

Morgana Michele Cavalcanti de Souza Leal Diniz^{1,II}

Alleksandra Dias da Silva Henriques¹

Renata da Silva Leandro¹

Dalvanice Leal Aguiar¹

Eduardo Barbosa Beserra¹

Resistência de *Aedes aegypti* ao temefós e desvantagens adaptativas

Resistance of *Aedes aegypti* to temephos and adaptive disadvantages

RESUMO

OBJETIVO: Avaliar a resistência de *Aedes aegypti* ao temefós Fersol 1G (temefós 1% p/p) quanto à desvantagem adaptativa ao inseto, na ausência de pressão de seleção.

MÉTODOS: Foi aplicada a dose diagnóstica de 0,28 mg i.a/L e concentrações entre 0,28 mg i.a/L e 1,4 mg i.a/L. Foram avaliadas amostras do vetor coletadas no município de Campina Grande entre 2007 e 2008, no estado da Paraíba. Para avaliar a competição na ausência de pressão de seleção, foram constituídos grupos de insetos com frequências iniciais de 20,0%, 40,0%, 60,0% e 80,0% de insetos resistentes, submetendo-os a dose diagnóstica por dois meses. Os ciclos de vida das populações suscetível e resistentes foram comparados avaliando-se as fases de desenvolvimento aquática e adulta, construindo-se tabelas de vida de fertilidade.

RESULTADOS: Não foram verificadas mortalidades nas populações de *Ae. aegypti* quando submetidas à dose diagnóstica de 0,28 mg i.a/L. A diminuição da mortalidade nas populações com 20,0%, 40,0%, 60,0% e 80,0% de indivíduos resistentes indica que a resistência ao temefós é instável na ausência de pressão de seleção. A comparação do ciclo de vida mostrou diferenças na duração da fase e viabilidade larval, mas não quanto ao desenvolvimento embrionário, razão sexual, longevidade dos adultos e número de ovos/fêmea.

CONCLUSÕES: Pelos parâmetros da tabela de vida de fertilidade constatou-se que algumas populações apresentaram desvantagens reprodutivas em relação à população suscetível na ausência de pressão de seleção, havendo custo adaptativo resultante da resistência ao temefós.

DESCRIPTORIOS: *Aedes*, crescimento & desenvolvimento. Temefós, toxicidade. Resistência a Inseticidas. Controle de Insetos. Dengue, prevenção & controle.

¹ Departamento de Biologia. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, PB, Brasil

^{II} Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública. Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil

Correspondência | Correspondence:

Morgana M. C. de S. L. Diniz
Rua Dr. Laerte Setubal, 610 apto. 704 Morumbi
05665-010 São Paulo, SP, Brasil
E-mail: morganac.diniz@gmail.com

Recebido: 21/11/20012

Aprovado: 25/5/2014

Artigo disponível em português e inglês em:
www.scielo.br/rsp

ABSTRACT

OBJECTIVE: To evaluate the resistance of *Aedes aegypti* to temephos Fersol 1G (temephos 1% w/w) associated with the adaptive disadvantage of insect populations in the absence of selection pressure.

METHODS: A diagnostic dose of 0.28 mg a.i./L and doses between 0.28 mg a.i./L and 1.40 mg a.i./L were used. Vector populations collected between 2007 and 2008 in the city of Campina Grande, state of Paraíba, were evaluated. To evaluate competition in the absence of selection pressure, insect populations with initial frequencies of 20.0%, 40.0%, 60.0%, and 80.0% resistant individuals were produced and subjected to the diagnostic dose for two months. Evaluation of the development of aquatic and adult stages allowed comparison of the life cycles in susceptible and resistant populations and construction of fertility life tables.

RESULTS: No mortality was observed in *Ae. aegypti* populations subjected to the diagnostic dose of 0.28 mg a.i./L. The decreased mortality observed in populations containing 20.0%, 40.0%, 60.0%, and 80.0% resistant insects indicates that temephos resistance is unstable in the absence of selection pressure. A comparison of the life cycles indicated differences in the duration and viability of the larval phase, but no differences were observed in embryo development, sex ratio, adult longevity, and number of eggs per female.

CONCLUSIONS: The fertility life table results indicated that some populations had reproductive disadvantages compared with the susceptible population in the absence of selection pressure, indicating the presence of a fitness cost in populations resistant to temephos.

DESCRIPTORS: *Aedes*, growth & development. Temefos, toxicity. Insecticide Resistance. Insect Control. Dengue, prevention & control.

INTRODUÇÃO

A prevenção de epidemias de dengue depende fundamentalmente da redução populacional do vetor no domicílio e peridomicílio.⁸ No entanto, o alto grau de adaptação do *Aedes aegypti* ao ambiente urbano dificulta o controle da sua densidade populacional, aumentando os casos de dengue em todo o Brasil.¹²

No País, os programas de controle do *Ae. aegypti* utilizam principalmente inseticidas químicos, onde se destacam os organofosforados e piretroides que requerem monitoramento constante.¹⁴ O controle do *Ae. aegypti* encontra inúmeras dificuldades e o ponto de maior relevância é a resistência que o mosquito vem apresentando aos inseticidas empregados em seu controle (Tauil,²¹ 2002).

A resistência de *Ae. aegypti* a inseticidas foi observada por inúmeros pesquisadores no Brasil.^{2,5,10,13,14,17} No estado do Ceará foram detectadas populações resistentes nos municípios de Juazeiro do Norte, Crato, Barbalha e bairros da capital, Fortaleza (Lima et al,¹³ 2006). Na Paraíba, a resistência foi diagnosticada para amostras de

populações coletadas nos municípios de Boqueirão, Brejo dos Santos, Campina Grande, Itaporanga e Remígio,² além de Alagoa Nova, Alagoa Grande, Serra Redonda e Lagoa Seca.¹⁰

A detecção da resistência e o conhecimento dos mecanismos envolvidos elucidam aspectos básicos da resistência aos inseticidas e permitem seu manejo.^{4,19} Em populações em que há um custo adaptativo decorrente da resistência aos inseticidas, a instabilidade pode ser explorada em programas de manejo (Konno & Omoto,¹¹ 2006), visto que algumas de suas principais características é a desvantagem adaptativa e a perda no potencial biótico dos insetos resistentes. Estes são menos aptos que os suscetíveis quando não há pressão de seleção. Esse menor valor adaptativo dos indivíduos resistentes pode estar associado à menor viabilidade total, menor fecundidade, maior tempo para o desenvolvimento, menor competitividade para o acasalamento e maior suscetibilidade aos inimigos naturais.¹⁸

Considerando que avaliações das habilidades competitivas e a existência de custo adaptativo em populações resistentes de *Ae. aegypti* contribuem para nortear as ações em programas de manejo da resistência, teve-se como objetivo avaliar a resistência de *Ae. aegypti* ao temefós Fersol 1G (temefós 1% p/p) quanto à desvantagem adaptativa ao inseto na ausência de pressão de seleção.

MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida de agosto de 2007 a julho de 2008. Os bioensaios de laboratório e a criação das amostras de *Ae. aegypti* foram conduzidos no Laboratório de Entomologia do Núcleo de Bioecologia e Sistemática de Insetos da Universidade Estadual da Paraíba, em salas climatizadas à temperatura de 27°C (EP 2,0) e fotofase de 12 horas, utilizando-se a geração recém-eclodida de ovos (F_1) coletadas nos bairros de Catolé, Monte Santo, Nova Brasília, Liberdade e Estação Velha, do município de Campina Grande, PB. Nesses bairros foram instaladas armadilhas para coleta de ovos (ovitrap), distribuídas em 100 residências ao acaso, recolhidas quatro dias após a instalação. O material coletado foi levado ao laboratório para identificação e estabelecimento das criações, segundo metodologia descrita em Beserra et al² (2007) e Beserra & Castro Jr³ (2008).

A resistência foi avaliada utilizando-se o temefós Fersol 1G (temefós 1% p/p). Esse produto foi primeiramente diluído em água para uma solução estoque de 100 mg de i.a./L e em seguida diluído para as concentrações de trabalho. A determinação da dose diagnóstica foi realizada por meio de testes de concentrações múltiplas, considerando-se como dose diagnóstica o dobro da CL_{90} da população suscetível (S). A avaliação da resistência das populações de campo de *Ae. aegypti* ao larvicida temefós foi realizada a partir da dose diagnóstica determinada nos testes com a população suscetível (S) e de concentrações múltiplas, variando de 0,28 mg i.a./L a 1,4 mg i.a./L.

Para cada teste, larvas de terceiro estágio tardio (L_3) e/ou quarto estágio jovem (L_4) do vetor foram distribuídas em copos de polietileno (500 ml) contendo 250 ml de cada solução diluída em água destilada e 25 larvas, procedimento repetido quatro vezes. Após 24h de exposição das larvas ao produto foi avaliada a porcentagem de mortalidade, considerando-se suscetível para mortalidade $\geq 98,0\%$, necessidade de verificação da resistência entre 80,0% e 98,0%, e resistente para mortalidade $\leq 80,0\%$. Cada bioensaio foi repetido três vezes em semanas consecutivas.

A partir da população suscetível de laboratório (Rockfeller) e de amostras da população do Catolé resistente ao temefós, definida no bioensaio anterior, foram constituídas populações com 20,0%, 40,0%, 60,0% e 80,0% de insetos resistentes. Para cada população a ser estabelecida foram

colocadas em bandejas plásticas 100 larvas de *Ae. aegypti*, nas diferentes proporções de indivíduos resistentes e suscetíveis, onde foram mantidas até o estágio de pupa. Os adultos foram acondicionados em gaiola telada (20 cm³) para acasalamento, resultando em ovos para realização dos bioensaios de suscetibilidade.

A suscetibilidade ao temefós Fersol 1G foi monitorada por dois meses, a partir da dose diagnóstica determinada nos testes com a população suscetível e de concentrações múltiplas variando de 0,14 mg i.a./L a 1,96 mg i.a./L. Dados de mortalidade de cada população foram submetidos à análise de Probit por meio do programa POLO-PC, para cálculo das CL_{50} e CL_{90} .

Os ciclos biológicos das populações suscetível e resistentes foram comparados a partir de 100 larvas recém-eclodidas, agrupadas em número de cinco por copo de polietileno de 250 ml, preenchido com água destilada. Diariamente, foram aferidas: temperatura e pH da água dos copos de desenvolvimento larval e pupal, por meio de termômetro químico com aferição até 60°C e de pHmetro digital, e a umidade do ambiente, por meio de termo-higrômetro digital modelo HT-210. As pupas foram separadas segundo sexo e os adultos mantidos em gaiolas de madeira telada de 20 cm³, em um total de cinco gaiolas por população, contendo dez casais. A forma de alimentação das larvas e adultos seguiu a metodologia de criação de *Ae. aegypti*. A avaliação do período embrionário foi realizada a partir das 10 primeiras posturas, distribuídas em placas de Petri (9,0 cm de diâmetro \times 1,5 cm de profundidade), contendo água destilada suficiente para encobrir os ovos. As avaliações foram diárias, registrando-se o período de desenvolvimento e a mortalidade das fases de ovo, larva e pupa, a razão sexual, longevidade e a fecundidade da fase adulta. As variáveis biológicas avaliadas foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado.

Com as variáveis biológicas avaliadas foram elaboradas tabelas de vida de fertilidade (Silveira-Neto et al,²⁰ 1976), determinando os valores do intervalo de idade (x), fertilidade específica (m_x) e probabilidade de sobrevivência (l_x). A seguir foram calculadas a taxa líquida de reprodução (R_0), o tempo em cada geração (T), a taxa intrínseca de crescimento natural (r_m), a razão finita de aumento (λ) e o tempo necessário para a população duplicar em número de indivíduos (TD), onde: $R_0 = \sum (l_x \cdot m_x)$; $T = \sum (l_x \cdot m_x \cdot x) / \sum (l_x \cdot m_x)$; $r_m = \ln(R_0) / T$; $\lambda = e^{r_m}$; $TD = \ln(2) / r_m$

RESULTADOS

Nos testes realizados com a população suscetível de laboratório para a determinação da dose diagnóstica a ser aplicada nas populações de campo obteve-se a CL_{90}

de 0,14 mg i.a./L. Com base nesse resultado chegou-se à dose diagnóstica de 0,28 mg i.a./L, que é o dobro da CL_{90} da Rockfeller.

Todas as amostras populacionais coletadas nos bairros de Catolé, Monte Santo, Nova Brasília, Liberdade e Estação Velha não apresentaram mortalidade quando foram submetidas a concentrações múltiplas de 0,28 mg i.a./L a 1,4 mg i.a./L. A ausência de mortalidade encontrada nessas populações refletiu na análise dos dados, impossibilitando estimar as CL_{50} e CL_{90} e consequentemente suas razões de resistência (RR). Como todas se mostraram resistentes, a população do Catolé foi escolhida aleatoriamente para dar continuidade aos trabalhos sobre competição na ausência de pressão de seleção entre populações de *Ae. aegypti* suscetível e resistentes ao temefós.

As populações de *Ae. aegypti* com frequências distintas de indivíduos resistentes, na ausência de pressão de seleção, apresentaram diferentes mortalidades quando submetidas à dose diagnóstica de 0,28 mg i.a./L. Mortalidades elevadas foram constatadas para as populações com 20,0% e 40,0% de indivíduos resistentes, com diminuição das mortalidades de junho (91,0% e 59,0%) para julho (78,0% e 31,0%). As populações com 60,0% e 80,0% de resistentes apresentaram os índices mais baixos de mortalidade em junho (12,0% e 42,0%) e julho (6,0% e 0%).

As CL_{50} e CL_{90} seguiram o aumento de indivíduos resistentes na população, passando, respectivamente, de 0,073 mg i.a./L e 0,225 mg i.a./L no grupo com 20,0% de insetos resistentes para 1,627 mg i.a./L e 2,227 mg i.a./L no grupo com 80,0% (Tabela 1).

As temperaturas médias das águas em que ocorreram os desenvolvimentos larvais de *Ae. aegypti* foram de 26,4°C para as populações suscetíveis, Rockfeller e do Catolé, 26,5°C para as de Monte Santo, Nova Brasília e Estação Velha, e 26,7°C para a do bairro da Liberdade (Tabela 2), sendo a temperatura ambiente em média de 27°C (EP 2°C). O pH variou de 5,8 a 6,1.

Não ocorreram diferenças significativas com relação ao período de desenvolvimento embrionário entre as populações avaliadas. As médias variaram entre 2,1 e

2,9 dias (Tabela 3). Foram observadas diferenças significativas para a viabilidade dos ovos: menor viabilidade (33,5%) ocorreu para a população suscetível e maior viabilidade para a população de Monte Santo (91,3%) (Tabela 3). Observaram-se diferenças significativas quanto à duração e à viabilidade do período de desenvolvimento larval, mas não para a razão sexual (Tabela 3). O maior período de desenvolvimento (9,0 dias) e a menor viabilidade larval (36,0%) foram constatados para a população coletada na Estação Velha. As demais populações resistentes não apresentaram diferenças estatísticas quanto a essas variáveis (Tabela 3). A longevidade dos adultos e o número de ovos/fêmea não diferiram entre as populações, variando para os machos entre 26,5 e 37,7 dias e para as fêmeas 23,8 e 37,9 dias (Tabela 4).

A taxa líquida de reprodução (R_0), a duração média de uma geração (T), a capacidade inata de aumentar em número (r_m), a razão finita de aumento (λ) e o tempo necessário para a população duplicar para a população suscetível foi de, respectivamente, 130,78, 4,11, 1,12, 3,06 e 0,61. A população de *Ae. aegypti* da Estação Velha apresentou maior R_0 (152,58) e r_m (1,14), da Liberdade apresentou maior λ (3,18), enquanto os maiores T (5,12) e TD (0,83) foram para *Ae. aegypti* de Monte Santo (Tabela 5).

DISCUSSÃO

A ocorrência de resistência de *Ae. aegypti* ao temefós em todas as amostras avaliadas confirma o que vem sendo observado em outros municípios brasileiros^{5,13,14,17} e da Paraíba,^{2,10} onde a resistência ao produto evoluiu de forma rápida na maioria das amostras populacionais. Como exemplo, de sete amostras de *Ae. aegypti* de Brasília, DF, avaliadas por Carvalho et al⁷ (2004), três delas mostraram resistência com mortalidade entre 54,1% e 63,4% no primeiro ano e, no segundo, todas as amostras estavam resistentes, com mortalidade entre 44,4% e 66,4%. Em Foz do Iguaçu, PR, foram observados baixos níveis de resistência ao temefós tanto para *Ae. aegypti* como para *Ae. albopictus*.¹⁰

Tabela 1. Resposta de concentração-mortalidade das populações de *Aedes aegypti* com diferentes proporções de indivíduos suscetíveis e resistentes ao temefós Fersol 1 G (temefós 1% p/p). Campina Grande, PB, 2007-2008.

Proporção (%) de indivíduos resistentes na população	CL_{50} (mg i.a./L)	IC95%	CL_{90} (mg i.a./L)	IC95%	b	EP	X ²	g.l.
20,0	0,073	0,041;0,100	0,225	0,194;0,259	2,639	0,44	21,27	22
40,0	0,275	0,255;0,295	0,636	0,556;0,767	3,519	0,32	16,40	22
60,0	0,579	0,518;0,632	1,303	1,165;1,516	3,637	0,35	13,07	18
80,0	1,627	1,585;1,671	2,227	2,103;2,420	9,407	0,95	8,06	22

CL_{50} : concentração letal para 50% dos expostos; CL_{90} : concentração letal para 90% dos expostos; b: coeficiente angular da reta; EP: erro padrão; X²: teste do Qui-quadrado; g.l.: graus de liberdade

Tabela 2. Temperatura e pH da água no desenvolvimento larval das populações de *Aedes aegypti*. Campina Grande, PB, 2007-2008.

População	Temperatura (°C)	pH
Rockfeller	26,4	6,0
Catolé	26,4	6,1
Estação Velha	26,5	5,8
Liberdade	26,7	5,8
Monte Santo	26,5	6,0
Nova Brasília	26,5	5,9

Neste trabalho não foi possível determinar as RR para as amostras avaliadas; porém, com base na ausência de mortalidade dos indivíduos expostos a múltiplas concentrações, pode-se inferir que os níveis de resistência estão elevados, o que também foi observado para amostras de *Ae. aegypti* de outros municípios da Paraíba.^{2,10} Beserra et al² (2007) detectaram níveis de resistência ao temefós variando de baixo a alto, em amostras populacionais dos municípios de Campina Grande, Brejo dos Santos, Boqueirão, Itaporanga e Remígio. Gambarra et al¹⁰ (2013) mostraram que amostras de *Ae. aegypti* de Alagoa Nova, Alagoa Grande, Lagoa Seca e Serra Redonda apresentaram altos níveis de resistência, corroborando a afirmação de que a resistência ao temefós encontra-se distribuída em várias regiões do estado.

Os altos níveis de resistência das populações de *Ae. aegypti* da Paraíba podem estar associados ao uso do temefós em cada localidade com diferentes intensidades ou frequências de aplicações, submetendo-as a diferentes pressões de seleções e aos mecanismos de resistência envolvidos, com consequente aumento na resistência.¹⁰

É de fundamental importância buscar elucidar aspectos básicos da resistência dos insetos aos inseticidas,

já que essas informações podem nortear o processo de manejo da resistência em espécies alvo.¹⁹ Nos testes de competição, na ausência de pressão de seleção, verificou-se que a mortalidade diminuiu com o aumento da proporção de indivíduos resistentes, o que também foi constatado para *Sitophilus zeamais* quando exposto ao inseticida deltametrina.¹⁶

Geralmente a redução na porcentagem de sobrevivência para as populações com diferentes proporções de indivíduos resistentes indica que a resistência ao inseticida é instável na ausência de pressão de seleção.¹¹ Contudo, embora tenha-se observado uma alta mortalidade (91,0%) para a população com 20,0% de indivíduos resistentes, essa tendeu a cair no mês subsequente, o que também foi constatado para aquelas com 40,0%, 60,0% e 80,0% de indivíduos resistentes. Assim, pode-se inferir que, para essa população de *Ae. aegypti*, coletada no bairro do Catolé, a resistência permanece estável na ausência de pressão de seleção. Este é um aspecto importante do ponto de vista do manejo da resistência, pois, como ela permanece estável, dificulta a sua reversão e consequentemente o restabelecimento da suscetibilidade ao longo do tempo.

Tais resultados diferem dos observados em populações de *Chrysoperla externa* resistentes a karate¹⁵ e de *Aphis gossypii* resistentes ao carbosulfam,¹¹ que apresentaram reduções significativas na porcentagem de sobrevivência na ausência de pressão de seleção,¹¹ indicando a tendência de reversibilidade da resistência àqueles produtos.

Pelos resultados da análise de Probit, verificou-se que a resposta ao produto diferiu entre as populações com diferentes proporções de indivíduos resistentes, ou seja, a intensidade e a qualidade das respostas dos indivíduos de cada população diferiram quanto à resistência ao produto. Isso é evidenciado pelos testes de similaridade e de paralelismo das linhas de regressão que

Tabela 3. Duração e viabilidade do período de desenvolvimento embrionário e larval, e razão sexual de *Aedes aegypti*. Campina Grande, PB, 2007-2008.

Variável	Ovo		Larva		Razão sexual ^a
	Duração (dias) ^a	Viabilidade (%) ^{b,c}	Duração larval ^c	Viabilidade (%) ^{a,b}	
Rockfeller (suscetível)	2,1 (0,5) ^{ns}	33,5 (12,9) ^b	7,2 (0,2) ^b	72 (9,6) ^a	0,66 (0,10) ^{ns}
Catolé	2,8 (0,4) ^{ns}	71,7 (7,1) ^{a,b}	8,4 (0,1) ^{a,b}	84 (5,1) ^a	0,40 (0,0) ^{ns}
Estação Velha	2,9 (0,3) ^{ns}	75,7 (10,4) ^{a,b}	9,0 (0,3) ^a	36 (11,9) ^b	0,66 (0,06) ^{ns}
Liberdade	2,4 (0,3) ^{ns}	64,7 (9,4) ^{a,b}	7,3 (0,2) ^b	82 (6,6) ^a	0,60 (0,0) ^{ns}
Monte Santo	2,9 (0,1) ^{ns}	91,3 (5,6) ^a	8,2 (0,3) ^{a,b}	86 (5,1) ^a	0,60 (0,02) ^{ns}
Nova Brasília	2,7 (0,3) ^{ns}	40,1 (10,2) ^b	7,3 (0,3) ^b	72 (7,3) ^a	0,44 (0,07) ^{ns}
C.V. (%)	20,9	31,8	8,6	18,7	39,2

Nota: Temperatura ambiente de 26°C (EP 2,0), Fotofase 12 horas.

C.V.: coeficiente de variação

^a Médias originais e erro padrão. Para efeito da análise estatística os dados foram transformados em \sqrt{X} .

^b Médias originais e erro padrão. Para efeito da análise estatística os dados foram transformados em $\text{Log}(x + 1,0)$.

^c Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

^{ns} Não significativo pelo teste F ($p < 0,05$).

Tabela 4. Longevidade dos adultos (dias) e número de ovos por fêmea das populações de *Aedes aegypti*. Campina Grande, PB, 2007-2008.

População de <i>Aedes aegypti</i>	Longevidade ^a		Fecundidade ^b
	Fêmea	Macho	
Rockfeller (suscetível)	34,3 (7,9) ^{ns}	31,8 (8,1) ^{ns}	233,6 (99,9) ^{ns}
Catolé	23,8 (2,4) ^{ns}	26,5 (2,4) ^{ns}	113,9 (30,8) ^{ns}
Estação Velha	37,1 (10,4) ^{ns}	29,5 (4,3) ^{ns}	251,1 (40,4) ^{ns}
Liberdade	37,9 (3,8) ^{ns}	37,7 (1,6) ^{ns}	166,9 (10,2) ^{ns}
Monte Santo	30,8 (2,0) ^{ns}	35,2 (3,3) ^{ns}	243,8 (36,6) ^{ns}
Nova Brasília	24,7 (2,5) ^{ns}	29,3 (2,1) ^{ns}	88,5 (24,7) ^{ns}
C.V. (%)	23,5	15,8	17,8

Nota: Temperatura ambiente de 26°C (EP 2,0), Fotofase 12 horas.

C.V.: Coeficiente de variação

^{a,b} Médias originais e erro padrão. Para efeito da análise estatística os dados foram transformados em $\sqrt{X + 0,5}$ e

Log (x + 1,0), respectivamente.

^{ns} Não significativo pelo teste F (p < 0,05).

rejeitaram a hipótese de que as diferenças entre os coeficientes angulares e interceptos são os mesmos para essas populações. Tal fato é corroborado quando se comparam os intervalos de confiança das CL₅₀ e CL₉₀ que não se sobrepõem (Tabela 1).

No emprego do manejo da resistência existem alguns fatores que podem proporcionar o restabelecimento da suscetibilidade em populações resistentes; o custo adaptativo é um deles, já que a evolução da resistência geralmente está associada à perda de potencial biótico da população.^{16,18} O período de desenvolvimento embrionário (Tabela 3) pode ser considerado curto (variação entre 2,1 e 2,9 dias em média) se comparado com a média de desenvolvimento observada para *Ae. aegypti* da Paraíba,^{1,3} por outros autores,^{1,3} que em média obtiveram para *Ae. aegypti* um período de desenvolvimento embrionário de 3,8 a 6,1 dias.

O maior período de desenvolvimento e a menor viabilidade larval encontrados para a população da Estação Velha confirmam que para essa população houve um custo adaptativo maior devido ao desenvolvimento da resistência, quando comparada à linhagem suscetível e às demais populações resistentes. Neste caso, pelo menos para esta população, pode-se inferir que o custo adaptativo devido à

resistência pode estar associado aos parâmetros de desenvolvimento larval, conferindo desvantagem adaptativa a essa população do vetor. Porém, independentemente se a população é suscetível ou resistente, os presentes resultados discordam de autores anteriores. Para Beserra et al¹ (2006), para uma população de *Ae. aegypti* de Campina Grande, a duração média e a viabilidade larval foram de 6,6 dias e 92,5%, respectivamente; no estudo de Beserra & Castro Jr² (2007), para *Ae. aegypti* dos municípios de Boqueirão, Brejo dos Santos, Itaporanga e Remígio, a duração média variou de 6,3 a 8,3 dias e a viabilidade foi superior a 92,0% de sobrevivência.

Mesmo tendo-se verificado desvantagem quanto aos parâmetros de desenvolvimento da população da Estação Velha, em relação à linhagem suscetível, as demais populações resistentes não apresentaram diferenças estatísticas quanto a essas variáveis, corroborando com os estudos realizados em populações de *Aphis gossypii* resistentes ao carbosulfam.¹¹ Essas populações não mostraram diferenças significativas na duração e viabilidade do período ninfal com relação à população suscetível.¹¹ Diferenças também não foram observadas quanto à duração dos estágios de desenvolvimento entre as populações resistentes e suscetíveis de *Brevipalpus phoenicis*.⁹

Tabela 5. Tabela de vida de fertilidade de populações de *Aedes aegypti*. Campina Grande, PB, 2007-2008.

População de <i>Aedes aegypti</i>	R ₀	T (semanas)	r _m	λ	TD (semanas)
Rockfeller (suscetível)	130,78	4,11	1,12	3,06	0,61
Catolé	44,22	4,50	0,84	2,31	0,82
Estação Velha	152,58	4,39	1,14	3,09	0,60
Liberdade	101,43	3,97	1,16	3,18	0,59
Monte Santo	71,69	5,12	0,83	2,29	0,83
Nova Brasília	35,53	4,10	0,87	2,34	0,79

Nota: Temperatura ambiente de 26°C (EP 2,0), Fotofase 12 horas.

R₀: taxa líquida de reprodução; T: duração média de cada geração; r_m: capacidade inata de aumentar em número; λ: razão finita de aumento; TD: tempo necessário para a população duplicar em número de indivíduos

A longevidade dos adultos e o número de ovos/fêmea não diferiram entre as populações. Porém, em todos os casos a longevidade de machos (26,5 a 37,7 dias) e de fêmeas (23,8 a 37,9 dias) (Tabela 4) foi inferior às observadas por Beserra & Castro Jr³ (2008): variação em média de 42,1 a 46,1 dias para as fêmeas e de 42,8 a 44,5 dias para os machos de *Ae. aegypti* de Brejo dos Santos, Boqueirão, Itaporanga e Remígio. Quanto ao número de ovos/fêmea, embora não se tenham detectado diferenças significativas entre as populações resistente e suscetível, constataram-se baixos valores médios para as populações do Catolé (113,9 ovos/fêmea) e de Nova Brasília (88,5 ovos/fêmea) se comparados à média obtida para a população suscetível de laboratório (233,6 ovos/fêmea). Isso pode indicar que a resistência dessas populações pode conferir desvantagens reprodutivas em relação à suscetível, na ausência de pressão de seleção. Isso discorda dos resultados observados em populações resistentes e suscetíveis de *Brevipalpus phoenicis* que não apresentaram diferenças significativas quando foram avaliadas a fecundidade e a longevidade das fêmeas.^{6,9}

De acordo com a Tabela 2, as temperaturas e pH das águas de desenvolvimento do vetor apresentaram poucas variações e, portanto, não foram determinantes para as diferenças biológicas observadas entre as amostras avaliadas. Segundo Beserra & Castro Jr³ (2008), nessas condições, as diferenças biológicas observadas devem-se às características inatas de cada população.

Pelos parâmetros da tabela de vida de fertilidade verificou-se que *Ae. Aegypti*, coletados nos bairros de Catolé, Monte Santo e Nova Brasília, apresentaram desvantagens reprodutivas em relação à população suscetível,

na ausência de pressão de seleção, o que não foi verificado para a população da Estação Velha (Tabela 5). A taxa líquida de reprodução (R_0) de *Ae. aegypti* foi de 130,78 para a população suscetível, enquanto para as populações resistentes do Catolé, Monte Santo e Nova Brasília foi de 44,22, 71,69 e 35,53, i.e., de cada fêmea serão geradas 130,78, 44,22, 71,69 e 35,53 novas fêmeas, o que mostra o maior potencial reprodutivo da população suscetível em relação às resistentes. Embora se tenha verificado maior R_0 para a população suscetível em relação àquela da Liberdade ($R_0 = 101,43$), essa diferença pode ser compensada no tempo de geração (T), na estimativa da capacidade inata de aumentar em número (r_m), na razão finita de aumento (λ) e no tempo necessário para a população duplicar em número (TD), que foram de 3,97, 1,16, 3,18 e 0,59, respectivamente, superiores, portanto, aos observados para a população suscetível de laboratório (Tabela 5).

A capacidade inata de aumentar em quantidade, que corresponde à faixa ótima de desenvolvimento do inseto, o número de vezes que a população se multiplica por unidade de tempo e o tempo necessário para a população duplicar em número indicam que o potencial de aumento das populações resistentes é inferior ao da população suscetível. Portanto, há um custo adaptativo resultante da resistência ao temefós, que é deletério para o potencial biótico dessas populações.

AGRADECIMENTOS

Ao 3º Núcleo Regional de Saúde da Secretaria Estadual de Saúde da Paraíba, pelo apoio e fornecimento dos produtos para o teste de resistência.

REFERÊNCIAS

- Beserra EB, Castro Jr FP, Santos JW, Santos TS, Fernandes CRM. Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. *Neotrop Entomol.* 2006;35(6):853-60. DOI:10.1590/S1519-566X2006000600021
- Beserra EB, Fernandes CRM, Queiroga MFC, Castro Jr FP. Resistência de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) ao organofosforado temefós na Paraíba. *Neotrop Entomol.* 2007;36(2):303-7. DOI:10.1590/S1519-566X2007000200019
- Beserra EB, Castro Jr FP. Biologia Comparada de Populações de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) da Paraíba. *Neotrop Entomol.* 2008;37(1):81-5. DOI:10.1590/S1519-566X2008000100012
- Braga IA, Valle D. *Aedes aegypti*: histórico de controle no Brasil. *Epidemiol Serv Saude.* 2007;16(2):113-8.
- Campos J, Andrade CFS. Susceptibilidade larval de duas populações de *Aedes aegypti* a inseticidas químicos. *Rev Saude Publica.* 2001;35(3):232-6. DOI:10.1590/S0034-89102001000300003
- Campos FJ, Omoto C. Estabilidade da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) a hexythiazox em pomares de citros. *Neotrop Entomol.* 2006;35(6):840-8. DOI: 10.1590/S1519-566X2006000600019
- Carvalho MSL, Caldas ED, Degallier N, Vilarinhos PTR, Souza LCKR, Yoshizawa MAC, et al. Suscetibilidade de larvas de *Aedes aegypti* ao inseticida temefós no Distrito Federal. *Rev Saude Publica.* 2004;38(5):623-9. DOI:10.1590/S0034-89102004000500002
- Corrêa PRL, França E, Bogutchi TF. Infestação pelo *Aedes aegypti* e ocorrência da dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais. *Rev Saude Publica.* 2005;39(1):33-40. DOI:10.1590/S0034-89102005000100005

9. Franco CR, Casarin NFB, Domingues FA, Omoto C. Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas inibidores da respiração celular em citros: resistência cruzada e custo adaptativo. *Neotrop Entomol.* 2007;36(4):565-76. DOI:10.1590/S1519-566X2007000400015
10. Gambarra WPT, Martins WFS, Lucena Filho MLL, Albuquerque IMC, Apolinário OKS, Beserra EB. Spatial distribution and sterase activity in populations of *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae) resistant to temephos. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2013;46(2):178-84. DOI:10.1590/0037-8682-1727-2013
11. Konno RH, Omoto C. Custo adaptativo associado à resistência de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) ao inseticida carbosulfam. *Neotrop Entomol.* 2006;35(2):246-50. DOI:10.1590/S1519-566X2006000200014
12. Kubota RL, Brito M, Voltolini JC. Método de varredura para exame de criadouros de vetores de dengue e febre amarela urbana. *Rev Saude Publica.* 2003;37(2):263-5. DOI:10.1590/S0034-89102003000200017
13. Lima EP, Oliveira Filho AM, Lima JWO, Ramos Jr AN, Cavalcanti LPG, Pontes RJS. Resistência do *Aedes aegypti* ao temefós em Municípios do Estado do Ceará. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2006;39(3):259-63. DOI:10.1590/S0037-86822006000300006
14. Luna JED, Martins MF, Anjos AF, Kuwabara EF, Navarro-Silva MA. Susceptibility of *Aedes aegypti* to temephos and cypermethrin insecticides, Brazil. *Rev Saude Publica.* 2004;38(6):833-4. DOI:10.1590/S0034-89102004000600013
15. Oliveira JEM, Bartoli AS, Ferreira RJ, Mirandea JE. Suscetibilidade de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) a Karate® (Lambda-cialotrina) em condições de laboratório. *Bol Sanid Veg.* 2002;28(4):577-84.
16. Oliveira EE, Guedes RNC, Corrêa AS, Damasceno BL, Santos CT. Resistência vs susceptibilidade a piretróides em *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae): há vencedor? *Neotrop Entomol.* 2005;34(6):981-90. DOI:10.1590/S1519-566X2005000600015
17. Prophiro JS, Silva OS, Luna JED, Piccoli CF, Kanis LA, Silva MAN. *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): coexistence and susceptibility to temephos, in municipalities with occurrence of dengue and differentiated characteristics of urbanization. *Rev Bras Med Tropical.* 2011;44(3):300-5. DOI:10.1590/S0037-86822011005000025
18. Roush RT, Mackenzie JA. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. *Ann Rev Entomol.* 1987;32:361-80. DOI:10.1146/annurev.en.32.010187.002045
19. Scott JA. The molecular genetics of resistance: resistance as a response to stress. *Flor Entomol.* 1995;78(3):399-414. DOI:10.2307/3495526
20. Silveira Neto S, Nakano O, Bardin D, Villa Nova NA. Manual de ecologia dos insetos. São Paulo: Agronômica Ceres; 1976.
21. Tauil PL. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. *Cad Saude Publica.* 2002;18(3):867-71. DOI:10.1590/S0102-311X2002000300035

Trabalho financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), bolsa de iniciação científica para Leal MMCS.

Os autores declaram não haver conflito de interesses.