar que as populações de Boqueirão, Brejo dos Santos e Itaporanga apresentassem menores temperaturas bases do que a população de Remígio, já que este município está localizado no Brejo paraibano, onde as temperaturas são mais amenas e, portanto, sua população teria maiores condições de resistirem às baixas temperaturas. Por outro lado os valores das temperaturas bases da fase de ovo, principalmente para as populações de Brejo dos Santos ($T_b = 9,8^\circ\text{C}$), Campina Grande ($T_b = 2,9^\circ\text{C}$) e Remígio ($T_b = 13,9^\circ\text{C}$), foram muito baixos, considerando-se que para essas populações não ocorreu eclosão à temperatura da água de 17°C (Tabela 1).

As temperaturas bases e constantes térmicas diferiram de acordo com o estágio de desenvolvimento de cada população, sendo as menores temperaturas bases para as fases de ovo e larva (Tabela 5). Segundo Calado & Navarro-Silva (2002b), tais variações podem surgir como conseqüência de diferenças estruturais e fisiológicas inerentes a cada estágio, que favorecem a adaptação da espécie às variações do ambiente. Essas variações foram constatadas em várias outras espécies

Tabela 5. Temperatura base (Tb) em °C, constante térmica (K) em graus-dia (GD), coeficiente de determinação R² (%) e o número de gerações anual (NG) de populações de *A. aegypti* da Paraíba. Fotofase de 12h.

População	Ovo			Larva			NG ¹
	Tb	K	R ²	Tb	K	R ²	
Boqueirão	7,5	77,2	85,1	9,8	149,0	89,1	
Brejo dos Santos	9,8	64,6	99,1	7,3	179,2	95,5	
Campina Grande	2,9	305,8	81,6	8,6	127,7	85,9	
Itaporanga	8,1	73,5	92,2	5,1	179,5	53,9	
Remígio	13,9	39,1	71,1	11,6	112,7	85,4	

População	Pupa			Ovo-adulto			
	Tb	K	R ²	Tb	K	R ²	NG ¹
Boqueirão	13,7	24,4	86,8	9,5	244,5	86,4	21,9
Brejo dos Santos	13,5	24,9	94,5	8,5	273,9	98,6	23,8
Campina Grande	10,8	32,1	92,8	3,43	298,5	82,0	24,2
Itaporanga	12,5	25,9	93,4	7,1	280,9	72,0	21,1
Remígio	14,4	19,6	89,6	13,5	161,8	78,2	22,1

¹NG = Número de gerações anuais de *A. aegypti* em condições de campo.

como *O. aenescens* (Ribeiro *et al.* 2001), *A. albopictus* (Calado & Navarro-Silva 2002b) e *C. quinquefasciatus* (Ribeiro *et al.* 2004). Os resultados referentes às temperaturas bases e constantes térmicas para as fases de ovo e larva das populações de *A. aegypti* estudadas diferiram dos observados para *A. albopictus* por Calado & Navarro-Silva (2002b), que foram de 9,07°C e 214,4 GD e de 11,95°C e 110,11GD (fêmea) e de 12,03°C e 99,48 GD (macho), respectivamente, contudo para a fase de pupa esses autores constaram valores de 11,60°C e 35,30 GD para fêmea e 11,87°C e 32,40GD para macho, que foram muito próximos aos encontrados na presente pesquisa.

O limite térmico inferior de 2,9°C observado para a fase de ovo da população de Campina Grande foi muito abaixo dos observados para *A. aegypti* provenientes de Boqueirão, Brejo dos Santos, Itaporanga e Remígio. Esse resultado não era esperado, mesmo considerando-se que essas populações ocorrem em condições climáticas diferentes, e principalmente porque, para a região de Campina Grande a menor temperatura média mensal está em torno dos 20°C, com a mínima variando de 17,8°C no mês de agosto a 20,4°C no mês de março, segundo dados do Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba-UFCG. Para as populações estudadas, os tempos de desenvolvimentos embrionários, nas diferentes temperaturas, foram muito próximos e em geral não diferiram significativamente entre si (Tabela 1). Para as fases de larva e pupa os valores da temperatura base e da constante térmica não sofreram grandes variações entre elas (Tabela 5), levando a crer que a temperatura base para fase de ovo de Campina Grande deveria estar mais próxima daquelas encontradas para Boqueirão, Brejo dos Santos, Itaporanga e Remígio. A menor temperatura base da fase de ovo refletiu

no limiar térmico de desenvolvimento de ovo a adulto da população de *A. aegypti* de Campina Grande, que foi de 3,43°C, portanto considerado baixo se comparado àqueles calculados para as demais populações.

As constantes térmicas para o ciclo de ovo a adulto foram de 244,5, 273,9, 298,5, 280,9 e 161,8 graus-dias (GD), respectivamente para as populações de Boqueirão, Brejo dos Santos, Campina Grande, Itaporanga e Remígio. Tomando-se por base a temperatura de criação do inseto que é de 26°C, o número de gerações anuais em condições de laboratório foi de 23,26, 24,63, 27,59, 24,56 e 28,22 para as populações de Boqueirão, Brejo dos Santos, Campina Grande, Itaporanga e Remígio respectivamente. Em condições de campo, o número de gerações anuais variou de 21,1 a 24,2 (Tabela 5), ou aproximadamente duas gerações do inseto por mês, o que também foi verificado para *C. quinquefasciatus* por Ribeiro *et al.* (2004).

As variações no ciclo de vida em função das temperaturas entre as populações de *A. aegypti* de Boqueirão, Brejo dos Santos, Campina Grande, Itaporanga e Remígio, provavelmente estão associadas às adaptações às condições climáticas das suas respectivas regiões de origem. Porém, para todas elas a faixa favorável ao desenvolvimento do vetor encontra-se entre 22°C e 30°C, portanto, dentro da faixa de temperatura das suas regiões de ocorrência. As temperaturas bases para o desenvolvimento das diferentes fases do ciclo de vida do inseto foram inferiores às temperaturas mínimas de cada região, demonstrando, que para essas populações, com relação à temperatura, todas as regiões apresentam condições favoráveis ao desenvolvimento e multiplicação do vetor ao longo do ano, e que esforços devem ser concentrados na eliminação dos criadouros artificiais, principalmente nas

estações mais quentes e secas, quando a população procura acumular água em depósitos artificiais para enfrentar a estiagem.

A amplitude de temperatura favorável ao ciclo de vida das populações de *A. aegypti* em condições de laboratório encontra-se entre 22°C e 30°C, e que os extremos de temperatura de 18°C e 34°C apresentaram efeitos negativos sobre o desenvolvimento e a fecundidade do inseto, embora o limiar térmico de desenvolvimento de ovo a adulto, de 3,43°C e 13,5°C, esteja abaixo da temperatura mínima de 18°C. Baseado nos dados de constante térmica e nas normais climatológicas de cada região verificou-se que todos municípios apresentam condições favoráveis ao estabelecimento da população do vetor durante todo o ano, permitindo a ocorrência de mais de 20 gerações anuais de *A. aegypti*.

Agradecimentos

Agradecemos às Secretarias Municipais de Saúde de Boqueirão, Brejo dos Santos, Campina Grande, Itaporanga e Remígio, e ao senhor Eurivaldo dos Anjos, coordenador da vigilância epidemiológica do município de Campina Grande, pelas informações e apoio ao projeto. À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Paraíba, FAPESq, à Fundação Nacional de Saúde, FUNASA, e ao Ministério da Saúde, pelo apoio financeiro através do convênio FAPESq/FNS/MS, 1256/2001. Ao CNPq, pela concessão de bolsa de iniciação científica.

Referências

- Calado, D.C. & M.A. Navarro-Silva. 2002a. Influência da temperatura sobre a longevidade, fecundidade e atividade hematofágica de *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse, 1894 (Diptera, Culicidae) sob condições de laboratório. *Rev. Bras. Entomol.* 46: 93-98.
- Calado, D.C. & M.A. Navarro-Silva. 2002b. Exigências térmicas de *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse, 1894 (Diptera, Culicidae) em condições de laboratório. *Rev. Bras. Entomol.* 46: 547-551.
- Chadee, D.D. 1997. Effects of forced egg-retention on the oviposition patterns of female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Bull. Entomol. Res.* 87: 649-651.
- Costa, P.R.P., E.E.S. Vianna; P. Silveira Jr & P.B. Ribeiro. 1994. Influência da temperatura na longevidade e viabilidade do ciclo aquático do *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera: Culicidae) em condições de laboratório. *Rev. Bras. Parasit. Vet.* 3: 87-92.
- Forattini, O.P. 2002. *Culicidologia médica*. São Paulo, Edusp. 860p.
- Frankino, W.A. & S.A. Juliano. 1999. Costs of reproduction and geographic variation in the reproductive tactics of the mosquito *Aedes triseriatus*. *Oecologia* 120: 59-68.
- Gadelha, D.T.A. 1985. Biologia e comportamento do *Aedes aegypti*. *Rev. Bras. Mal. Trop.* 37: 29-36.
- Haddad, M.L. & J.R.P. Parra. 1984. Métodos para estimar os limites térmicos e a faixa ótima de desenvolvimento das diferentes fases do ciclo evolutivo dos insetos. Piracicaba, FEALQ, 12p.
- Judson, C.L. 1968. Physiology of feeding and oviposition behavior in *Aedes aegypti* (L.) experimental dissociation of feeding and oogenesis. *J. Med. Entomol.* 5: 21-23.
- Lima, P.J. & W.D. Heckendorff. 1985. Climatologia. In Atlas geográfico do estado da Paraíba. João Pessoa, Secretária de Educação do Estado. Universidade Federal da Paraíba UFPB, 100p.
- Lozovei, A.L. 2001. Culicídeos (mosquitos), p.59-104. In C.B. Marcondes (org.), *Entomologia médica e veterinária*. 1ª ed. São Paulo, Atheneu, 432p.
- Ribeiro, P.B., C.J.B. Carvalho, M. Regis & P.R.P. Costa. 2001. Exigências térmicas e estimativas do número de gerações de *Ophyra aenescens* Wiedemann, 1830 (Diptera: Muscidae, Azeliinae), em Pelotas, RS. *Arq. Inst. Biol.* 68: 75-82.
- Ribeiro, P.B., P.R.P. Costa, A.E. Loeck, E.E.S. Vianna & P. Silveira Jr. 2004. Exigências térmicas de *Culex quinquefasciatus* (Diptera, Culicidae) em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia. Ser. Zool.* 94: 177-180.
- Silva, H.H.G. & I.G. Silva. 1999. Influência do período de quiescência dos ovos sobre o ciclo de vida de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera, Culicidae) em condições de laboratório. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 32: 349-355.
- Silveira Neto, S., O. Nakano, D. Barbin & N. Villa Nova. 1976. *Manual de ecologia dos insetos*. São Paulo, Agronômica Ceres, 419p.

Received 04/III/06. Accepted 07/VI/06.