

RÔMULO SÁTIRO DE MEDEIROS

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO DESENVOLVIMENTO E NA
REPRODUÇÃO DE *Podisus nigrispinus* (HETEROPTERA:
PENTATOMIDAE)
E NO DESENVOLVIMENTO DE SUA PRESA, *Alabama argillacea*
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

A Jesus Cristo, o maior exemplo de amor ao próximo.

Aos meus pais, Chagas e Socorro.

Aos meus irmãos, José, Rita e Eliane.

Aos meus sobrinhos, Fernanda, Elyson, Giusepe, Elysonara e Lívia.

As minhas tias, Francisca e Josefa (*in memoriam*).

A minha namorada, Ana Maria.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Viçosa e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela oportunidade de realização do curso.

A Embrapa Algodão por permitir a utilização de suas instalações para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Francisco das Chagas de Medeiros e Maria do Socorro Silva de Medeiros, pelo apoio incondicional durante toda minha vida.

Ao professor José Cola Zanuncio por sua gentileza e valiosa contribuição durante a redação deste trabalho.

Ao professor José Eduardo Serrão por nos acolher como orientado, pelos ensinamentos e grata amizade.

Ao Dr. Francisco de Sousa Ramalho pela valiosa orientação durante a realização deste trabalho.

Aos professores Sebastião Lourenço de Assis Júnior (Faculdade de Odontologia de Diamantina-MG) e Germano Leão Demolin Leite (UFMG-Montes Claros), pelas sugestões.

A todos os professores da Pós-graduação em Entomologia, em especial os professores, Og de Souza, Raul Narciso Carvalho Guedes, Angelo Pallini e Evaldo Ferreira Vilela pelos ensinamentos e pela convivência.

A secretária do Programa de Pós-graduação em Entomologia, Maria Paula A. da Costa, pela presteza, eficiência e amizade.

Aos amigos, Joaquim Branco, Maria das Graças, Marisa e Jairo por nos acolher e pela agradável convivência.

Aos colegas, Adrian, Adriana, Ana Margareth, Anderson, Carlos Romero, Carol, Cláudia, Conceição, Eduardo, Evandro, Fátima, Cantor, Isaias, João Alfredo, Joelma, Kazu, Lenira, Mireille, Onice, Paula, Teresinha e, em especial, a Berghem, Daniel, Jacimar, Jorge, Pedro e Walkymário pelos bons momentos que compartilhamos e pelas dificuldades enfrentadas juntos.

Aos funcionários e bolsistas da Unidade de Controle Biológico da Embrapa Algodão: Ana Lúcia, Caliandra, Dulciana, Fabiana, Geraldo, Hamilton, Josefa, Joseni, Marcelo e Suely pela experiência compartilhada durante a realização deste trabalho.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização do curso.

BIOGRAFIA

Rômulo Sátiro de Medeiros, filho de Maria do Socorro Silva de Medeiros e Francisco das Chagas de Medeiros, nasceu em Carnaúba dos Dantas, Rio Grande do Norte, Brasil, em 12 de setembro 1971.

Em março de 1991, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal da Paraíba, em Areia, Paraíba, concluindo-o em fevereiro de 1997 e obtendo o título de Engenheiro Agrônomo no referido mês.

Durante o curso de graduação foi bolsista de Iniciação Científica do CNPq, junto à Unidade de Controle Biológico da Embrapa Algodão, em Campina Grande, Paraíba, de março de 1995 a fevereiro de 1997. Após a graduação, foi bolsista de aperfeiçoamento do CNPq na mesma instituição, trabalhando com pesquisas relacionadas à utilização de parasitóides e predadores no controle do bicudo e curuquerê-do-algodoeiro, de março de 1997 a fevereiro de 1999.

Em abril de 1999, iniciou o curso de Mestrado em Entomologia no Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, defendendo tese em março de 2001.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUCAO	1
LITERATURA CITADA	9
Efeito da Temperatura no Desenvolvimento de <i>Podisus nigrispinus</i> (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), Predador de <i>Alabama argillacea</i> (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)	15
Abstract	16
Resumo	17
Introdução	18
Material e Métodos	20
Resultados	26
Discussão	28
Literatura Citada	31

Influência da Temperatura na Reprodução de <i>Podisus nigrispinus</i> (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), Predador de <i>Alabama argillacea</i> (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)	48
Abstract	49
Resumo	50
Introdução	51
Material e Métodos	53
Resultados	56
Discussão	60
Literatura Citada	65
Impacto da Temperatura no Desenvolvimento de <i>Alabama argillacea</i> (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)	79
Abstract	80
Resumo	81
Introdução	82
Material e Métodos	84
Resultados	89
Discussão	92
Literatura Citada	96
RESUMO E CONCLUSÕES GERAIS	110

RESUMO

MEDEIROS, Rômulo Sátiro de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2001. **Influência da Temperatura no Desenvolvimento e na Reprodução de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) e no desenvolvimento de sua presa, *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae).** Professor Orientador: José Eduardo Serrão. Co-orientador: Francisco de Sousa Ramalho. Conselheiro: José Cola Zanuncio.

O objetivo da pesquisa foi estudar, em laboratório, a influência da temperatura no desenvolvimento e na reprodução do predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) e no desenvolvimento de sua presa, *Alabama argillacea* (Hübner). A duração da forma imatura de *P. nigrispinus* de indivíduos que originaram machos e fêmeas variou de 19,0 (33 °C) a 73,3 (17 °C) dias, e de 18,0 (33 °C) a 74,4 (17 °C) dias, respectivamente; enquanto a sobrevivência variou de 1,1 (33 °C) a 64,3% (28 °C). A duração e sobrevivência da fase de ovo de *A. argillacea* variou de 2,0 (28, 30 e 33 °C) a 5,0 (20 °C) dias, e de 19,0 (33 °C) a 93,0% (20 °C), respectivamente; a duração e sobrevivência da fase de lagarta variou, respectivamente, de 9,2 (33 °C) a 19,0 (20 °C) dias, e de 50,0 (33 °C) a 84,0% (23 e 25 °C); a duração e sobrevivência da fase de pré-pupa variou de 1,0 (23, 25, 28, 30 e 33 °C) a 1,6 (20 °C) dias, e de 88,0 (33 °C) a 100,0% (28 °C), respectivamente; e a duração e sobrevivência da fase de pupa variou de 5,0 (33 °C) a 13,7 (20 °C) dias, e de 75,6 (28 °C) a 100,0% (23 °C), respectivamente. Nenhum indivíduo de *P. nigrispinus* e de sua presa, *A. argillacea*, submetido a 35 °C completou seu desenvolvimento. Os baixos

valores de R^2 obtidos para os modelos de Davidson e de Stinner *et al.* indicaram que estes modelos não são adequados para estimar o tempo de desenvolvimento de *P. nigrispinus* e de sua presa, *A. argillacea*, em função da temperatura. Entretanto, os altos valores de R^2 obtidos para os modelos de Sharpe & DeMichele e de Lactin *et al.* indicaram que estes modelos estimam, adequadamente, o tempo de desenvolvimento de *P. nigrispinus* e de sua presa, *A. argillacea*, em função da temperatura. A fecundidade de *P. nigrispinus* variou de 401,2 (33 °C) a 841,3 (28 °C) ovos por fêmea. A pré-oviposição, a alta fecundidade e o declínio de fecundidade de *P. nigrispinus* foram afetados pela temperatura [pré-oviposição: 4,0 (33 °C) a 13,2 (20 °C) dias; duração da alta fecundidade: 9,0 (33 °C) a 33 (20 °C) dias; e a duração do declínio de fecundidade: 16,0 (33 °C) a 46,0 (20 °C) dias]. A longevidade de fêmeas e machos de *P. nigrispinus* variou, respectivamente, de 28,4 (33 °C) a 88,6 (20 °C) dias, e de 42,7 (33 °C) a 114,3 (20 °C) dias. As estatísticas utilizadas para avaliar a resposta numérica de *P. nigrispinus* variaram com a temperatura. Assim, a taxa bruta (*TBR*) e líquida (R_o) de reprodução variou de 1,6 a 366,6 e de 0,02 a 189,5 fêmeas/fêmea, a 33 e 28 °C, respectivamente; a duração de uma geração (*DG*) variou de 33,3 (33 °C) a 85,5 (20 °C) dias; o tempo necessário para a população do predador dobrar em número de indivíduos (*TD*) variou de 0,82 (33 °C) a 17,8 (20 °C) dias; a razão infinitesimal de aumento (r_m) variou de - 0,13 (33 °C) a 0,12 (28 °C) por dia; e a razão finita de aumento (λ) variou de 0,88 (33 °C) a 1,12 (28 °C) fêmeas/fêmea adicionadas a população por dia.

ABSTRACT

MEDEIROS, Rômulo Sátiro de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, March, 2001. **Influence of the Temperature on Development and Reproduction of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), and on development of its prey, *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae).** Adviser: José Eduardo Serrão. Co-adviser: Francisco de Sousa Ramalho. Committee Member: José Cola Zanuncio

The objective of this research was to study, under laboratory conditions, the influence of the temperature on development and reproduction of the predator *Podisus nigrispinus* (Dallas), and on development of its prey, *Alabama argillacea* (Hübner). Development time of the immature stage of individuals which originated males and females of *P. nigrispinus* ranged from 19.0 (33 °C) to 73.3 (17 °C) days, and from 18.0 (33 °C) to 74.4 (17 °C) days, respectively; and survival of the immature stage ranged from 1.1 (33 °C) to 64.3% (28 °C). Developmental period and survival of the egg stage of *A. argillacea* ranged from 2.0 (28, 30 and 33 °C) to 5.0 (20 °C) days, and from 19.0 (33 °C) to 93.0% (20 °C), respectively; developmental period and survival of the larval stage ranged from 9.2 (33 °C) to 19.0 (20 °C) days, and from 50.0 (33 °C) to 84.0% (23 and 25 °C), respectively; developmental period and survival of the pre-pupa stage ranged from 1.0 (23, 25, 28, 30 and 33 °C) to 1.6 (20 °C) days, and from 88.0 (33 °C) to 100.0% (28 °C), respectively; and developmental period and survival of the pupa stage ranged from 5.0 (33 °C) to 13.7 (20 °C) days, and from 75.6 (28 °C) to 100.0% (23 °C), respectively. All individuals of *P. nigrispinus* and of its prey, *A. argillacea*, were unable to

complete development at 35 °C. The low R^2 values obtained from Davidson and Stinner *et al.* models no indicated a good fit to the data obtained from *P. nigrispinus* and of its prey, *A. argillacea*. However, the high R^2 values obtained from Sharpe & DeMichele and Lactin *et al.* models indicated a good fit to the data obtained from *P. nigrispinus* and of its prey, *A. argillacea*. The fecundity of *P. nigrispinus* ranged from 401.2 (33 °C) to 841.3 (28 °C) eggs/female. The pre-ovipositional period, fecundity plateau, and declining fecundity of *P. nigrispinus* were affected by temperature [pre-ovipositional: 4.0 (33 °C) to 13.2 (20 °C) days; time of fecundity plateau: 9.0 (33 °C) to 33.0 (20 °C) days; and time of declining fecundity: 16.0 (33 °C) to 46.0 (20 °C) days]. The longevity of females and males of *P. nigrispinus* ranged, respectively, from 28.4 (33 °C) to 88.6 (20 °C) days, and from 42.7 (33 °C) to 114.3 (20 °C) days. The statistics used to evaluate the numerical response of *P. nigrispinus* ranged with the temperature. Then, the gross (GRR) and net (R_o) reproductive rate ranged from 1.6 to 366.6, and from 0.02 to 189.5 females/female at temperatures of 33 and 28 °C, respectively; the generation time (GT) ranged from 33.3 (33 °C) to 85.5 (20 °C) days; the doubling time (DT) ranged from 0.82 (33 °C) to 17.8 (20 °C) days; the intrinsic rate of increase (r_m) ranged from – 0.13 (33 °C) to 0.12 (28 °C) by day; and the finite rate of increase (λ) ranged from 0.88 (33 °C) to 1.12 (28 °C) females/female added to population by day.

INTRODUÇÃO

O pentatomídeo *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) é um predador generalista com ampla distribuição na região Neotropical, sendo mais encontrado na Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Costa Rica, Equador, Guiana, Panamá, Paraguai, Peru e Suriname (Thomas 1992). Esse predador é considerado um importante agente de controle biológico de diversas pragas em culturas de relevância econômica como soja (*Glycine max* Merrill.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), café (*Coffea arabica* L.), mandioca (*Manihot esculenta* Pohl.), trigo (*Triticum aestivum* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Miel.) e eucalipto (*Eucalyptus* sp.) (Gravena & Lara 1982, Bergam *et al.* 1984, Saini 1985, Gassen 1986, Grazia & Hildebrand 1986, Michel 1994, Medeiros 1997).

O curuquerê-do-algodoeiro, *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma praga de importância econômica para a cotonicultura, em diversos países produtores, incluindo o Peru, Nicarágua, México, Colômbia, Estados Unidos da América, Paraguai e Brasil (Almestar *et al.* 1977, Falcon & Daryl 1977, Cies 1978, Alvarez & Sanchez 1982, Nyffeler *et al.* 1987, Michel 1994, Ramalho 1994). Nas regiões brasileiras onde o algodão é cultivado essa praga, possivelmente, infestará a

cultura em algum estágio do seu desenvolvimento fenológico. No Centro-Sul do país é uma praga considerada tardia, mas no Nordeste, exceto a Bahia, seu ataque é inicial, podendo ocorrer, esporadicamente, no fim da cultura. Esta imigração precoce da praga na cultura, concorre para que não se tenha uma alta mortalidade natural das populações do curuquerê, no início de sua ocorrência no agroecossistema. Com isto, torna-se a principal praga desfolhadora do algodão podendo, em altas densidades, desfolhar completamente as plantas (Medeiros 1997). Apesar de ser de fácil controle, o seu ataque reduz consideravelmente a produção de algodão (Gravena & Cunha 1991).

Atualmente há uma preocupação mundial crescente com o meio ambiente e, indubitavelmente, o controle de pragas agrícolas (insetos, ácaros, doenças e ervas daninhas) é uma das atividades humanas que mais contribuem para a poluição e a degradação dos ecossistemas. Por isto, é necessário que se busque estratégias de controle de pragas, baseadas em práticas biológicas, que sejam econômica, social e ecologicamente vantajosas para o homem. Como o controle do curuquerê no Brasil é realizado, principalmente, com inseticidas sintéticos, a utilização de *P. nigrispinus* para controlar essa praga poderá ser, além de uma alternativa ecologicamente correta, uma saída econômica para a redução das populações da referida praga. Isto poderá tornar possível a redução dos problemas econômicos, sociais e ambientais ocasionados pelo uso contínuo e indiscriminado de inseticidas (Medeiros 1997). Outro fator importante para que sejam realizados estudos sobre agentes de controle biológico de *A. argillacea*, deve-se ao fato de muitos cotonicultores estarem, atualmente, enfrentando problemas para controlar os surtos dessa praga, pois estão surgindo populações do curuquerê resistentes aos inseticidas atualmente comercializados.

Apesar da importância de *P. nigrispinus* como agente de controle biológico de lagartas desfolhadoras e do potencial que apresenta para ser utilizado em programas de manejo integrado de pragas, as pesquisas com esse predador começaram a ser desenvolvidas, no Brasil, a partir de meados da década de 80 por Bressan *et al.* (1985), Zanuncio *et al.* (1990, 1991, 1992, 1993), Saavedra *et al.* (1992), Didonet *et al.* (1996), Aldrich *et al.* (1997), Molina-Rugama *et al.* (1998) e Torres *et al.* (1998), em sua maioria na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, direcionadas para o uso de *P. nigrispinus* contra surtos de lagartas desfolhadoras de eucalipto. Recentemente, um grupo de pesquisadores da Unidade de Controle Biológico da Embrapa Algodão, vem estudando *P. nigrispinus* (Santos *et al.* 1995, 1996, Medeiros, 1997, Medeiros *et al.* 1998, 2000, Lemos *et al.* 2001), visando a sua utilização no controle biológico de *A. argillacea*. Esses autores têm ressaltado que o comportamento apresentado por *P. nigrispinus* e por sua presa, *A. argillacea*, favorece a sobrevivência de ambos no agroecossistema do algodoeiro.

A temperatura é um dos fatores climáticos que mais interfere no metabolismo, longevidade, comportamento e reprodução dos insetos (Scriber & Slansky Jr. 1981). Estudos com os pentatomídeos predadores *Supputius cincticeps* (Stål) (Didonet *et al.* 1996, Wanderley 1998) e *P. nigrispinus* (Didonet *et al.* 1996), evidenciaram o efeito da temperatura na capacidade reprodutiva dessas espécies. Porém, esses estudos foram realizados com presas alternativas que, apesar de serem importantes no entendimento da influência da temperatura nas variáveis reprodutivas desses inimigos naturais, podem não refletir, adequadamente, o potencial reprodutivo que tais organismos possuem, caso fossem alimentados com presas naturais. Pois, é possível que a digestibilidade e a concentração de

nutrientes disponíveis na hemolinfa de lagartas de *A. argillacea* sejam superiores aos encontrados em presas alternativas.

A relação entre temperatura e desenvolvimento de insetos vem sendo há muito tempo reconhecida (Sanderson & Peairs 1913, Uvarov 1931, Howe 1967) como uma variável ecológica importante na modelagem das dinâmicas de populações de insetos. A taxa de desenvolvimento de um inseto, segundo Campbell *et al.* (1974) é o recíproco do tempo necessário para o inseto completar as diferentes fases de desenvolvimento. Estimativas precisas da taxa de desenvolvimento de insetos-praga e de seus inimigos naturais são imprescindíveis nos programas de controle de pragas. A partir da década de 80, a utilização de modelos fenológicos nos programas de manejo integrado de pragas, vem aumentando consideravelmente (Wagner *et al.* 1984, Worner 1992).

Em insetos, a relação entre taxa de desenvolvimento e temperatura é não linear, apresentando uma forma assimétrica, e é composta de três seções: a primeira é representada pelas baixas temperaturas, onde a taxa de desenvolvimento aumenta não linearmente a partir do ponto zero de desenvolvimento; a segunda, é a faixa onde a taxa de desenvolvimento torna-se proporcional ao aumento da temperatura; a terceira seção não linear, é a que começa a partir da temperatura ótima e vai até a temperatura letal (Briere & Pracros 1998).

Vários modelos empíricos e biofísicos descrevem a taxa de desenvolvimento de um inseto em função da temperatura. Os modelos lineares em graus-dias foram alguns dos primeiros a serem desenvolvidos e aplicados a um certo número de espécies de insetos (Howe 1967). Todavia, a falta de linearidade apresentada no desenvolvimento de insetos, quando submetidos a baixas e altas temperaturas, mostrou que estes modelos freqüentemente são imprecisos para descrever o desenvolvimento desses organismos.

Modelos não lineares, alguns dos quais empíricos (Logan *et al.* 1976, Hilbert & Logan 1983), têm sido elaborados para serem aplicados a várias espécies de insetos e circunstâncias. Davidson (1942, 1944) descreveu a taxa de desenvolvimento como uma função da temperatura dentro de uma equação logística. Stinner *et al.* (1974) descreveram o efeito da temperatura sobre a taxa de desenvolvimento com uma equação sigmóide modificada, a qual resulta numa curva simétrica em torno da temperatura ótima. Sharpe & DeMichele (1977) formularam um modelo biofísico complexo, posteriormente modificado por Schoolfield *et al.* (1981), que descreve a resposta não linear entre taxas de desenvolvimento e temperaturas baixas e altas, como também a resposta linear em temperaturas intermediárias (Wagner *et al.* 1984). Lactin *et al.* (1995) modificaram o modelo não linear de Logan *et al.* (1976) eliminando o parâmetro ψ e introduzindo o parâmetro intercepta (λ) o qual permite estimar a temperatura base inferior. Esses modelos foram aplicados e avaliados por Hilbert & Logan (1983), Gould & Elkinton (1990), Orr & Obrycki (1990), Fan *et al.* (1992), Morales-Ramos & Cate (1993), Judd & McBrien (1994), Marco *et al.* (1997), Briere & Pracros (1998) e Harari *et al.* (1998), e a maioria deles têm se mostrado adequados nas determinações das taxas de desenvolvimento de insetos. Detalhada discussão sobre modelos não lineares pode ser encontrada em Uvarov (1931) e Wagner *et al.* (1984).

Com poucas exceções, os modelos não lineares aplicados ao desenvolvimento de insetos em função da temperatura têm sido usados para descrever o desenvolvimento de espécies-praga e não de seus inimigos naturais (Gould & Elkinton 1990). Assim, é importante que se quantifique o efeito de temperaturas constantes no tempo de desenvolvimento de *P.*

nigrispinus e de sua presa, *A. argillacea*, usando-se diferentes modelos não lineares.

O aspecto reprodutivo da resposta numérica é medido como um aumento na taxa reprodutiva das populações de insetos. No caso de predadores, a taxa de aumento depende de três componentes principais: duração de cada ínstar, taxas de sobrevivência dentro dos ínstars e fecundidade de adultos (Beddington *et al.* 1976). Por outro lado, um bom predador deve apresentar fecundidade igual ou superior ao de sua presa (Huffaker *et al.* 1976) e a temperatura é o fator climático que mais afeta o desenvolvimento das populações de insetos.

Um dos meios utilizados para estimar a resposta numérica de um predador, é estudando a sua demografia, a qual inclui a sua fecundidade, sobrevivência da progênie, razão sexual e duração da geração em relação à densidade populacional da presa. A tabela de vida de fertilidade pode servir para manejar a mortalidade que ocorre em uma população, isto é, um resumo da idade específica em que ocorrem as taxas de mortalidade (Krebs 1994).

Similarmente, a taxa de nascimentos de uma população é melhor expressa como um calendário de idade específica de nascimentos. Portanto, isto é o que se chama de tabela de vida de fertilidade e ela nos fornece o número de fêmeas produzidas por unidade de tempo, por fêmea de idade x (Krebs 1994). Assim, as estatísticas que compõem a tabela de vida de fertilidade são: taxa bruta de reprodução (TBR), número de fêmeas produzidas por uma única fêmea durante toda sua vida, não se levando em consideração a sobrevivência das formas imaturas (Krebs 1994); taxa líquida de reprodução (R_o), número de fêmeas produzidas por uma única fêmea durante toda sua vida (Krebs 1994); duração de uma geração (DG), tempo gasto entre o nascimento dos pais e o nascimento dos filhos (Krebs 1994); tempo necessário para a população do predador dobrar em número

de indivíduos (TD) (Krebs 1994); razão infinitesimal de aumento (r_m), taxa de aumento populacional por unidade de tempo (Krebs 1994); e razão finita de aumento (λ), número de fêmeas adicionadas a população por fêmea do predador por unidade de tempo (Krebs 1994).

O valor reprodutivo (VR_x) é a contribuição que uma fêmea de idade x dará para a futura população (Krebs 1994). Esta estatística é importante para se entender a idade na qual um predador é mais fértil. O VR_x permite que se tomem decisões quanto à idade ótima na qual o predador pode ser liberado em campo a fim de aumentar suas chances de responder numericamente às densidades da presa (Krebs 1994).

Apesar da importância das informações geradas pelas tabelas de vida de fertilidade para o manejo do curuquerê, usando-se o predador *P. nigrispinus*, não foram encontrados na literatura, resultados de pesquisa a respeito do efeito da temperatura nas variáveis que compõem as tabelas de vida de fertilidade de *P. nigrispinus*, tendo como presa lagartas de *A. argillacea*.

A geração de conhecimentos sobre a influência da temperatura no desenvolvimento e reprodução do predador *P. nigrispinus* e de sua presa, *A. argillacea* é fundamental em programas de manejo integrado dessa praga. A modelagem do efeito de *P. nigrispinus* nas dinâmicas de populações de *A. argillacea* é um passo importante para a implementação de um programa de controle biológico deste predador contra o curuquerê. A determinação das taxas de desenvolvimento do predador e de sua presa é imprescindível na construção de modelos de simulação da dinâmica de populações de predador-presa, sob mudanças de temperatura.

Desta forma, a pesquisa teve como objetivo estudar a influência da temperatura no desenvolvimento e na reprodução de *P. nigrispinus*, e no desenvolvimento de sua presa, *A. argillacea*. Para tanto,

foram realizados três bioensaios: no experimento 1, avaliou-se o efeito da temperatura no desenvolvimento de *P. nigrispinus* a fim de determinar qual modelo não linear melhor descreve o impacto da temperatura no desenvolvimento deste predador; no experimento 2, estudou-se a influência da temperatura na reprodução de *P. nigrispinus*; e no experimento 3, avaliou-se o efeito da temperatura no desenvolvimento de *A. argillacea* a fim de determinar qual modelo não linear melhor descreve o impacto da temperatura no desenvolvimento desta praga.

A introdução geral e os artigos desta dissertação foram redigidos de acordo com as normas da Sociedade Entomológica do Brasil.

LITERATURA CITADA

- Aldrich, J.R., J.C. Zanuncio, E.F. Vilela, J.B. Torres & R.D. Cave. 1997.** Field tests of predaceous pentatomid pheromones and semiochemistry of *Podisus* and *Supputius* species (Heteroptera: Pentatomidae: Asopinae). An. Soc. Entomol. Brasil 26: 1-14.
- Almestar, S.A., C.C. Castañeda & P.J. Saavedra. 1977.** Informe final de la campana algodonera 1976-77. Lima, Fund. Des. Algod., 117p.
- Alvarez, R.J.A. & G.C. Sanchez. 1982.** *Alabama argillacea* (Huebner), ciclo de vida y consumo foliar. Rev. Col. Entomol. 8: 34-38.
- Beddington, C.S., M.P. Hassell & J.H. Lawton. 1976.** The components of arthropod predation II. The predator rate of increase. J. Anim. Ecol. 45: 165-186.
- Bergam, E.C., S.O. Imenes, D. Hojo, T.B. Campos, A.P. Takemtsu & M.L.F.S. Macellaro. 1984.** Levantamento da entomofauna na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*). O Biológico 50: 209-236.
- Bressan, D.A., A.J. Martins & H.R. Santos. 1985.** Dados biológicos sobre *Podisus connexivus* (Hemiptera: Pentatomidae), em condições de laboratório. Rev. Set. Ci. Agrar. 7: 61-65.
- Briere, Jean-Francois & P. Pracros. 1998.** Comparison of temperature-dependent growth models with the development of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). Environ. Entomol. 27: 94-101.

- Campbell, A., B.D. Frazer, N. Gilbert, A.P. Gutierrez & M. Mackauer. 1974.** Temperature requirements of some aphids and their parasites. *J. Appl. Ecol.* 11: 431-438.
- Cies. 1978.** Control integrado de las plagas del algodón en el estado de Chiapas, Mexico, Tapachula. México, CIES-OEA-CONACYT, (Boletim, 6).
- Davidson, J. 1942.** On the speed of development of insect eggs at constant temperatures. *Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci.* 20: 233-239.
- Davidson, J. 1944.** On the relationship between temperature and rate of development of insects at constant temperatures. *J. Anim. Ecol.* 13: 26-38.
- Didonet, J., T.V. Zanuncio, J.C. Zanuncio & E.F. Vilela. 1996.** Influência da temperatura na reprodução e na longevidade de *Podisus nigrispinus* (Dallas) e *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 25: 117-123.
- Falcon, L.A. & R. Daryl. 1977.** Informe al algodón de Nicaragua sobre control integrado de plagas del algodón. Rome, FAO/UNDP, 285p.
- Fan, Y., E. Groden & F.A. Drummond. 1992.** Temperature-dependent development of mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) under constant and variable temperatures. *J. Econ. Entomol.* 85: 1762-1770.
- Gassen, D.N. 1986.** Parasitos, patógenos e predadores de insetos associados a cultura do trigo. Porto Alegre, Circular Técnica - Embrapa/CNPT 1, 86p.
- Gould, J.R. & J.S. Elkinton. 1990.** Temperature-dependent growth of *Cotesia melanoscela* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Environ. Entomol.* 19: 859-865.
- Gravena, S. & F.M. Lara. 1982.** Controle integrado de pragas e receituário agrônomo. In F. Graciano Neto (ed.), *Uso de agrotóxicos e receituário agrônomo*. São Paulo, Agroedições, 194p.
- Gravena, S. & H.F. Cunha. 1991.** Artrópodos predadores na cultura algodoeira. Jaboticabal, FUNEP (Boletim Técnico, 1), 41p.

- Grazia, J. & R. Hildebrand. 1986.** Hemípteros predadores de insetos, p. 21-37. In Encontro Sul-Brasileiro de Controle Biológico de Pragas, 1, Passo Fundo, AEAPF/EMBRAPA-CNPT. 262p.
- Harari, A.R., D. Ben-Yakir, M. Chen & D. Rosen. 1998.** Temperature-dependent developmental models for predicting the phenology of *Maladera matrida* (Coleoptera: Scarabaeidae). Environ. Entomol. 27: 1220-1228.
- Hilbert, D.W. & J.A. Logan. 1983.** Empirical model of nymphal development for the migratory grasshopper, *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera: Acrididae). Environ. Entomol. 12: 1-5.
- Howe, R.W. 1967.** Temperature effects on embryonic development in insects. Ann. Rev. Entomol. 10: 15-42.
- Huffaker, C.B., F.J. Simmonds & J.E. Lating. 1976.** The theoretical and empirical basis of biological control, p. 41-78. In C.B. Huffaker & P.S. Messenger (eds.), Theory and practice of biological control. New York, Academic Press, 788p.
- Judd, G.J.R. & H.L. McBrien. 1994.** Modeling temperature-dependent development and hatch of overwintered eggs of *Campylomma verbasci* (Heteroptera: Miridae). Environ. Entomol. 23: 1224-1234.
- Krebs, C.J. 1994.** Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. 4th ed., New York, Harper Collins College Publishers, 801p.
- Lactin, D.J., N.J. Holliday, D.L. Johnson & R. Craigen. 1995.** Improved rate model of temperature-dependent development by arthropods. Environ. Entomol. 24: 68-75.
- Lemos, W.P., R.S. Medeiros, F.S. Ramalho & J.C. Zanuncio. 2001.** Effects of plant feeding on the development, survival, and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). Intern. J. Pest Manage (in press).
- Logan, J.A., D.J. Wollkind, S.C. Hoyt & L.K. Tanigoshi. 1976.** An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. Environ. Entomol. 5: 1133-1140.

- Marco, V., A. Taberner & P. Castañera. 1997.** Development and survival of immature *Aubeonimus mariaefranciscæ* (Coleoptera: Curculionidae) at constant temperatures. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 90: 169-176.
- Medeiros, R.S. 1997.** Efeitos da temperatura na biologia de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae), predador do curuquerê-do-algodoeiro. Areia, Universidade Federal da Paraíba, Trabalho de conclusão de curso, 91p.
- Medeiros, R.S., W.P. Lemos & F.S. Ramalho. 1998.** Efeitos da temperatura no desenvolvimento de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera, Pentatomidae), predador do curuquerê-do-algodoeiro (Lepidoptera, Noctuidae). *Rev. Bras. Entomol.* 42: 121-130.
- Medeiros, R.S., F.S. Ramalho, W.P. Lemos & J.C. Zanuncio. 2000.** Age-dependent fecundity and life-fertility tables for *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het., Pentatomidae). *J. Appl. Entomol.* 124: 319-324.
- Michel, B. 1994.** Entomofauna de los algodones paraguayos: Hemiptera Heteroptera. Asuncion, Ministério de Agricultura y Ganadería, 132p.
- Molina-Rugama, A.J, J.C. Zanuncio, D. Pratissoli & I. Cruz. 1998.** Efeito do intervalo de alimentação na reprodução e na longevidade do predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 27: 77-84.
- Morales-Ramos, J.A. & J.R. Cate. 1993.** Temperature-dependent rates of *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Environ. Entomol.* 22: 226-233.
- Nyffeler, M., D.A. Dean & W.L. Sterling. 1987.** Predation by green lynx spider, *Peucetia viridans* (Araneae: Oxyopidae), inhabiting cotton and woolly croton plants in East Texas. *Environ. Entomol.* 16: 355-359.
- Orr, C.J. & J.J. Obrycki. 1990.** Thermal and dietary requirements for development of *Hippodamia parenthesis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environ. Entomol.* 19: 1523-1527.
- Ramalho, F.S. 1994.** Cotton pest management. Part 4. A brazilian perspective. *Ann. Rev. Entomol.* 34: 563-578.

- Saavedra, J.L.D., J.C. Zanuncio, T.M.C. Della Lucia & F.P. Reis. 1992.** Efeito da dieta artificial na fecundidade e fertilidade do predador *Podisus connexivus* Bergroth, 1891 (Hemiptera: Pentatomidae). An. Soc. Entomol. Brasil 21: 69-76.
- Saini, E.D. 1985.** Identification of the eggs of pentatomids (Heteroptera) found in soybean crops. Rev. Appl. Entomol. 73: 782.
- Sanderson, E.D. & L.M. Peairs. 1913.** The relation of temperature to insect life. N.C. Coll. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. No. 7.
- Santos, T.M., E.N. Silva & F.S. Ramalho. 1995.** Desenvolvimento ninfal de *Podisus connexivus* Bergroth (Hemiptera: Pentatomidae) alimentado com curuquerê-do-algodoeiro. Pesq. Agrop. Bras. 30: 163-167.
- Santos, T.M., E.N. Silva & F.S. Ramalho. 1996.** Consumo alimentar e desenvolvimento de *Podisus nigrispinus* (Dallas) sobre *Alabama argillacea* (Huebner) em condições de laboratório. Pesq. Agrop. Bras. 31: 699-707.
- Schoolfield, R.M., P.J.H. Sharpe & C.E. Magnuson. 1981.** Non linear regression of biological temperature-dependent rate models based on absolute reaction-rate theory. J. Theor. Biol. 88: 719-731.
- Scriber, J.M. & J.R. Slansky, Jr. 1981.** The nutritional ecology of immature insects. Ann. Rev. Entomol. 26: 183-211.
- Sharpe, P.J.H. & D.W. DeMichele. 1977.** Reaction kinetics of poikilotherm development. J. Theor. Biol. 64: 649-670.
- Stinner, R.E., A.P. Gutierrez & G.D. Butler, Jr. 1974.** An algorithm for temperature-dependent growth rate simulation. Can. Entomol. 106: 519-524.
- Thomas, D.B. 1992.** Taxonomic synopsis of the Asopinae Pentatomidae (Heteroptera) of the Western Hemisphere. Lanham, Entomological Society of America, 156p.
- Torres, J.B., J.C. Zanuncio & H.N. Oliveira. 1998.** Nymphal development and adult reproduction of the stinkbug predator *Podisus nigrispinus* (Het., Pentatomidae) under fluctuating temperatures. J. Appl. Entomol. 122: 509-514.

- Uvarov, B.P. 1931.** Insects and climate. Trans. Entomol. Soc. London 79: 1-247.
- Wagner, T.L., H. Wu, P.J.H. Sharpe, R.M. Schoolfield & R.N. Coulson. 1984.** Modeling insect development rates: a literature review and an application of a biophysical model. Ann. Entomol. Soc. Am. 77: 208-225.
- Wanderley, M.J.A. 1998.** Biologia e exigências térmicas do predador *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Hemiptera: Pentatomidae), alimentado com larvas de *Musca domestica* (L.) (Diptera: Muscidae). Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Dissertação, 114p.
- Worner, S.P. 1992.** Performance of phenological models under variable temperature regimes: consequences of the Kaufmann or rate summation effect. Environ. Entomol. 21: 689-699.
- Zanuncio, J.C., J.B. Alves, J.E.M. Leite & M.A.L. Bragança. 1990.** Desenvolvimento ninfal de *Podisus connexivus* Bergroth, 1891 (Hemiptera: Pentatomidae) alimentado com dois hospedeiros alternativos. Rev. Árv. 14: 164-174.
- Zanuncio, J.C., E.C. Nascimento, G.P. Santos, R.C. Sartório & F.S. Araújo. 1991.** Aspectos biológicos do percevejo predador *Podisus connexivus* (Hemiptera: Pentatomidae). An. Soc. Entomol. Brasil 20: 243-249.
- Zanuncio, J.C., M.A.L. Bragança, J.L.S. Diaz & R.C. Sartório. 1992.** Avaliação de parâmetros de fecundidade de *Podisus connexivus* (Hemiptera: Pentatomidae) de diferentes pesos. Rev. Ceres 39: 591-596.
- Zanuncio, J.C., A.T. Ferreira, T.V. Zanuncio & J.F. Garcia. 1993.** Influence of *Eucalyptus urophylla* seedlings on the development of *Podisus connexivus* (Hemiptera: Pentatomidae) fed with *Musca domestica* larvae. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent. 58: 469-475.

Efeito da Temperatura no Desenvolvimento de
Podisus nigrispinus (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), Predador de
Alabama argillacea (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)

Effect of the Temperature on Development of
Podisus nigrispinus (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), Predator of
Alabama argillacea (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)

ABSTRACT – The development of *Podisus nigrispinus* (Dallas) fed with larvae of *Alabama argillacea* (Hübner) at constant temperatures of 17, 20, 23, 25, 28, 30, 33 and 35 °C, relative humidity of 60 ± 10%, and a 14 h: 10 h (L:D) was studied. Development period of the immature stage of individuals which originated males and females ranged from 19.0 (33 °C) to 73.3 (17 °C) days, and from 18.0 (33 °C) to 74.4 (17 °C) days, respectively. Survival of the immature stage ranged from 1.1 (33 °C) to 64.3% (28 °C). All individuals were unable to complete development at 35 °C. The low R² values obtained from Davidson (0.1593 to 0.2672, and 0.1406 to 0.2804 for males and females, respectively) and Stinner *et al.* models (0.2136 to 0.6389, and 0.1417 to 0.3045 for males and females, respectively) no indicated a good fit to the data. However, the high R² values obtained from Sharpe & DeMichele (0.9226 to 0.9893, and 0.8818 to 0.9914 for males and females, respectively), and Lactin *et al.* models (0.9485 to 0.9997, and 0.8961 to 0.9997 for males and females, respectively) indicated a good fit to the data.

KEY WORDS: Asopinae, biological control, cotton leafworm, developmental rate, nonlinear models.

RESUMO – Estudou-se o desenvolvimento de *Podisus nigrispinus* (Dallas), alimentado com lagartas de *Alabama argillacea* (Hübner), às temperaturas constantes de 17, 20, 23, 25, 28, 30, 33 e 35 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas. A duração da forma imatura de indivíduos que originaram machos e fêmeas variou de 19,0 (33 °C) a 73,3 (17 °C) dias, e de 18,0 (33 °C) a 74,4 (17 °C) dias, respectivamente. A sobrevivência da forma imatura variou de 1,1 (33 °C) a 64,3% (28 °C), sendo a temperatura de 35 °C letal para o desenvolvimento de *P. nigrispinus*. Os baixos valores de R² obtidos para os modelos de Davidson (0,1593 a 0,2672, e de 0,1406 a 0,2804 para machos e fêmeas, respectivamente) e de Stinner *et al.* (0,2136 a 0,6389, e de 0,1417 a 0,3045 para machos e fêmeas, respectivamente) indicaram que estes modelos não estimam, adequadamente, o tempo de desenvolvimento de *P. nigrispinus* em função da temperatura. Entretanto, os altos valores de R² obtidos para os modelos de Sharpe & DeMichele (0,9226 a 0,9893, e de 0,8818 a 0,9914 para machos e fêmeas, respectivamente), e de Lactin *et al.* (0,9485 a 0,9997, e de 0,8961 a 0,9997 para machos e fêmeas, respectivamente) indicaram que estes modelos estimam, adequadamente, o tempo de desenvolvimento de *P. nigrispinus* em função da temperatura.

PALAVRAS-CHAVE: Asopinae, controle biológico, curuquerê-do-algodoeiro, taxa de desenvolvimento, modelos não lineares.

Podisus nigrispinus (Dallas) é um predador generalista de ocorrência em vários países das Américas do Sul e Central (Thomas 1992) e tem se mostrado como um importante agente de controle biológico em várias culturas. Michel (1994) ressaltou a importância desse asopíneo no controle de *Alabama argillacea* (Hübner) no Paraguai. No Brasil é citada sua ocorrência em culturas de importância econômica como tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), soja (*Glycine max* (Linné) Merrill.) e algodão (*Gossypium hirsutum* L.) (Bergam *et al.* 1984, Grazia & Hildebrand 1986, Medeiros 1997), sendo que no Estado de Minas Gerais algumas empresas de reflorestamento utilizam *P. nigrispinus* para liberação em campo, contra surtos de lepidópteros desfolhadores de *Eucalyptus* spp. (Gonçalves 1990).

Estudos conduzidos com *P. nigrispinus* evidenciam sua potencialidade biológica para controlar populações do curuquerê-do-algodoeiro (Santos *et al.* 1995, 1996, Medeiros 1997, Medeiros *et al.* 1998, 2000). Por conseguinte, a modelagem do efeito desse predador nas dinâmicas populacionais de *A. argillacea* é um importante passo para a implementação do controle biológico através de programas de liberações de *P. nigrispinus* contra essa praga. Assim a determinação das taxas de desenvolvimento de *P. nigrispinus* é um passo imprescindível para a simulação de modelos das dinâmicas populacionais de predador-presa, submetidos a mudanças de temperaturas.

A taxa de desenvolvimento de um inseto é o recíproco do tempo necessário para ele completar as diferentes fases de desenvolvimento (Campbell *et al.* 1974). Em insetos, a relação entre taxa de desenvolvimento e temperatura é não linear, apresentando uma forma assimétrica, e é composta de três seções: a primeira seção é representada pelas baixas temperaturas, onde a taxa de desenvolvimento aumenta não linearmente a

partir do ponto zero de desenvolvimento; a segunda é a faixa onde a taxa de desenvolvimento torna-se proporcional ao aumento da temperatura; e a terceira seção é a que começa a partir da temperatura ótima e vai até a temperatura letal (Briere & Pracros 1998).

A relação entre desenvolvimento de insetos e temperatura vem sendo há muito tempo reconhecida (Sanderson & Peairs 1913, Uvarov 1931, Howe 1967) como uma variável ecológica importante na modelagem das dinâmicas de populações de insetos. Isto tem levado vários autores (Davidson 1942, 1944, Stinner *et al.* 1974, Sharpe & DeMichele 1977, Lactin *et al.* 1995) a formularem modelos matemáticos que descrevem a relação entre taxa de desenvolvimento e temperatura. Pois a previsão da ocorrência sazonal de insetos, obtida pelo emprego de tais modelos, é fundamental para as estratégias do manejo integrado de pragas (Marco *et al.* 1997). Então a partir da década de 80, a utilização de modelos fenológicos não lineares nos programas de manejo integrado de pragas, vem aumentando consideravelmente (Wagner *et al.* 1984, Worner 1992).

Os modelos lineares em graus-dias foram alguns dos primeiros a serem desenvolvidos e aplicados a certo número de espécies de insetos (Howe 1967). Todavia, a falta de linearidade apresentada no desenvolvimento de insetos quando submetidos a baixas e altas temperaturas, mostrou que estes modelos frequentemente são inadequados para descrever o desenvolvimento desses organismos. Modelos não lineares, alguns dos quais empíricos (Logan *et al.* 1976, Hilbert & Logan 1983), têm sido elaborados para serem aplicados a várias espécies de insetos quando submetidas a determinadas circunstâncias. Davidson (1942, 1944) descreveu a taxa de desenvolvimento como uma função da temperatura dentro de uma equação logística. Stinner *et al.* (1974) descreveram o efeito da temperatura sobre a taxa de desenvolvimento como uma equação sigmóide modificada, a qual resulta em uma curva simétrica

em torno da temperatura ótima. Sharpe & DeMichele (1977) formularam um modelo biofísico complexo, posteriormente modificado por Schoolfield *et al.* (1981), que descreve a resposta não linear das taxas de desenvolvimento de insetos quando expostos a temperaturas baixas e altas, como também a resposta linear em temperaturas intermediárias. Lactin *et al.* (1995) modificaram o modelo não linear de Logan *et al.* (1976), eliminando o parâmetro ψ e introduzindo o parâmetro intercepta (λ) permitindo estimar a temperatura base inferior.

Considerando-se que o modelo linear não fornece informações a respeito da inibição causada por temperaturas extremas e que com poucas exceções, os modelos não lineares aplicados ao desenvolvimento de insetos em função da temperatura têm sido usados para descrever o desenvolvimento de espécies-praga e não de seus inimigos naturais (Gould & Elkinton 1990), a pesquisa teve por objetivo determinar qual modelo não linear (Davidson 1942, 1944, Stinner *et al.* 1974, Sharpe & DeMichele 1977 e Lactin *et al.* 1995) melhor descreve o efeito da temperatura no desenvolvimento de *P. nigrispinus*.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada na Unidade de Controle Biológico (UCB)/Embrapa Algodão, em Campina Grande, Paraíba. Os predadores foram mantidos em câmaras climatizadas, tipo BOD, à temperaturas constantes de 17, 20, 23, 25, 28, 30, 33 e 35 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas. Foram utilizados no estudo espécimes de *P. nigrispinus* e lagartas de *A. argillacea*, ambos oriundos das colônias de criação mantidas na UCB.

Foram formados 30 casais de adultos recém-emergidos de *P. nigrispinus* e acondicionados em copos plásticos de 500 ml, sendo um casal por copo. No centro das tampas dos copos, em um orifício circular de 4,2 cm, foi acoplado um copo de plástico de 40 ml, cujo fundo foi substituído por tela plástica. A água foi fornecida através de tubo de plástico de 2,5 ml, tipo “anestésico odontológico”, inserido na tampa do copo de 500 ml, sendo sua extremidade vedada com um chumaço de algodão hidrófilo para evitar o escoamento da água. Os casais de *P. nigrispinus* foram colocados em estufas incubadoras, tipo BOD, ajustadas às temperaturas a serem estudadas. Diariamente, os casais foram observados e alimentados com larvas de *Musca domestica* L.

As primeiras posturas de *P. nigrispinus* foram acondicionadas em placas de Petri de 9 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura, contendo no seu interior um chumaço de algodão hidrófilo, embebido em água destilada, para manter a umidade. As posturas foram observadas diariamente, visando determinar o período de incubação e a viabilidade dos ovos. As posturas foram submetidas às mesmas condições de temperatura e umidade dos casais.

Após a eclosão, foram individualizadas 100 ninfas em copos plásticos de 100 ml, de 4,2 cm de altura por 5,6 cm de diâmetro. Na tampa de cada copo foi inserido, através de um orifício circular, um tubo de plástico de 2,5 ml, tipo “anestésico odontológico”, com a extremidade aberta voltada para o interior do recipiente, tendo sua extremidade vedada com um chumaço de algodão hidrófilo, para evitar o escoamento da água. A finalidade deste tubo foi manter a umidade no interior do recipiente e fornecer água ao predador. Durante o primeiro ínstar foi colocado no interior de cada copo apenas um chumaço de algodão, embebido com água destilada, para manter a umidade e fornecer água ao predador. Diariamente,

os copos foram observados a fim de registrar o processo de ecdise nas ninfas.

A partir do segundo ínstar, o experimento foi conduzido com 50 ninfas, sendo removidos os chumaços de algodão colocados no interior dos recipientes e mantidos os tubos de plástico, contendo água destilada. Cada ninfa de segundo ínstar de *P. nigrispinus* recebeu, diariamente, uma lagarta de *A. argillacea* de terceiro ínstar ($11,67 \pm 0,59$ mg). Este procedimento foi utilizado até as ninfas atingirem a fase adulta.

As taxas médias de desenvolvimento para cada ínstar, para as fases de ovo e ninfa, e forma imatura de *P. nigrispinus*, nas diferentes temperaturas, foram estimadas, utilizando-se a fórmula:

$$r(T) = 1,0 / e^{\left\{ \left[\frac{\sum_{i=1}^n \ln(di)}{n} \right] \right\}}, \quad (1)$$

onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento, di são as observações individuais de tempo de desenvolvimento em dias e n é o número de observações. Este método é recomendado por Logan *et al.* (1976) para corrigir a não linearidade na transformação do tempo de desenvolvimento em taxa.

Taxas de desenvolvimento são os recíprocos dos períodos de desenvolvimento em dias e são representadas por valores que variam de 0 a 1. Essas taxas são usadas nos modelos de taxas de desenvolvimento nos quais as suas estimativas são adicionadas diariamente. O desenvolvimento de um organismo é completado quando a soma de suas taxas de desenvolvimento diárias atinge o valor um (Curry & Feldman 1987). Portanto, a integral da função da taxa de desenvolvimento no decorrer do tempo (tais como, os modelos de Davidson 1942, 1944, Stinner *et al.* 1974, Sharpe & DeMichele 1977 e Lactin *et al.* 1995), pode ser utilizada para simular o desenvolvimento de um organismo submetido a mudanças na temperatura ambiente. Então, procedimentos descritivos não lineares foram

utilizados para analisar a relação entre as taxas de desenvolvimento de *P. nigrispinus* e temperatura. Eles são descritos a seguir.

Equação logística de Davidson (1942, 1944):

$$r(T) = \frac{k}{(1 + e^{a-bT_i})}, \quad (2)$$

onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento à temperatura T (°C), a é o valor que define o ponto na linha de regressão em relação a abscissa, b é a inclinação da linha da curva, k é a constante que define o limite superior da linha sigmóide, T_i é a temperatura no ambiente da câmara. Os parâmetros a , b e k foram estimados através do método de Marquardt de regressão não linear, usando-se o PROC NLIN (Sas Institute Inc. 2000). Esse método é usado para determinar o quadrado mínimo dos parâmetros estimados para o modelo.

Equação sigmóide de Stinner *et al.* (1974):

$$r(T) = \frac{c}{(1 + e^{k_1+k_2T'})}, \quad (3)$$

onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento à temperatura T (°C), c é $(1/t_{max}) \times (e^{k_1 + k_2T_{max}})$ (assíntota), k_1 e k_2 são constantes empíricas e $T' = T$, para $T < T_{max}$ e $T' = 2 \times T_{max} - T$, para $T > T_{max}$. Os parâmetros c , k_1 e k_2 foram estimados através do método de Marquardt, utilizando-se o PROC NLIN (Sas Institute Inc. 2000).

Modelo biofísico de Sharpe & DeMichele (1977), modificado por Schoolfield *et al.* (1981):

$$r(T) = \frac{RHO_{25} \left(\frac{T}{298,15} \right) \exp \left[\left(\frac{H_A}{R} \right) \left(\frac{1}{298,15 - \frac{1}{T}} \right) \right]}{1 + \exp \left[\left(\frac{H_L}{R} \right) \left(\frac{1}{T_L} - \frac{1}{T} \right) \right] + \exp \left[\left(\frac{H_H}{R} \right) \left(\frac{1}{T_H} - \frac{1}{T} \right) \right]}, \quad (4)$$

onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento à temperatura T (°K), R é a constante universal do gás ($1,987 \text{ grau cal}^{-1}\text{mol}^{-1}$), RHO_{25} é a taxa de desenvolvimento a 25 °C ($298,15 \text{ °K}$), assumindo não ocorrer inativação de enzima, H_A é a entalpia de ativação da reação que é catalisada pela enzima que controla a taxa, T_L é a temperatura em graus Kelvin na qual a taxa que controla a enzima é metade ativa e metade inativa em baixa temperatura, H_L é a mudança na entalpia associada com inativação da enzima em baixa temperatura, T_H é a temperatura em graus Kelvin na qual a enzima que controla a taxa de desenvolvimento do inseto é metade ativa e metade inativa em alta temperatura, H_H é a mudança na entalpia associada com inativação em alta temperatura. Os parâmetros RHO_{25} , H_A , T_H e H_H foram estimados através do método de Marquardt, usando-se o PROC NLIN (Sas Institute Inc. 2000), conforme procedimento adotado por Wagner *et al.* (1984).

O numerador da equação quatro explica as taxas de desenvolvimento dependentes da temperatura na ausência de inativação a baixa ou alta temperatura. A primeira e a segunda equações exponenciais no denominador da equação quatro explicam respectivamente, a inibição a baixa e a alta temperatura (Wagner *et al.* 1984).

Wagner *et al.* (1984) desenvolveram um método para determinar se os dados ajustam-se a um modelo constituído de seis, quatro ou dois parâmetros. Esse método testa para a não linearidade nos dados a temperaturas extremas (baixa e alta), a qual indicaria inibição a temperatura extrema. O modelo constituído de seis parâmetros ajusta-se melhor aos dados se ambos os extremos de temperatura apresentarem efeito significativo na inibição. No caso da alta temperatura não apresentar efeito significativo na inibição, então, os parâmetros T_H e H_H assumirão valores constantes de 1.000 e 100.000.000, respectivamente. Se temperatura baixa

não apresentar efeito significativo na inibição, os parâmetros T_L e H_L receberão valores constantes, respectivamente, de 100 e $-100.000.000$. Portanto, em ambos os casos, o modelo constituído de quatro parâmetros ajustar-se-á melhor aos dados. Quando a baixa e alta temperaturas não afetam a inibição, o modelo com dois parâmetros ajustar-se-á melhor aos dados; então, os quatros parâmetros T_H , H_H , T_L e H_L receberão valores constantes de 1.000, 100.000.000, 100 e $-100.000.000$, respectivamente.

Modelo de Lactin *et al.* (1995), resultante da modificação do modelo não linear de Logan *et al.* (1976):

$$r(T) = e^{\rho T} - e^{\left[\rho T_L - \left(\frac{T_L - T}{\Delta_T} \right) \right]} + \lambda, \quad (5)$$

onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento à temperatura T ($^{\circ}\text{C}$), T_L é a temperatura letal em graus celcius, ρ é a taxa de aumento à temperatura ótima, Δ_T é a diferença entre a temperatura letal e a temperatura ótima de desenvolvimento, e λ é o parâmetro que faz a curva interceptar a abscissa, o que permite estimar temperatura base. Os parâmetros T_L , ρ , Δ_T e λ foram estimados pelo método de Marquardt, usando-se o PROC NLIN (Sas Institute Inc. 2000).

O coeficiente de determinação (R^2) de modelos não lineares não pode ser calculado como em modelos lineares ($R^2 = 1 - (\text{SQR}/\text{SST})$), porque a maioria dos modelos não lineares não apresenta um intercepta identificável. Neste caso, o SAS usa a soma dos quadrados não correlacionada ao invés da soma dos quadrados do total (Freund & Littell 1986). O R^2 desses modelos foram calculados como $R^2 = 1 - (S_y^2/S_{td}^2)$, onde S_y^2 é a variância dos resíduos do modelo e S_{td}^2 é a variância das médias observadas das taxas de desenvolvimento.

Resultados

Independentemente do sexo, com o aumento da temperatura de 17 para 33 °C ocorreu redução na duração de todos os ínstaes e fases de desenvolvimento de *P. nigrispinus* (Tabelas 1 e 2). Em geral, os indivíduos que originaram fêmeas apresentaram duração maior do que os que originaram machos. Porém, só foram observadas diferenças significativas (teste “t”, $P = 0,05$) no 3° (17 °C) e 5° ínstaes (17, 20, 23, 25, 28 e 30 °C) (Tabela 2), na fase ninfal (20, 25, 28 e 30 °C) e na forma imatura (20, 25, 28 e 30 °C) (Tabela 1).

Temperaturas extremas (17 e 33 °C) afetaram consideravelmente a sobrevivência de *P. nigrispinus* (Tabelas 1 e 2). De 50 ninfas submetidas a 35 °C, apenas três indivíduos atingiram o 4° ínstar e nenhum o 5° ínstar, sendo a sobrevivência durante o 1°, 2° e 3° ínstaes de 65,00, 42,00 e 14,28%, respectivamente.

Com exceção de alguns ínstaes de indivíduos que originaram machos (2°: 30 °C; 3°: 30 e 33 °C; 4°: 33 °C; e 5°: 28 e 33 °C) e fêmeas (1°: 30 °C; 4°: 33 °C; e 5°: 28 e 33 °C) (Tabela 4), as taxas de desenvolvimento foram proporcionais ao aumento da temperatura. Por outro lado quando foram consideradas a fase ninfal e forma imatura, as taxas de desenvolvimento foram proporcionais a elevação da temperatura para ambos os sexos de *P. nigrispinus* (Tabela 3).

Os baixos valores de R^2 obtidos para o modelo logístico de Davidson (1942, 1944) (de 0,1593 a 0,2672, e de 0,1406 a 0,2804 para machos e fêmeas, respectivamente) (Tabela 5) e para o modelo sigmóide de Stinner *et al.* (1974) (de 0,2136 a 0,6389, e de 0,1417 a 0,3045 para machos e fêmeas, respectivamente) (Tabela 6) indicaram que estes modelos não se ajustam aos dados obtidos de *P. nigrispinus*.

A inibição do desenvolvimento do predador devido a temperatura ocorreu na temperatura extrema mais alta (35 °C), enquanto na mais baixa (17 °C) não foi significativa. Como a inibição do desenvolvimento de *P. nigrispinus* só foi significativa a temperatura extrema mais alta, utilizou-se a versão do modelo de Sharpe & DeMichele (1977), tornando T_L e H_L iguais a constantes 100 e -100.000.000, respectivamente. O teste para a inibição do desenvolvimento de um inseto a baixa temperatura é parte do programa SAS de Wagner *et al.* (1984), baseado no grau de desvio da linearidade. A correlação linear entre taxas de desenvolvimento e temperaturas de 33 °C e mais baixas foi significativa (como por exemplo, macho imaturo: $R^2 = 0,95$; $F = 99,76$; $gl = 1,5$; $P = 0,0002$ e fêmea imatura: $R^2 = 0,97$; $F = 187,19$; $gl = 1,5$; $P = 0,0001$), não apresentando desvio da linearidade à temperaturas mais baixas.

Os altos valores de R^2 obtidos para o modelo biofísico de Sharpe & DeMichele (1977) (de 0,9226 a 0,9893, e de 0,8818 a 0,9914 para machos e fêmeas, respectivamente) (Tabela 7) e para o modelo de Lactin *et al.* (1995) (de 0,9485 a 0,9997, e de 0,8961 a 0,9997 para machos e fêmeas, respectivamente) (Tabela 8) indicaram o ajuste destes modelos aos dados obtidos de *P. nigrispinus*.

As fêmeas de *P. nigrispinus* mostraram maior tolerância a alta temperatura, a qual é representada pelo alto valor de H_H para a forma imatura (Tabela 7) obtido através do modelo de Sharpe & DeMichele (1977).

O valor do parâmetro T_H do modelo de Sharpe & DeMichele (1977) é a temperatura em graus Kelvin na qual a enzima que controla a taxa de desenvolvimento do inseto é parcialmente inativada. O valor de T_H para *P. nigrispinus* foi 306,3 °K (Tabela 7); portanto, esta espécie apresenta estresse térmico a 33,3 °C. Isto indica que a estimativa da ação térmica máxima pelo modelo de Sharpe & DeMichele (1977) foi bastante realística.

O parâmetro T_L obtido através do modelo de Lactin *et al.* (1995) representa a temperatura em graus celcius na qual o inseto não sobrevive por muito tempo. O valor deste parâmetro é expresso em graus celcius acima da temperatura base (17 °C). Os valores estimados de T_L para machos e fêmeas de *P. nigrispinus* foram 37,80 e 35,38 °C, respectivamente (Tabela 8). Transformando-os para as temperaturas atuais ($T_L + 17$); então, as temperaturas letais para machos e fêmeas de *P. nigrispinus* foram respectivamente, 54,80 e 52,38 °C. De acordo com o modelo de Lactin *et al.* (1995), os machos de *P. nigrispinus* são mais tolerantes a altas temperaturas do que as fêmeas. Os valores de λ estimados foram < 0 , indicando que se pode estimar a temperatura base para cada instar e fase de desenvolvimento de *P. nigrispinus*. Portanto, a relação entre taxa de desenvolvimento e temperatura para machos e fêmeas de *P. nigrispinus* foi adequadamente descrita pelos modelos de Sharpe & DeMichele (1977) e de Lactin *et al.* (1995) (Figs. 1 e 2).

Discussão

P. nigrispinus ocorre no agroecossistema do algodoeiro nos municípios de Patos, Santa Luzia e Souza, no Estado da Paraíba, predando lagartas de *A. argillacea* (Medeiros 1997). Este predador mantém suas populações, no sertão paraibano, durante todo ano, em condições de escassez de presa (após o surto do curuquerê-do-algodoeiro) e em temperaturas que atingem, nas horas mais quentes do dia, a 35 °C, durante a maior parte do ano. No entanto, em nosso estudo *P. nigrispinus* apresentou baixa sobrevivência a 33 °C e não conseguiu desenvolver-se a 35 °C. É possível que o desenvolvimento de *P. nigrispinus* em regiões onde as

temperaturas máximas excedem a letal seja devido as oscilações de temperatura que ocorrem no decorrer do dia e ao microclima formado no interior do agroecossistema do algodoeiro (Medeiros *et al.* 1998). As altas mortalidades observadas em experimentos com exposição do inseto a temperaturas extremas e constantes podem não refletir a sua resposta à condições naturais de temperaturas flutuantes (Logan *et al.* 1985), tendo em vista que o inseto pode se expor a forte radiação solar durante o dia e a temperaturas amenas a noite (Worner 1992). Por outro lado, os efeitos letais de temperaturas extremas, depende do tempo de exposição do inseto a essas temperaturas (Howe 1967).

Os modelos não lineares, logístico de Davidson (1942, 1944) e sigmóide de Stinner *et al.* (1974), não descreveram, adequadamente, a relação entre as taxas de desenvolvimento das diferentes fases de *P. nigrispinus* e temperatura. Wagner *et al.* (1984) afirmaram que apesar desses modelos terem sido amplamente usados para descrever a relação entre taxas de desenvolvimento e temperatura de diferentes espécies de insetos, estes apresentam imprecisões: (1) o modelo de Stinner *et al.* (1974) assume uma forma simétrica em ambos os lados da temperatura ótima e por esta razão não descreve, adequadamente, o desenvolvimento de insetos quando submetidos à temperaturas elevadas; e (2) o modelo de Davidson (1942, 1944) é pouco descritivo em um ou ambos os finais da curva da relação entre taxa de desenvolvimento e temperatura. Harari *et al.* (1998) relataram que o modelo de Davidson (1942, 1944) não estimou, adequadamente, a temperatura ótima para o desenvolvimento de *Maladera matrida* Argaman, pois estimou taxas de desenvolvimento maiores à temperaturas acima da ótima.

O modelo biofísico de Sharpe & DeMichele (1977) descreve uma resposta não linear entre taxas de desenvolvimento e temperaturas baixas e altas, como também uma resposta linear em temperaturas

intermediárias. Por esta razão é considerado por Wagner *et al.* (1984) e Fan *et al.* (1992), como o modelo não linear que melhor descreve o efeito de temperaturas constantes sobre o desenvolvimento de insetos. Este modelo foi aplicado e avaliado por Gould & Elkinton (1990), Orr & Obrycki (1990), Fan *et al.* (1992), Morales-Ramos & Cate (1993), Judd & McBrien (1994) e Harari *et al.* (1998), e mostrou ser adequado nas determinações das taxas de desenvolvimento dessas espécies.

Lactin *et al.* (1995), modificaram o modelo não linear de Logan *et al.* (1976), eliminando o parâmetro ψ e introduzindo o parâmetro λ (intercepta), permitindo estimar a temperatura base inferior. Este modelo foi aplicado e avaliado por Briere & Pracros (1998) e mostrou ser adequado para descrever a relação entre as taxas de desenvolvimento das diferentes fases de *Lobesia botrana* Dennis & Schiffermüller e temperatura.

Os modelos de Sharpe & DeMichele (1977) e de Lactin *et al.* (1995) descreveram, adequadamente, a relação entre as taxas de desenvolvimento das diferentes fases de machos e fêmeas de *P. nigrispinus* e temperatura (Figs. 1 e 2), pois, ambos descreveram uma forma assimétrica em torno da temperatura ótima, sendo que o modelo de Lactin *et al.* (1995) apresentou uma curva levemente mais realística do que o modelo de Sharpe & DeMichele (1977) (Figs. 1 e 2). Briere & Pracros (1998) relataram que em insetos a relação entre taxa de desenvolvimento e temperatura é não linear, tem uma forma assimétrica e é composta de três seções: a primeira é representada pelas baixas temperaturas, onde a taxa de desenvolvimento aumenta não linearmente a partir do ponto de desenvolvimento zero; a segunda é a faixa onde a taxa de desenvolvimento torna-se proporcional ao aumento da temperatura; e a terceira começa a partir da temperatura ótima e vai até a temperatura letal. Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que os modelos de Sharpe & DeMichele (1977) e de Lactin *et al.*

(1995) são adequados para descrever a relação entre as taxas de desenvolvimento dos diferentes ínstares e fases de *P. nigrispinus* e temperatura.

Literatura Citada

- Bergam, E.C., S.O. Imenes, D. Hojo, T.B. Campos, A.P. Takemtsu & M.L.F.S. Macellaro. 1984.** Levantamento da entomofauna na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*). O Biológico 50: 209-236.
- Briere, Jean-Francois & P. Pracros. 1998.** Comparison of temperature-dependent growth models with the development of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). Environ. Entomol. 27: 94-101.
- Campbell, A., B.D. Frazer, N. Gilbert, A.P. Gutierrez & M. Mackauer. 1974.** Temperature requirements of some aphids and their parasites. J. Appl. Ecol. 11: 431-438.
- Curry, G.L. & R.M. Feldman. 1987.** Mathematical foundations of population dynamics. TEES Monograph Series, College Station, Texas. 249p.
- Davidson, J. 1942.** On the speed of development of insect eggs at constant temperatures. Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci. 20: 233-239.
- Davidson, J. 1944.** On the relationship between temperature and rate of development of insects at constant temperatures. J. Anim. Ecol. 13: 26-38.
- Fan, Y., E. Groden & F.A. Drummond. 1992.** Temperature-dependent development of mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) under constant and variable temperatures. J. Econ. Entomol. 85: 1762-1770.
- Freund, R.J. & R.C. Littell. 1986.** SAS system for regression. SAS Institute, Cary. 846p.

- Gonçalves, L. 1990.** Biologia e capacidade predatória de *Podisus connexivus* Bergroth, 1891 e *Podisus nigrolimbatus* Spínola, 1852 (Hemiptera: Pentatomidae) em condições de laboratório. Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, Dissertação, 87p.
- Gould, J.R. & J.S. Elkinton. 1990.** Temperature-dependent growth of *Cotesia melanoscela* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Environ. Entomol.* 19: 859-865.
- Grazia, J. & R. Hildebrand. 1986.** Hemípteros predadores de insetos, p. 21-37. In Encontro Sul-Brasileiro de Controle Biológico de Pragas, 1, Passo Fundo, AEAPF/EMBRAPA-CNPT. 262p.
- Harari, A.R., D. Ben-Yakir, M. Chen & D. Rosen. 1998.** Temperature-dependent developmental models for predicting the phenology of *Maladera matrida* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Environ. Entomol.* 27: 1220-1228.
- Hilbert, D.W. & J.A. Logan. 1983.** Empirical model of nymphal development for the migratory grasshopper, *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera: Acrididae). *Environ. Entomol.* 12: 1-5.
- Howe, R.W. 1967.** Temperature effects on embryonic development in insects. *Ann. Rev. Entomol.* 10: 15-42.
- Lactin, D.J., N.J. Holliday, D.L. Johnson & R. Craigen. 1995.** Improved rate model of temperature-dependent development by arthropods. *Environ. Entomol.* 24: 68-75.
- Logan, J.A., D.J. Wollkind, S.C. Hoyt & L.K. Tanigoshi. 1976.** An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. *Environ. Entomol.* 5: 1133-1140.
- Logan, J.A., R.A. Casagrande, H.H. Faubert & F.A. Drummond. 1985.** Temperature-dependent development and feeding of immature colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.* 14: 275-283.
- Judd, G.J.R. & H.L. McBrien. 1994.** Modeling temperature-dependent development and hatch of overwintered eggs of *Campylomma verbasci* (Heteroptera: Miridae). *Environ. Entomol.* 23: 1224-1234.

- Marco, V., A. Taberner & P. Castañera. 1997.** Development and survival of immature *Aubeonymus mariaefranciscæ* (Coleoptera: Curculionidae) at constant temperatures. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 90: 169-176.
- Medeiros, R.S. 1997.** Efeitos da temperatura na biologia de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae), predador do curuquerê-do-algodoeiro. Areia, Universidade Federal da Paraíba, Trabalho de conclusão de curso, 91p.
- Medeiros, R.S., W.P. Lemos & F.S. Ramalho. 1998.** Efeitos da temperatura no desenvolvimento de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera, Pentatomidae), predador do curuquerê-do-algodoeiro (Lepidoptera, Noctuidae). *Rev. Bras. Entomol.* 42: 121-130.
- Medeiros, R.S., F.S. Ramalho, W.P. Lemos & J.C. Zanuncio. 2000.** Age-dependent fecundity and life-fertility tables for *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het., Pentatomidae). *J. Appl. Entomol.* 124: 319-324.
- Michel, B. 1994.** Entomofauna de los algodones paraguayos: Hemiptera Heteroptera. Asuncion, Ministério de Agricultura y Ganadería, 132p.
- Morales-Ramos, J.A. & J.R. Cate. 1993.** Temperature-dependent rates of *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Environ. Entomol.* 22: 226-233.
- Orr, C.J. & J.J. Obrycki. 1990.** Thermal and dietary requirements for development of *Hippodamia parenthesis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environ. Entomol.* 19: 1523-1527.
- Sanderson, E.D. & L.M. Peairs. 1913.** The relation of temperature to insect life. N.C. Coll. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. No. 7.
- Santos, T.M., E.N. Silva & F.S. Ramalho. 1995.** Desenvolvimento ninfal de *Podisus connexivus* Bergroth (Hemiptera: Pentatomidae) alimentado com curuquerê-do-algodoeiro. *Pesq. Agrop. Bras.* 30: 163-167.
- Santos, T.M., E.N. Silva & F.S. Ramalho. 1996.** Consumo alimentar e desenvolvimento de *Podisus nigrispinus* (Dallas) sobre *Alabama argillacea* (Huebner) em condições de laboratório. *Pesq. Agrop. Bras.* 31: 699-707.

- Sas Institute Inc. 2000.** SAS user's guide: statistics. Cary. 584p.
- Schoolfield, R.M., P.J.H. Sharpe & C.E. Magnuson. 1981.** Non linear regression of biological temperature-dependent rate models based on absolute reaction-rate theory. *J. Theor. Biol.* 88: 719-731.
- Sharpe, P.J.H. & D.W. DeMichele. 1977.** Reaction kinetics of poikilotherm development. *J. Theor. Biol.* 64: 649-670.
- Stinner, R.E., A.P. Gutierrez & G.D. Butler, Jr. 1974.** An algorithm for temperature-dependent growth rate simulation. *Can. Entomol.* 106: 519-524.
- Thomas, D.B. 1992.** Taxonomic synopsis of the Asopinae Pentatomidae (Heteroptera) of the Western Hemisphere. Lanham, Entomological Society of America, 156p.
- Uvarov, B.P. 1931.** Insects and climate. *Trans. Entomol. Soc. London* 79: 1-247.
- Wagner, T.L., H. Wu, P.J.H. Sharpe, R.M. Schoolfield & R.N. Coulson. 1984.** Modeling insect development rates: a literature review and a application of a biophysical model. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77: 208-225.
- Worner, S.P. 1992.** Performance of phenological models under variable temperature regimes: consequences of the Kaufmann or rate summation effect. *Environ. Entomol.* 21: 689-699.

Tabela 1. Sobrevivência e duração das fases de ovo e ninfa, e forma imatura de *P. nigrispinus*, alimentado com lagartas de *A. argillacea*, às temperaturas de 17 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Temp. (°C)	Fase/Forma	n ¹	Duração (dia) ± EP ²		Duração (dia) ± EP
			Macho	Fêmea	
17 M ⁴ = 3; F ⁵ = 8	Ovo	331 (31,98) ³	-	-	14,25 ± 0,05
	Ninfa	106 (10,38)	59,00 ± 1,53	60,13 ± 2,09 ^{NS}	-
	Imatura	331 (3,32)	73,25 ± 1,53	74,38 ± 2,09 ^{NS}	-
20 M = 20; F = 26	Ovo	193 (36,84)	-	-	8,68 ± 0,04
	Ninfa	71 (64,79)	32,40 ± 0,33	34,00 ± 0,32*	-
	Imatura	193 (23,83)	41,08 ± 0,33	42,68 ± 0,32*	-
23 M = 23; F = 21	Ovo	210 (29,95)	-	-	5,76 ± 0,04
	Ninfa	63 (69,84)	22,83 ± 0,28	23,43 ± 0,22 ^{NS}	-
	Imatura	210 (20,95)	28,67 ± 0,27	29,17 ± 0,22 ^{NS}	-
25 M = 21; F = 23	Ovo	86 (62,96)	-	-	5,08 ± 0,02
	Ninfa	54 (81,48)	19,81 ± 0,22	21,57 ± 0,50*	-
	Imatura	86 (51,16)	24,89 ± 0,22	26,65 ± 0,50*	-
28 M = 26; F = 19	Ovo	70 (74,02)	-	-	4,00 ± 0,00
	Ninfa	52 (86,54)	17,23 ± 0,23	19,37 ± 0,28*	-
	Imatura	70 (64,29)	21,23 ± 0,23	23,37 ± 0,28*	-

Tabela 1. Continuação.

Temp. (°C)	Fase/Forma	n	Duração (dia) ± EP		Duração (dia) ± EP
			Macho	Fêmea	
30	Ovo	91 (58,21)	-	-	3,59 ± 0,03
	Ninfa	53 (73,58)	16,86 ± 0,31	18,56 ± 0,25*	-
	Imatura	91 (42,86)	20,45 ± 0,31	22,15 ± 0,25*	-
M = 21; F = 18					
33	Ovo	191 (40,35)	-	-	3,04 ± 0,01
	Ninfa	77 (2,60)	16,00 ± 0,00	15,00 ± 0,00 ^{NS}	-
	Imatura	191 (1,05)	19,04 ± 0,00	18,04 ± 0,00 ^{NS}	-
M = 1; F = 1					

¹Número de indivíduos.

²Erro padrão.

³Sobrevivência (%).

⁴Macho.

⁵Fêmea.

NS = Não há diferença significativa na duração entre macho e fêmea pelo teste “t” (P = 0,05).

* = Há diferença significativa na duração entre macho e fêmea pelo teste “t” (P = 0,05).

Tabela 2. Sobrevivência e duração de cada um dos ínstar de *P. nigrispinus*, alimentado com lagartas de *A. argillacea*, às temperaturas de 17 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Temp. (°C)	Ínstar	n ¹	Duração (dia) ± EP ²	
			Macho	Fêmea
17	1°	106 (47,22) ³	9,67 ± 0,66	10,13 ± 0,29 ^{NS}
	2°	50 (86,00)	11,00 ± 0,00	10,00 ± 0,42 ^{NS}
	3°	43 (60,47)	11,68 ± 0,66	8,75 ± 0,41*
	4°	26 (46,15)	11,33 ± 0,45	13,75 ± 0,79 ^{NS}
	M ⁴ = 3; F ⁵ = 8	5°	11 (100,00)	15,33 ± 0,33
20	1°	71 (70,00)	5,65 ± 0,13	5,81 ± 0,11 ^{NS}
	2°	50 (94,00)	6,05 ± 0,17	6,42 ± 0,19 ^{NS}
	3°	47 (100,00)	5,30 ± 0,13	5,54 ± 0,10 ^{NS}
	4°	47 (100,00)	5,85 ± 0,11	6,04 ± 0,12 ^{NS}
	M = 20; F = 26	5°	47 (97,87)	9,65 ± 0,15
23	1°	63 (79,00)	3,61 ± 0,12	3,38 ± 0,11 ^{NS}
	2°	50 (94,00)	4,65 ± 0,17	4,57 ± 0,20 ^{NS}
	3°	47 (95,74)	3,61 ± 0,14	3,81 ± 0,15 ^{NS}
	4°	45 (97,77)	4,13 ± 0,13	4,29 ± 0,10 ^{NS}
	M = 23; F = 21	5°	44 (100,00)	6,83 ± 0,14

Tabela 2. Continuação.

Temp. (°C)	Ínstar	n	Duração (dia) ± EP	
			Macho	Fêmea
25	1°	54 (92,00)	3,05 ± 0,05	3,04 ± 0,04 ^{NS}
	2°	50 (94,00)	3,71 ± 0,12	3,74 ± 0,14 ^{NS}
	3°	47 (97,87)	3,14 ± 0,08	3,65 ± 0,27 ^{NS}
	4°	46 (97,83)	3,95 ± 0,08	3,96 ± 0,21 ^{NS}
	M = 21; F = 23	5°	45 (97,78)	5,95 ± 0,16
28	1°	52 (96,00)	2,31 ± 0,09	2,11 ± 0,07 ^{NS}
	2°	50 (96,00)	3,08 ± 0,05	3,16 ± 0,16 ^{NS}
	3°	48 (93,75)	2,38 ± 0,10	2,63 ± 0,14 ^{NS}
	4°	45 (100,00)	3,12 ± 0,08	3,37 ± 0,14 ^{NS}
	M = 26; F = 19	5°	45 (100,00)	6,35 ± 0,20
30	1°	53 (94,00)	2,10 ± 0,07	2,28 ± 0,11 ^{NS}
	2°	50 (86,00)	3,24 ± 0,14	3,11 ± 0,11 ^{NS}
	3°	43 (95,34)	2,52 ± 0,18	2,39 ± 0,14 ^{NS}
	4°	41 (97,56)	2,95 ± 0,13	3,11 ± 0,18 ^{NS}
	M = 21; F = 18	5°	40 (97,50)	5,95 ± 0,20

Tabela 2. Continuação.

Temp. (°C)	Ínstar	n	Duração (dia) ± EP	
			Macho	Fêmea
33	1°	77 (65,00)	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00 ^{NS}
	2°	50 (46,00)	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00 ^{NS}
	3°	23 (43,48)	3,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00 ^{NS}
	4°	10 (80,00)	3,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00 ^{NS}
M = 1; F = 1	5°	8 (25,00)	6,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00 ^{NS}

¹Número de indivíduos.

²Erro padrão.

³Sobrevivência (%).

⁴Macho.

⁵Fêmea.

NS = Não há diferença significativa na duração entre macho e fêmea pelo teste “t” (P = 0,05).

* = Há diferença significativa na duração entre macho e fêmea pelo teste “t” (P = 0,05).

Tabela 3. Taxa média de desenvolvimento¹ das fases de ovo e ninfa, e forma imatura de *P. nigrispinus*, alimentado com lagartas de *A. argillacea*, às temperaturas de 17 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Temp. (°C)	Fase/Forma		
	Ovo	Ninfa	Imatura
---- Macho ----			
17	0,0702	0,0170	0,0137
20	0,1154	0,0309	0,0244
23	0,1743	0,0439	0,0350
25	0,1972	0,0505	0,0402
28	0,2502	0,0582	0,0472
30	0,2816	0,0595	0,0490
33	0,3295	0,0625	0,0525
---- Fêmea ----			
17	0,0702	0,0167	0,0135
20	0,1154	0,0294	0,0234
23	0,1743	0,0427	0,0343
25	0,1972	0,0466	0,0377
28	0,2502	0,0517	0,0428
30	0,2816	0,0540	0,0452
33	0,3295	0,0667	0,0554

¹ $r(T) = 1 / e^{\left\{ \left[\frac{\sum_{i=1}^n \ln(di)}{n} \right] \right\}}$, onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento, di são as observações individuais de tempo de desenvolvimento em dias e n é o número de observações.

Tabela 4. Taxa média de desenvolvimento¹ de cada um dos ínstar de *P. nigrispinus*, alimentado com lagartas de *A. argillacea*, às temperaturas de 17 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Temp. (°C)	Ínstar				
	1°	2°	3°	4°	5°
---- Macho ----					
17	0,1039	0,0909	0,0860	0,0897	0,0652
20	0,1779	0,1665	0,1897	0,1715	0,1039
23	0,2806	0,2179	0,2814	0,2449	0,1471
25	0,3288	0,2723	0,3199	0,2542	0,1692
28	0,4414	0,3260	0,4278	0,3239	0,1596
30	0,4811	0,3140	0,4125	0,3456	0,1699
33	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0,1667
---- Fêmea ----					
17	0,0991	0,1006	0,1151	0,0736	0,0576
20	0,1732	0,1573	0,1813	0,1664	0,0980
23	0,2987	0,2224	0,2665	0,2346	0,1359
25	0,3292	0,2718	0,2854	0,2601	0,1409
28	0,4791	0,3236	0,3894	0,3017	0,1251
30	0,4673	0,3250	0,4299	0,3304	0,1320
33	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2000

¹ $r(T) = 1 / e^{\left\{ \left[\frac{\sum_{i=1}^n \ln(di)}{n} \right] \right\}}$, onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento, di são as observações individuais de tempo de desenvolvimento em dias e n é o número de observações.

Tabela 5. Parâmetros estimados pelo modelo de Davidson para cada um dos ínstar, para as fases de ovo e ninfa, e forma imatura de *P. nigrispinus*, alimentado com lagartas de *A. argillacea*, às temperaturas de 17 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Fase/Ínstar/Forma	Parâmetro			R ²
	k ¹	a ²	b ³	
---- Macho ----				
Ovo	0,2136	8,7455	0,4558	0,2382
1°	0,3527	9,5165	0,4868	0,2672
2°	0,2842	8,3711	0,4386	0,2129
3°	0,2983	11,6787	0,6333	0,2567
4°	0,2521	10,5903	0,5801	0,2240
5°	0,1346	11,2127	0,6507	0,1593
Ninfa	0,0461	10,4527	0,5733	0,2219
Imatura	0,0378	10,0637	0,5477	0,2263
---- Fêmea ----				
Ovo	0,2136	8,7455	0,4558	0,2382
1°	0,3583	10,2465	0,5210	0,2804
2°	0,2869	8,0000	0,4190	0,2076
3°	0,3250	8,2045	0,4322	0,2219
4°	0,2103	12,6699	0,7072	0,1790
5°	0,1220	11,8308	0,6855	0,1406
Ninfa	0,0440	10,1160	0,5571	0,2072
Imatura	0,0363	9,7670	0,5332	0,2155

¹Constante que define o limite superior da linha sigmóide.

²Valor que define o ponto na linha de regressão em relação a abscissa.

³Inclinação da linha da curva.

Tabela 6. Parâmetros estimados pelo modelo de Stinner *et al.* para cada um dos ínstares, para as fases de ovo e ninfa, e forma imatura de *P. nigrispinus*, alimentado com lagartas de *A. argillacea*, às temperaturas de 17 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Fase/Ínstar/Forma	Parâmetro			R ²
	c ¹	k ₁ ²	k ₂ ³	
---- Macho ----				
Ovo	0,2136	8,7453	0,4558	0,2382
1°	0,3524	9,5228	0,4872	0,2669
2°	0,2839	8,3819	0,4393	0,2136
3°	0,2987	11,8677	0,6327	0,2391
4°	0,2526	10,5661	0,5785	0,2231
5°	0,1403	- 1.626,6000	46,8227	0,6389
Ninfa	0,0461	10,4605	0,5738	0,2219
Imatura	0,0378	10,0613	0,5775	0,2263
---- Fêmea ----				
Ovo	0,2136	8,7453	0,4558	0,2382
1°	0,3581	10,2533	0,5214	0,3045
2°	0,2866	8,0084	0,4196	0,2079
3°	0,3247	8,2116	0,4327	0,2215
4°	0,2101	12,7014	0,7091	0,1783
5°	0,1217	11,8817	0,6887	0,1417
Ninfa	0,0440	10,1163	0,5571	0,2072
Imatura	0,0364	9,7575	0,5327	0,2155

¹ $(I/t_{max}) \times (e^{k_1 I + k_2 T_{max}})$ (assíntota).

²Constante empírica.

³Constante empírica.

Tabela 7. Parâmetros estimados pelo modelo de Sharpe & DeMichele para cada um dos ínstares, para as fases de ovo e ninfa, e forma imatura de *P. nigrispinus*, alimentado com lagartas de *A. argillacea*, às temperaturas de 17 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Fase/Ínstar/Forma	Parâmetro				R ²
	RHO ₂₅ ¹	H _A ²	T _H ³	H _H ⁴	
---- Macho ----					
Ovo	0,1883	15.197,4000	306,3000	1.866.674,0000	0,9893
1°	0,3126	16.819,2000	306,3000	1.310.962,0000	0,9855
2°	0,2435	14.727,5000	307,5000	4.419.068,0000	0,9640
3°	0,2983	14.847,9000	306,2000	680.026,0000	0,9461
4°	0,2484	13.256,3000	306,3000	1.208.193,0000	0,9697
5°	0,1415	8.879,0000	306,3000	1.249.946,0000	0,9226
Ninfa	0,0452	12.248,6000	306,3000	1.313.382,0000	0,9393
Imatura	0,0364	12.756,6000	306,3000	1.394.342,0000	0,9671
---- Fêmea ----					
Ovo	0,1883	15.197,4000	306,3000	1.866.674,0000	0,9893
1°	0,3192	16.597,3000	306,3000	1.169.250,0000	0,9639
2°	0,2452	14.699,4000	307,5000	4.282.544,0000	0,9741
3°	0,2882	15.034,9000	306,3000	1.880.428,0000	0,9914
4°	0,2152	15.057,9000	306,2000	1.262.034,0000	0,8818
5°	0,1222	8.833,1000	307,5000	4.203.392,0000	0,8902
Ninfa	0,4200	11.180,7000	306,4000	2.095.507,0000	0,9598
Imatura	0,0343	11.848,4000	306,4000	2.032.902,0000	0,9672

¹Taxa de desenvolvimento a 25 °C (298,15 °K), assumindo não ocorrer inativação de enzima.

²Entalpia de ativação da reação que é catalisada pela enzima que controla a taxa de desenvolvimento.

³Temperatura em graus Kelvin na qual a enzima que controla a taxa de desenvolvimento do inseto é metade ativa e metade inativa em alta temperatura.

⁴Mudança na entalpia associada com inativação em alta temperatura.

Tabela 8. Parâmetros estimados pelo modelo de Lactin *et al.* para cada um dos ínstar, para as fases de ovo e ninfa, e foram imatura de *P. nigrispinus*, alimentado com lagartas de *A. argillacea*, às temperaturas de 17 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Fase/Ínstar/Forma	Parâmetro				R ²
	ρ^1	T_L^2	Δ_T^3	λ^4	
---- Macho ----					
Ovo	0,0122	35,7545	0,5327	- 1,1589	0,9997
1°	0,0193	36,1643	1,0723	- 1,2852	0,9983
2°	0,0153	35,1515	0,1239	- 1,2059	0,9600
3°	0,0204	37,6417	2,4067	- 1,3193	0,9930
4°	0,0143	36,6508	1,3153	- 1,1693	0,9896
5°	0,0073	37,4386	1,4257	- 1,0518	0,9485
Ninfa	0,0032	37,9238	1,1182	- 1,0356	0,9969
Imatura	0,0027	37,7986	0,9981	- 1,0303	0,9978
---- Fêmea ----					
Ovo	0,0122	35,7545	0,5327	- 1,1589	0,9997
1°	0,0199	36,2738	1,1864	- 1,3010	0,9857
2°	0,0154	35,1431	0,1175	- 1,2048	0,9682
3°	0,0204	37,6417	2,4067	- 1,3193	0,9930
4°	0,0143	36,6508	1,3153	- 1,1693	0,9896
5°	0,0058	35,2014	0,1094	- 1,0309	0,8961
Ninfa	0,0027	35,3631	0,1336	- 1,0259	0,9799
Imatura	0,0023	35,3829	0,1326	- 1,0239	0,9862

¹Taxa de aumento à temperatura ótima.

²Temperatura letal em graus celcius.

³Diferença entre a temperatura letal e a temperatura ótima de desenvolvimento.

⁴Parâmetro que faz a curva interceptar a abscissa, permitindo estimar temperatura base.

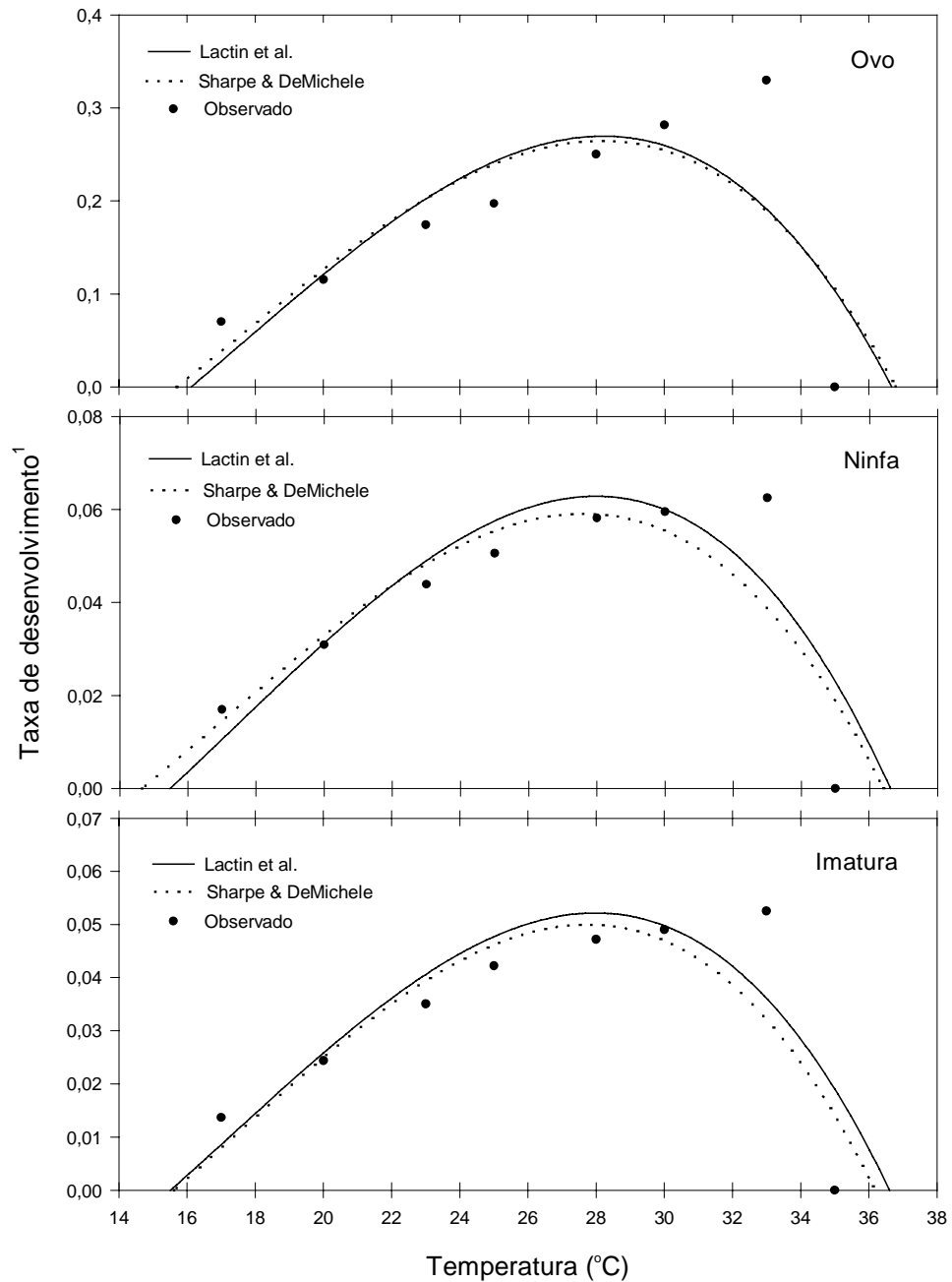


Figura 1. Relação entre taxa de desenvolvimento e temperatura para as fases de ovo e ninfa, e forma imatura de machos de *P. nigrispinus*.

¹ $r(T) = 1,0 / e^{\left\{ \left[\frac{\sum_{i=1}^n \ln(di)}{n} \right] \right\}}$, onde $r(t)$ é a taxa média de desenvolvimento, di são as observações individuais de tempo de desenvolvimento em dias e n é o número de observações.

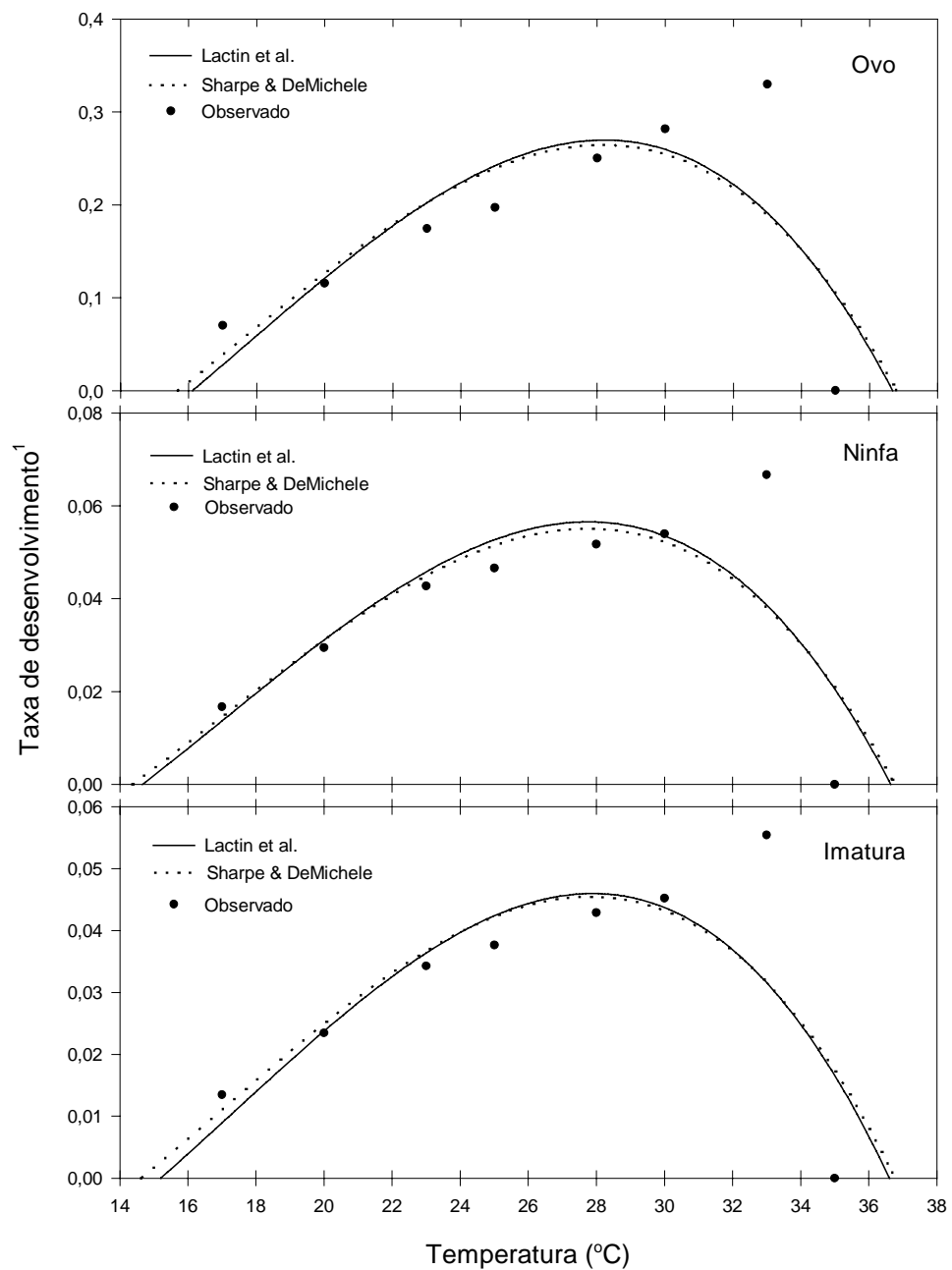


Figura 2. Relação entre taxa de desenvolvimento e temperatura para as fases de ovo e ninfa, e forma imatura de fêmeas de *P. nigrispinus*.

${}^1 r(T) = 1,0 / e^{\left\{ \left[\frac{\sum_{i=1}^n \ln(di)}{n} \right] \right\}}$, onde $r(t)$ é a taxa média de desenvolvimento, di são as observações individuais de tempo de desenvolvimento em dias e n é o número de observações.

**Influência da Temperatura na Reprodução de *Podisus nigrispinus*
(Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), Predador de *Alabama argillacea*
(Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)**

Influence of the Temperature on Reproduction of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), Predator of *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)

ABSTRACT – The influence of temperature on the reproduction and longevity of *Podisus nigrispinus* (Dallas) fed with larvae of the *Alabama argillacea* (Hübner) were studied. The predators were kept at constant temperatures of 20, 23, 25, 28, 30, and 33 °C, relative humidity of 60 ± 10%, and a 14 h: 10 h (L:D). The fecundity of *P. nigrispinus* ranged from 401.2 (33 °C) to 841.3 (28 °C) eggs/female. The pre-ovipositional period, fecundity plateau, and declining fecundity of *P. nigrispinus* were affected by temperature [pre-ovipositional: 4.0 (33 °C) to 13.2 (20 °C) days; time of fecundity plateau: 9.0 (33 °C) to 33.0 (20 °C) days; and time of declining fecundity: 16.0 (33 °C) to 46.0 (20 °C) days]. The longevity of females and males of *P. nigrispinus* ranged, respectively, from 28.4 (33 °C) to 88.6 (20 °C) days, and from 42.7 (33 °C) to 114.3 (20 °C) days. The statistics used to evaluate the numerical response of *P. nigrispinus* ranged with the temperature. Then, the gross (GRR) and net (R_o) reproductive rate ranged from 1.6 to 366.6, and from 0.02 to 189.5 females/female at temperatures of 33 and 28 °C, respectively; the generation time (GT) ranged from 33.3 (33 °C) to 85.5 (20 °C) days; the doubling time (DT) ranged from 0.82 (33 °C) to 17.8 (20 °C) days; the intrinsic rate of increase (r_m) ranged from – 0.13 (33 °C) to 0.12 (28 °C) by day; and the finite rate of increase (λ) ranged from 0.88 (33 °C) to 1.12 (28 °C) females/female added to population by day.

KEY WORDS: Biological control, population dynamic, inoculative releases, *Alabama argillacea*, life-fertility tables.

RESUMO – Estudou-se a influência da temperatura na reprodução e na longevidade de *Podisus nigrispinus* (Dallas), alimentado com lagartas de *Alabama argillacea* (Hübner). Os predadores foram submetidos às temperaturas constantes de 20, 23, 25, 28, 30 e 33 °C, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. A fecundidade de *P. nigrispinus* variou de 401,2 (33 °C) a 841,3 (28 °C) ovos por fêmea. A pré-oviposição, a alta fecundidade e o declínio de fecundidade de *P. nigrispinus* foram afetados pela temperatura [pré-oviposição: 4,0 (33 °C) a 13,2 (20 °C) dias; duração da alta fecundidade: 9,0 (33 °C) a 33 (20 °C) dias; e duração do declínio de fecundidade: 16,0 (33 °C) a 46,0 (20 °C) dias]. A longevidade de fêmeas e machos de *P. nigrispinus* variou, respectivamente, de 28,4 (33 °C) a 88,6 (20 °C) dias, e de 42,7 (33 °C) a 114,3 (20 °C) dias. As estatísticas utilizadas para avaliar a resposta numérica de *P. nigrispinus* variaram com a temperatura. Assim, a taxa bruta (*TBR*) e líquida (*R_o*) de reprodução variou de 1,6 a 366,6 e de 0,02 a 189,5 fêmeas/fêmea, às temperaturas de 33 e 28 °C, respectivamente; a duração de uma geração (*DG*) variou de 33,3 (33 °C) a 85,5 (20 °C) dias; o tempo necessário para a população do predador dobrar em número de indivíduos (*TD*) variou de 0,82 (33 °C) a 17,8 (20 °C) dias; a razão infinitesimal de aumento (*r_m*) variou de - 0,13 (33 °C) a 0,12 (28 °C) por dia; e a razão finita de aumento (*λ*) variou de 0,88 (33 °C) a 1,12 (28 °C) fêmeas/fêmea adicionadas a população por dia.

PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico, dinâmica populacional, liberações inoculativas, *Alabama argillacea*, tabelas de vida de fertilidade.

Podisus nigrispinus (Dallas) é um predador generalista de ocorrência em toda região Neotropical (Thomas 1992). É considerado um importante agente de controle biológico de diversas pragas em culturas de relevância econômica. Saini (1985) ressaltou a importância desse asopíneo no controle de pragas de soja (*Glycine max* Merrill.) na Argentina, ao passo que Michel (1994) afirmou que no Paraguai *P. nigrispinus* é o principal agente de controle biológico de *Alabama argillacea* (Hübner). No Brasil a ação biológica de *P. nigrispinus* já foi relatada nas culturas do tomate (*Lycopersicon esculentum* Miel.), predando *Plusia ni* (Hübner) (Bergam *et al.* 1984), da soja predando *Anticarsia gemmatalis* Huebner (Grazia & Hildebrand 1986) e do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) predando lagartas de *A. argillacea* (Medeiros 1997).

A temperatura é um dos fatores climáticos que mais interfere na reprodução dos insetos (Scriber & Slansky Jr. 1981). Trabalhos com os pentatomídeos predadores *Supputius cincticeps* (Stål) (Didonet *et al.* 1996, Wanderley 1998) e *P. nigrispinus* (Didonet *et al.* 1996), evidenciaram o efeito da temperatura na capacidade reprodutiva dessas espécies. Porém, esses estudos foram realizados com presas alternativas que, apesar de serem importantes no entendimento da influência da temperatura nas variáveis reprodutivas desses inimigos naturais, podem não refletir, adequadamente, o potencial reprodutivo que tais organismos possuem, caso fossem alimentados com presas naturais. É possível que a digestibilidade e a concentração de nutrientes disponíveis na hemolinfa de lagartas de *A. argillacea* sejam superiores aos encontrados em presas alternativas. Por isto, espera-se que a resposta numérica de *P. nigrispinus*, alimentado com o curuquerê-do-algodoeiro, seja superior a obtida com presas alternativas e com isso possa se ter um melhor entendimento da dinâmica populacional desse predador.

As mudanças numéricas em uma população podem ser descritas através do conhecimento das taxas de nascimento, de morte e de

migração (Price 1997). A construção de tabelas de vida de fertilidade é uma forma apropriada de descrever a dinâmica de uma população de insetos; esta ferramenta leva em consideração a duração e a sobrevivência dos diferentes estágios de desenvolvimento do inseto e em combinação com os dados diários de fecundidade das fêmeas, pode-se estimar o tamanho e a estrutura de idade de uma população num determinado tempo (Southwood 1978). Portanto, as tabelas de vida de fertilidade são um relato simplificado sobre a vida de uma população ao longo de uma geração (Price 1997). O aspecto reprodutivo da resposta numérica é medido como um aumento na taxa reprodutiva das populações de insetos. No caso de predadores, a taxa de aumento depende de três componentes principais: duração de cada ínstar, taxas de sobrevivência dentro dos ínstars e fecundidade dos adultos (Beddington *et al.* 1976). Por outro lado, um bom predador deve apresentar fecundidade igual ou superior ao de sua presa (Huffaker *et al.* 1976) e a temperatura é o fator climático que mais afeta o desenvolvimento das populações de insetos.

A geração de conhecimentos sobre a influência da temperatura na reprodução de *P. nigrispinus* é importante em programas de manejo integrado de *A. argillacea*. A modelagem do efeito de *P. nigrispinus* nas dinâmicas de populações dessa praga é importante para a implementação de programas de controle biológico do curuquerê-do-algodoeiro com esse predador.

Apesar da importância das informações geradas pelas tabelas de vida de fertilidade para o manejo do curuquerê, usando-se o predador *P. nigrispinus*, não foram encontrados na literatura, resultados de pesquisa a respeito do efeito da temperatura nas variáveis que compõem as tabelas de vida de fertilidade de *P. nigrispinus*, tendo como presa lagartas de *A. argillacea*. Assim a pesquisa teve como objetivos (1) estudar a fecundidade de *P. nigrispinus* em função da idade e da temperatura, e (2) estimar as

estatísticas que compõem as tabelas de vida de fertilidade de *P. nigrispinus* para serem usadas como base para o entendimento da dinâmica populacional do predador quando submetido a diferentes condições de temperatura.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada na Unidade de Controle Biológico (UCB)/Embrapa Algodão, em Campina Grande, Paraíba. Os predadores foram mantidos em câmaras climatizadas, tipo BOD, à temperaturas constantes de 20, 23, 25, 28, 30 e 33 °C, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. Foram utilizados no estudo espécimes de *P. nigrispinus* e lagartas de *A. argillacea*, ambos oriundos das colônias de criação mantidas na UCB.

Fecundidade em função da idade. Foram formados 25 casais de adultos recém-emergidos de *P. nigrispinus* (peso de fêmea = $70,59 \pm 0,98$ mg) e acondicionados em copos plásticos de 500 ml, sendo um casal por copo. No centro da tampa de cada copo, foi aberto um orifício circular de 4,2 cm, e tampado com tela plástica para permitir a aeração no interior do recipiente. A água foi fornecida através de tubo de plástico de 2,5 ml, tipo “anestésico odontológico”, inserido na tampa do copo de 500 ml, sendo sua extremidade vedada com um chumaço de algodão hidrófilo para evitar o escoamento da água. Os casais de *P. nigrispinus* foram colocados em estufas incubadoras, tipo BOD, ajustadas às temperaturas a serem estudadas. Diariamente, cada casal foi observado, anotando-se a mortalidade e o número de ovos depositados, e alimentado com duas lagartas de 5^o ínstar ($243,31 \pm 2,98$ mg) de *A. argillacea*.

As posturas de *P. nigrispinus* foram acondicionadas em placas de Petri de 9 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura, contendo no seu interior um chumaço de algodão hidrófilo, embebido em água destilada, para manter a umidade. As posturas foram submetidas às mesmas condições de temperatura e umidade dos casais para se verificar a viabilidade de ovos.

Foram calculadas as seguintes variáveis reprodutivas de *P. nigrispinus*: número de posturas por fêmea, número de ovos por postura, número de posturas por fêmea por dia, número de ovos por fêmea, número de ovos por fêmea por dia, intervalo entre posturas, período de pré-oviposição, período de oviposição, período de pós-oviposição e viabilidade de ovos. Foi calculado a longevidade de machos e fêmeas. O efeito da temperatura nestas variáveis foi analisado, aplicando-se o procedimento PROC GLM (Sas Institute Inc. 2000), sendo as médias comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls ($P = 0,05$).

Para estudar a relação entre idade e fecundidade de *P. nigrispinus* a fase adulta foi dividida em classes de idade de sete dias. Foram determinados, também, o início e o término dos períodos de alta fecundidade e declínio de fecundidade. Durante a alta fecundidade foram calculados a sobrevivência e o número de ovos por fêmea por dia.

Tabelas de vida de fertilidade. As tabelas de vida de fertilidade para adultos de *P. nigrispinus* foram calculadas, utilizando-se os dados provenientes do estudo descrito acima. O desenvolvimento e sobrevivência das formas imaturas do predador, às temperaturas constantes de 20, 23, 25, 28, 30 e 33 °C, foram obtidos de Medeiros *et al.* (1998). O número de sobreviventes no começo da idade x (L_x) e o número de indivíduos mortos durante a idade x (d_x) para a forma imatura de *P. nigrispinus* foram obtidos com base na sobrevivência da forma imatura do predador. A taxa de sobrevivência durante a idade x (s_x), a taxa de sobrevivência a partir da

idade zero ao começo da idade x (l_x), a taxa de mortalidade para o intervalo de idade x (q_x) e a esperança de vida para os indivíduos de idade x (e_x) foram calculadas para cada forma imatura e idade de fêmeas adultas.

A razão infinitesimal de aumento (r_m) (taxa de aumento populacional por unidade de tempo) foi calculada por meio da equação de Lotka (1907), isto é,

$$\sum_{x=0}^y \exp(-r_m x) l_x m_x = 1,$$

onde x é a classe de idade, y é a classe de idade mais velha e m_x é o número de fêmeas produzidas por fêmea de idade x .

A taxa bruta de reprodução (TBR) (número de fêmeas produzidas por uma única fêmea durante toda sua vida, não se levando em consideração a sobrevivência das formas imaturas) foi obtida através do $\sum m_x$ (Price 1997).

A taxa líquida de reprodução (R_o) (número de fêmeas produzidas por uma única fêmea durante toda sua vida) foi calculada, usando-se a fórmula de Krebs (1994):

$$R_o = \sum_{x=0}^y l_x m_x$$

A razão finita de aumento (λ) (número de fêmeas adicionadas à população por fêmea do predador por unidade de tempo) foi calculada por meio da fórmula de Krebs (1994):

$$\lambda = \text{antilog}(r_m \times 0,4343)$$

A duração de uma geração (DG) (tempo gasto entre o nascimento dos pais e o nascimento dos filhos) foi obtida através da fórmula de Krebs (1994):

$$DG = \ln(R_o) / r_m$$

O tempo necessário para a população do predador dobrar em número de indivíduos (*TD*) foi calculado aplicando-se a fórmula de Krebs (1994):

$$TD = \ln(2) / r_m$$

O valor de reprodução (VR_x), segundo Krebs (1994) é a contribuição que uma fêmea de idade x dará para a futura população. Ela foi calculada para cada classe de idade, por meio da fórmula:

$$VR_x = \sum_{t=x}^y (l_t / l_x) m_t,$$

onde x é a classe de idade base, y é a classe de idade mais velha e t é qualquer classe de idade entre x e y .

Resultados

Fecundidade em função da idade. A idade de fecundidade de fêmeas de *P. nigrispinus* foi dividida em três períodos: (1) pré-oviposição, período que começou com a emergência dos adultos e terminou quando ocorreu a primeira oviposição, (2) alta fecundidade, período que começou quando $\geq 50\%$ das fêmeas começaram a ovipositar e terminou quando ovipositaram $\cong 60\%$ do seu potencial total de oviposição, e (3) declínio de fecundidade, período que se iniciou logo após as fêmeas terem ovipositado $\cong 60\%$ do potencial de oviposição e terminou com a morte delas.

As variáveis reprodutivas de *P. nigrispinus*, tais como: período de pré-oviposição ($F = 55,61$; $gl = 5, 4$; $P < 0,0001$), de oviposição ($F = 21,90$; $gl = 5, 4$; $P < 0,0001$) e de pós-oviposição ($F = 4,17$; $gl = 5, 4$; $P = 0,0093$); número de posturas por fêmea ($F = 8,60$; $gl = 5, 4$; $P = 0,0002$), de posturas por fêmea por dia ($F = 41,75$; $gl = 5, 4$; $P < 0,0001$), de ovos por postura ($F = 13,73$; $gl = 5, 4$; $P < 0,001$) e de ovos por fêmea ($F = 7,91$;

gl = 5, 4; P = 0,0003); viabilidade de ovos (F = 106,27; gl = 5, 4; P < 0,001); e intervalos entre posturas (F = 27,96; gl = 5, 4; P < 0,0001) foram afetadas pela temperatura (Tabela 1).

Os períodos de pré-oviposição, alta fecundidade e declínio de fecundidade de *P. nigrispinus* variaram de acordo com a temperatura a que o predador foi submetido (Tabela 1). Assim, a pré-oviposição de *P. nigrispinus* variou de $4,04 \pm 0,31$ a $13,16 \pm 0,76$ dias às temperaturas de 33 e 20 °C, respectivamente (Tabela 1). Com a elevação da temperatura, a alta fecundidade e o declínio de fecundidade de *P. nigrispinus* tiveram seus inícios antecipados e suas durações reduzidas. Desta forma, o início e o término da alta fecundidade do predador variaram, respectivamente, do 4° (30 e 33 °C) ao 11° (20 °C) e do 12° (33 °C) ao 43° (20 °C) dia de idade de fêmeas adultas (Tabela 1). O início e o término do declínio de fecundidade de *P. nigrispinus* variaram, respectivamente, do 13° (33 °C) ao 44° (20 °C) e do 28° (33 °C) ao 89° (20 °C) dia de idade de fêmeas adultas (Tabela 1). As durações da alta fecundidade e do declínio de fecundidade variaram de 9 a 33 dias, e de 16 a 46 dias, quando as fêmeas de *P. nigrispinus* foram expostas às temperaturas de 33 e 20 °C, respectivamente (Tabela 1). Durante a alta fecundidade, o número de ovos depositado por fêmea por dia variou de $7,64 \pm 0,76$ (20 °C) a $27,74 \pm 1,23$ (28 °C) ovos, dos quais $6,32 \pm 0,74$ e $22,98 \pm 1,54$ ovos deram origem a ninfas de 1° ínstar, respectivamente (Tabela 1).

A produção de ovos por fêmea de *P. nigrispinus* variou com a temperatura. Cada fêmea desse predador produziu de $401,16 \pm 31,13$ (33 °C) a $841,32 \pm 75,33$ (28 °C) ovos, dos quais $107,52 \pm 15,28$ e $687,20 \pm 37,81$ ovos deram origem a ninfas de 1° ínstar, correspondendo, respectivamente, a viabilidades de $26,08 \pm 2,78$ e $82,59 \pm 2,64\%$ (Tabela 1). O número de ovos por fêmea por dia variou de $5,29 \pm 0,26$ (20 °C) a 19,91

$\pm 0,96$ (28 °C) ovos (Tabela 1), dos quais $4,33 \pm 0,48$ e $16,37 \pm 1,04$ ovos deram origem a ninfas de 1º ínstar. Apesar do número de ninfas de 1º ínstar obtido a 20 °C ($375,12 \pm 45,34$ ninfas) ter sido maior do que a 33 °C ($107,52 \pm 15,28$ ninfas), o número de ninfas por fêmea por dia a 20 °C ($4,33 \pm 0,48$ ninfas) foi similar ao obtido a 33 °C ($4,39 \pm 0,65$ ninfas). Isto ocorreu por que a longevidade de fêmeas de *P. nigrispinus* a 33 °C ($28,44 \pm 3,15$ dias) foi inferior àquela registrada a 20 °C ($88,56 \pm 3,00$ dias) (Tabela 1).

A fecundidade de *P. nigrispinus* variou com sua idade e com a temperatura (Fig. 1). Assim, a mais alta fecundidade foi observada a 28 °C (classe de idade 2) e a menor a 20 °C (classe de idade 17) (Fig. 1). Durante este período, o número de ovos por fêmea foi de $31,09 \pm 1,19$ (28 °C) e de $0,06 \pm 0,06$ (20 °C) ovos, dos quais $27,69 \pm 1,66$ e $0,04 \pm 0,04$ ovos deram origem a ninfas de 1º ínstar, respectivamente.

A longevidade de machos ($F = 18,00$; $gl = 5, 4$; $P < 0,0001$) e de fêmeas ($F = 27,17$; $gl = 5, 4$; $P < 0,0001$) de *P. nigrispinus* foi afetada pela temperatura. Independente desta, os machos mostraram-se mais longevos do que as fêmeas. A longevidade de fêmeas variou de $28,44 \pm 3,15$ a $88,56 \pm 3,00$ dias e a de machos de $42,68 \pm 3,29$ a $114,28 \pm 9,02$ dias, às temperaturas de 33 e 20 °C, respectivamente (Tabela 1).

Tabelas de vida de fertilidade. O alto número de sobreviventes (L_x) durante a forma imatura a 33 °C, deve-se ao fato que nessa temperatura a sobrevivência é baixa; por isso é necessário um grande número de indivíduos (ovos) para se obter 25 fêmeas adultas de *P. nigrispinus* (Tabela 2). As taxas de sobrevivência (l_x) das formas imaturas de *P. nigrispinus* foram afetadas pela temperatura. Assim, as proporções de indivíduos de *P. nigrispinus* que sobreviveram durante todos os estágios imaturos e atingiram a fase adulta (l_x), variaram de 0,011 a 0,641, quando os

predadores foram submetidos a 33 e 28 °C, respectivamente. As curvas de sobrevivência (l_x) caíram acentuadamente do 7° ao 14° dia de idade de fêmeas adultas, exceto a 20 °C, onde a sobrevivência manteve-se estável do 7° ao 14° dia e caiu do 14° ao 21° dia de idade de fêmeas adultas (Fig. 2). A partir daí os declínios nas curvas de sobrevivência foram leves e contínuos, exceção feita a 33 °C, onde foi observado um declínio acentuado do 21° ao 28° dia de idade de fêmeas adultas (Fig. 2). O formato das curvas de sobrevivência obtido neste estudo é similar ao da curva de sobrevivência do tipo III de Price (1997), a qual é caracterizada por uma alta mortalidade nos estágios iniciais de desenvolvimento do inseto.

A expectativa de vida (e_x) de *P. nigrispinus* tendeu a diminuir dentro da mesma classe de idade à medida que se aumentou a temperatura, exceção feita as formas imaturas submetidas a 20 e 23 °C (Tabela 3). Isto ocorreu porque nessas temperaturas a sobrevivência de imaturos foi baixa. No entanto, durante a fase adulta, a medida que se aumentou a temperatura, ocorreu uma redução na expectativa de vida (e_x) de *P. nigrispinus* com o aumento da idade do predador (Tabela 3).

Segundo Price (1997) as fêmeas de insetos inicialmente são imaturas, depois, durante uma certa idade, estão aptas a produzirem descendentes e, no período restante de vida, elas são infecundas. Independente da temperatura, as fêmeas de *P. nigrispinus* mostraram-se aptas a produzirem descendentes fêmeas (m_x) a partir da primeira semana de idade de fêmeas adultas (Tabela 2, Fig. 2). O número de fêmeas produzido por fêmea de idade x (m_x) variou com a temperatura e com a idade do predador (Tabela 2, Fig. 2).

A resposta numérica de *P. nigrispinus*, alimentado com lagartas de *A. argillacea*, tendeu a ser influenciada pela temperatura. Assim, a taxa bruta (TBR) e líquida (R_o) de reprodução variou de 1,554 a 366,648, e

de 0,015 a 189,465 progênies fêmeas por fêmea adulta do predador, às temperaturas de 33 e 28 °C, respectivamente (Tabela 2).

A duração de uma geração (DG) de *P. nigrispinus* variou de 33,250 a 85,530 dias, a 33 e 20 °C, respectivamente; por outro lado, o tempo necessário para a população do predador dobrar em número de indivíduos (TD) variou de 0,820 a 17,773 dias, a 33 e 20 °C, respectivamente (Tabela 2). A razão infinitesimal de aumento (r_m) variou de - 0,127 a 0,117 por dia; enquanto a razão finita de aumento (λ) variou de 0,881 a 1,124 fêmeas/fêmea adicionadas à população por dia, quando *P. nigrispinus* foi submetido a 33 e 20 °C, respectivamente (Tabela 2).

Os valores máximos de reprodução (VR_x) foram registrados nas classes de idade sete (121,108 a 20 °C), cinco (182,954, 199,292 a 23 e 25 °C, respectivamente) e quatro (295,579, 176,608, 1,400 a 28, 30 e 33 °C, respectivamente) (Tabela 2), os quais correspondem a fêmeas adultas de *P. nigrispinus* com, aproximadamente, sete dias de idade.

Discussão

Fecundidade em função da idade. Apesar de já terem sido realizados estudos, no Brasil, sobre a fecundidade *P. nigrispinus* (Zanuncio *et al.* 1991, Didonet *et al.* 1996, Medeiros *et al.* 2000, Lemos *et al.* 2001), este é o primeiro trabalho com *P. nigrispinus* que estuda sua fecundidade em função da idade e da temperatura, tendo como alimento uma presa natural (*A. argillacea*).

Os resultados obtidos neste estudo, a 25 °C, foram similares, em alguns pontos, aos alcançados em outros trabalhos com *P. nigrispinus*. O período de pré-oviposição foi bastante consistente entre os estudos e

tenderam a confirmar resultados desta pesquisa. Zanuncio *et al.* (1991), Didonet *et al.* (1996), Medeiros *et al.* (2000) e Lemos *et al.* (2001), reportaram períodos de pré-oviposição, a 25 °C, de 7,0, 6,0, 8,2 e 5,9 dias, respectivamente. DeClerq & Degheele (1990) relataram períodos de pré-oviposição para *P. nigrispinus* [= *Podisus sagitta* (Fab.)] que variaram de 6,3 a 15,4 dias, a 30 e 19 °C, respectivamente. Estes resultados corroboram com os obtidos no presente que foram de 7,0 dias, a 25 °C, e variou de 4,0 a 13,2 dias quando *P. nigrispinus* foi exposto a 33 e 20 °C, respectivamente.

A fecundidade média de *P. nigrispinus* em outros estudos, a 25 °C varia e é inferior a registrada na presente pesquisa. Zanuncio *et al.* (1991), Didonet *et al.* (1996), Medeiros *et al.* (2000) e Lemos *et al.* (2001) relataram que fêmeas de *P. nigrispinus* depositam, a 25 °C, em média, 313,0, 124,0, 188,5 e 134,9 ovos, respectivamente; essas fecundidades diferem da registrada no estudo atual a mesma temperatura, a qual foi de 604,9 ovos. Essa discordância pode ser resultado de uma variedade de fatores bióticos que afetam o crescimento de populações de insetos (Price 1997). Southwood (1978) e Ladd (1987) afirmaram que a qualidade do alimento pode afetar número de progênie e sua sobrevivência. Os predadores utilizados neste estudo foram alimentados com lagartas de 5^o de *A. argillacea*; Zanuncio *et al.* (1991) utilizaram lagartas de *Bombyx mori* (L.), folhas de eucalipto e mel de abelha, ao passo que Didonet *et al.* (1996) utilizaram larvas de *Tenebrio molitor* L. Apesar desses estudos com presas alternativas serem importantes no entendimento da influência da temperatura na fecundidade de *P. nigrispinus*, podem não refletir, adequadamente, o potencial reprodutivo que este predador possui, caso fosse alimentado com lagartas de *A. argillacea*. É possível que a digestibilidade e a concentração de nutrientes disponíveis na hemolinfa de lagartas de *A. argillacea* sejam superiores aos encontrados em presas

alternativas. Os resultados encontrados por Medeiros *et al.* (2000) e Lemos *et al.* (2001), também diferem dos obtidos nesta pesquisa, apesar desses autores terem utilizado a mesma presa, *A. argillacea*. Tal fato pode ser explicado por dois fatores: (1) as fêmeas utilizadas por Medeiros *et al.* (2000) foram alimentadas, durante a fase ninfal, com larvas de *Musca domestica* L., originando fêmeas de menor peso ($41,50 \pm 1,10$ mg), quando comparadas às utilizadas neste estudo, as quais foram alimentadas com lagartas de *A. argillacea*, originando fêmeas mais pesadas ($70,59 \pm 0,98$ mg); e (2) as fêmeas utilizadas por Lemos *et al.* (2001) foram alimentadas, durante a fase ninfal e forma adulta, com lagartas de 4º ínstar de *A. argillacea*, ao passo que na presente pesquisa, as fêmeas adultas foram alimentadas com lagartas de 5º ínstar de *A. argillacea*. Segundo Shapiro *et al.* (2000), a vitelogênese é o componente principal da ovogênese em insetos, e compreende a síntese, no corpo gorduroso, da proteína precursora da gema do ovo, a vitelogenina, sua secreção na hemolinfa e transporte para os folículos onde se internalizam nos ovócitos como vitelina. Assim sendo, acredita-se que *P. nigrispinus* alimentado com lagartas de 5º ínstar do curuquerê é capaz de sintetizar maior quantidade de vitelogenina, o que explicaria sua maior fecundidade. Então, pode-se afirmar que a qualidade do alimento utilizado pelo *P. nigrispinus* durante as formas jovem e adulta tem impacto na sua fecundidade. É possível que a qualidade de lagartas de *A. argillacea*, como alimento para *P. nigrispinus*, varie com a sua idade.

A longevidade de fêmeas de *P. nigrispinus* registrada no presente estudo (55,8 dias), a 25 °C, foi superior a encontrada em outros trabalhos à mesma temperatura. Didonet *et al.* (1996) registraram longevidade de 22,0 dias para fêmeas de *P. nigrispinus* e Medeiros *et al.* (2000) de 31,2 dias. DeClerq & DeGheele (1990) reportaram longevidade para *P. nigrispinus*, alimentado com lagartas de *Galleria mellonella* (L.),

que variou de 25,9 a 76,3 dias, a 30 e 23 °C, respectivamente. Parajulee & Phillips (1993) afirmaram que diferenças no tipo de presa podem levar a variação na longevidade e no potencial reprodutivo de predadores. A maior longevidade apresentada por *P. nigrispinus*, alimentado com *A. argillacea*, é um ponto importante para o uso desse predador em programas do controle biológico dessa praga; pois, mesmo quando as fêmeas não são mais fecundas continuam predando, o que eleva o potencial de *P. nigrispinus* para reduzir as populações do curuquerê.

Um bom predador deve apresentar fecundidade igual ou superior a de sua presa (Huffaker *et al.* 1976). Lagartas de *A. argillacea* criadas a 25 °C, sobre folhas de algodoeiro (*G. hirsutum* L., raça *latifolium*, cultivar IAC 17) e alimentadas, durante a fase adulta, com solução de mel de abelha e água, produziram 9,1 ovos por fêmea por dia, dos quais 5,6 ovos deram origem a lagartas de 1º ínstar (Carvalho 1981). No presente estudo, a 25 °C, as fêmeas de *P. nigrispinus* depositaram 11,8 ovos por dia, dos quais 9,9 ovos deram origem a ninfas de 1º ínstar; por outro lado, durante a alta fecundidade, fêmeas do predador produziram aproximadamente 37,1% mais ovos e 46,9% mais descendentes de 1º ínstar do que *A. argillacea*. Então, é possível que em programas de controle biológico do curuquerê por meio de liberações inoculativas de *P. nigrispinus*, este consiga manter as populações dessa praga abaixo do nível de controle, devido a sua maior resposta numérica.

Tabelas de vida de fertilidade. As taxas brutas (*TBR*) e líquidas (R_0) de reprodução são indicadores da capacidade reprodutiva de uma dada espécie, por levarem em consideração as variações na razão sexual das progênes. Porém, a R_0 fornece mais informações do que a *TBR* por incorporar as taxas de mortalidade durante as formas jovem e adulta (Force & Messenger 1964). Por outro lado, a R_0 não é uma estatística útil para comparar o

crescimento entre duas espécies, porque a duração de uma geração (DG) varia muito entre espécies (Price 1997). Por isso, ela não expressa, adequadamente, a verdadeira capacidade de um organismo de aumentar em número (Force & Messenger 1964). Desta forma, a razão infinitesimal de aumento (r_m) é uma estatística mais apropriada para comparar as taxas de crescimento de populações de espécies diferentes, ou as taxas de crescimento da mesma espécie sob diferentes condições ambientais por levar em consideração a duração de uma geração (Birch 1953).

Os predadores foram alimentados com lagartas de *A. argillacea* criadas sobre folhas de algodoeiro (*G. hirsutum*, raça *latifolium*, cultivar CNPA 7H). A comparação da resposta numérica de *P. nigrispinus* com a de sua presa, *A. argillacea*, foi realizada com resultados de Carvalho (1981) em folhas de algodoeiro (*G. hirsutum*, raça *latifolium*, cultivares: IAC 16, IAC 17 e IAC 18). As estimativas da razão infinitesimal de aumento e da razão finita de aumento de *A. argillacea* produziram valores de r_m e λ que variaram, respectivamente, de 0,09 a 0,16 e de 1,09 a 1,17, dependendo da cultivar sobre a qual a presa se desenvolveu (Carvalho 1981). Esses valores são semelhantes aos encontrados para *P. nigrispinus*, sugerindo uma resposta numérica adequada deste predador ao crescimento populacional de *A. argillacea*; exceção feita a temperatura de 33 °C, onde o valor de r_m estimado para *P. nigrispinus* foi negativo, porque a R_o foi menor do que um. Isto significa que a esta temperatura, a população de *P. nigrispinus* caminha para extinção; a menos que o valor de r_m eventualmente seja alterado para um valor positivo (Force & Messenger 1964).

Segundo Medeiros *et al.* (2000) as informações referentes aos valores de reprodução (VR_x) de fêmeas de *P. nigrispinus*, em diferentes faixas de idade e temperaturas, são importantes em programas de controle

biológico de *A. argillacea*, pois o VR_x permite decidir em que idade deve-se liberá-las nos agroecossistema do algodoeiro, visando a redução das populações da referida praga. DeBach & Hagen (1964) afirmaram que em programas de controle biológico através da propagação e liberação de predadores, a melhor estratégia é a liberação inoculativa, onde o controle é realizado pela progênie da população liberada. Assim, a idade ideal de *P. nigrispinus*, para liberações inoculativas, deve ser aquela com o maior valor de reprodução (VR_x), isto é, fêmeas adultas com aproximadamente sete dias de idade, independente da temperatura do ecossistema onde serão liberadas.

O crescimento populacional de *P. nigrispinus* é afetado pela temperatura com resposta numérica máxima desse predador, possivelmente, entre às temperaturas de 28 e 30 °C. Apesar de *P. nigrispinus* apresentar crescimento populacional negativo a 33 °C, é possível que isto não ocorra em condições naturais, devido ao microclima formado no interior do agroecossistema do algodoeiro e as oscilações na temperatura ao longo do dia.

Literatura Citada

- Beddington, C.S., M.P. Hassell & J.H. Lawton. 1976.** The components of arthropod predation II. The predator rate of increase. *J. Anim. Ecol.* 45: 165-186.
- Bergam, E.C., S.O. Imenes, D. Hojo, T.B. Campos, A.P. Takemtsu & M.L.F.S. Macellaro. 1984.** Levantamento da entomofauna na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*). *O Biológico* 50: 209-236.
- Birch, L.C. 1953.** Experimental background to the study of the distribution and abundance of insects. I. The influence of temperature, moisture and food on the innate capacity for increase of three grain beetles. *Ecology* 34: 698-711.

- Carvalho, S.M. 1981.** Biologia e nutrição quantitativa de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) em três cultivares de algodoeiro. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Dissertação, 97p.
- DeBach, P. & K.S. Hagen. 1964.** Manipulation of entomophagous species, p. 429-458. In P. DeBach (ed.), Biological control of insect pests and weeds. London, Chapman & Hall.
- DeClerq, P. & D. DeGheele 1990.** Effects of temperature and humidity on the reproduction of the predatory bug *Podisus sagitta* (Fab.) (Heteroptera: Pentatomidae). Med. Fac. Landbouww. Riksuniversity Gent. 55: 439-443.
- Didonet, J., T.V. Zanuncio, J.C. Zanuncio & E.F. Vilela. 1996.** Influência da temperatura na reprodução e na longevidade de *Podisus nigrispinus* (Dallas) e *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). An. Soc. Entomol. Brasil 25: 117-123.
- Force, D.C. & P.S. Messenger. 1964.** Fecundity, reproductive rates, and innate capacity for increase of three parasites of *Therioaphis maculata* (Buckton). Ecology 45: 706-715.
- Grazia, J. & R. Hildebrand. 1986.** Hemípteros predadores de insetos, p. 21-37. In Encontro Sul-Brasileiro de Controle Biológico de Pragas, 1, Passo Fundo, AEAPF/EMBRAPA-CNPT. 262p.
- Huffaker, C.B., F.J. Simmonds & J.E. Lating. 1976.** The theoretical and empirical basis of biological control, p. 41-78. In C.B. Huffaker & P.S. Messenger (eds.), Theory and practice of biological control. New York, Academic Press. 788p.
- Krebs, C.J. 1994.** Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. 4th ed., New York, Harper Collins College Publishers, 801p.
- Ladd, T.L. 1987.** Influence of food, age and mating on production of fertility eggs by japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae). J. Econ. Entomol. 80: 93-95.
- Lemos, W.P., R.S. Medeiros, F.S. Ramalho & J.C. Zanuncio. 2001.** Effects of plant feeding on the development, survival, and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). Intern. J. Pest Manage. (in press).

- Lotka, A.J. 1907.** Studies on the mode of growth of material aggregates. Am. J. Sci. 24: 199-216.
- Medeiros, R.S. 1997.** Efeitos da temperatura na biologia de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae), predador do curuquerê-do-algodoeiro. Areia, Universidade Federal da Paraíba, Trabalho de conclusão de curso, 91p.
- Medeiros, R.S., W.P. Lemos & F.S. Ramalho. 1998.** Efeitos da temperatura no desenvolvimento de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera, Pentatomidae), predador do curuquerê-do-algodoeiro (Lepidoptera, Noctuidae). Rev. Bras. Entomol. 42: 121-130.
- Medeiros, R.S., F.S. Ramalho, W.P. Lemos & J.C. Zanuncio. 2000.** Age-dependent fecundity and life-fertility tables for *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het., Pentatomidae). J. Appl. Entomol. 124: 319-324.
- Michel, B. 1994.** Entomofauna de los algodones paraguayos: Hemiptera Heteroptera. Asuncion, Ministério de Agricultura y Ganadería, 132p.
- Parajulee, M.N. & T.W. Phillips. 1993.** Effects of prey species on development and reproduction of the predator *Lyctocoris campestris* (Heteroptera: Anthocoridae). Environ. Entomol. 22: 1035-1042.
- Price, P.W. 1997.** Insect ecology. 3rd ed., new York, John Wiley & Sons, 874p.
- Saini, E.D. 1985.** Identification of the eggs of pentatomids (Heteroptera) found in soybean crops. Rev. Appl. Entomol. 73: 782.
- Sas Institute Inc. 2000.** SAS user's guide: statistics. Cary. 584p.
- Scriber, J.M. & J.R. Slansky, Jr. 1981.** The nutritional ecology of immature insects. Ann. Rev. Entomol. 26: 183-211.
- Shapiro, J.P., H.A. Wasserman, P.D. Greany & J.L. Nation. 2000.** Vitellin and vitellogenin in the soldier bug, *Podisus maculiventris*: identification with monoclonal antibodies and reproductive response to diet. Arch. Ins. Bioch. Phys. 44: 130-135.
- Southwood, T.R.E. 1978.** Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations, London, Chapman & Hall.

- Thomas, D.B. 1992.** Taxonomic synopsis of the Asopinae Pentatomidae (Heteroptera) of the Western Hemisphere. Lanham, Entomological Society of America, 156p.
- Wanderley, M.J.A. 1998.** Biologia e exigências térmicas do predador *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Hemiptera: Pentatomidae), alimentado com larvas de *Musca domestica* (L.) (Diptera: Muscidae). Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Dissertação, 114p.
- Zanuncio, J.C., E.C. Nascimento, G.P. Santos, R.C. Sartório & F.S. Araújo. 1991.** Aspectos biológicos do percevejo predador *Podisus connexivus* (Hemiptera: Pentatomidae). An. Soc. Entomol. Brasil 20: 243-249.

Tabela 1. Médias¹ das variáveis reprodutivas de *P. nigrispinus*, alimentado com lagartas de *A. argillacea* às temperaturas de 20 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Variável	Temperatura (°C)					
	20	23	25	28	30	33
Postura/fêmea (no.)	16,56 ± 0,88b	23,20 ± 1,33ab	18,92 ± 1,84b	26,40 ± 2,42a	18,16 ± 2,37b	10,48 ± 1,01c
Ovos/postura (no.)	27,81 ± 1,15c	27,03 ± 0,88c	32,33 ± 1,78b	32,69 ± 1,15b	37,62 ± 1,14a	39,43 ± 1,46a
Postura/fêmea/dia (no.)	0,19 ± 0,01e	0,32 ± 0,01d	0,37 ± 0,02c	0,60 ± 0,02a	0,48 ± 0,02b	0,41 ± 0,04c
Ovos/fêmea (no.)	461,00 ± 19,18bc	631,08 ± 45,39b	604,92 ± 45,89b	841,32 ± 75,33a	683,28 ± 89,87ab	401,16 ± 31,13c
Viabilidade de ovo (%)	80,47 ± 1,53a	82,28 ± 2,19a	80,57 ± 1,54a	82,59 ± 2,64a	72,56 ± 1,21b	26,08 ± 2,78c
Ovos/fêmea/dia (no.)	5,29 ± 0,26e	8,34 ± 0,19d	11,80 ± 1,11c	19,91 ± 0,96a	17,91 ± 0,98ab	15,80 ± 1,16b
Intervalo entre postura (dia)	5,23 ± 0,49a	2,76 ± 0,07b	2,60 ± 0,14b	1,45 ± 0,04c	1,77 ± 0,07bc	2,12 ± 0,36bc
Pré-oviposição (dia)	13,16 ± 0,76a	8,68 ± 0,31b	6,92 ± 0,55c	5,60 ± 0,17cd	4,84 ± 0,41d	4,04 ± 0,31d
Alta fecundidade (dia)	11 - 43	9 - 32	5 - 29	6 - 23	4 - 19	4 - 12
Declínio de fecundidade (dia)	44 - 89	33 - 76	30 - 56	24 - 45	20 - 37	13 - 28
Oviposição (dia)	68,12 ± 3,52a	60,20 ± 3,90a	44,08 ± 4,74b	36,44 ± 4,06bc	28,20 ± 4,15cd	16,52 ± 1,96d
Pós-oviposição (dia)	7,28 ± 1,07ab	7,08 ± 1,47ab	3,48 ± 0,27ab	2,72 ± 0,62b	3,92 ± 0,38ab	7,88 ± 1,57a
Alta fecundidade [ovos/fêmea/dia (no.)]	7,64 ± 0,76	15,11 ± 1,02	14,39 ± 1,49	27,74 ± 1,23	23,50 ± 2,32	23,95 ± 2,46
Alta fecundidade [ninfas/fêmea/dia (no.)]	6,32 ± 0,74	12,55 ± 0,85	11,85 ± 1,47	22,98 ± 1,54	19,37 ± 2,06	8,64 ± 1,43
Longevidade de fêmea (dia)	88,56 ± 3,00a	75,96 ± 5,28a	55,76 ± 4,56b	44,68 ± 4,39bc	36,88 ± 3,90cd	28,44 ± 3,15d
Longevidade de macho (dia)	114,28 ± 9,02a	94,16 ± 3,62b	86,56 ± 8,93b	51,48 ± 4,94c	51,56 ± 8,02c	42,68 ± 3,29c

¹Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada linha, não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls ($P = 0,05$).

Tabela 2. Tabela de vida de fertilidade de *P. nigrispinus* alimentado com lagartas de *A. argillacea* às temperaturas de 20 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Temp. (°C)	x ¹	L _x ²	m _x ³	l _x ⁴	l _x m _x	VR _x ⁵	Forma
20	1	106	0,000	1,000	0,000	28,581	Jovem
	2	106	0,000	1,000	0,000	28,581	
	3	39	0,000	0,368	0,000	77,667	
	4	39	0,000	0,368	0,000	77,667	
	5	39	0,000	0,368	0,000	77,667	
	6	39	0,000	0,368	0,000	77,667	
	7	25	0,492	0,236	0,116	121,108	Adulta
	8	25	11,999	0,236	2,832	120,616	
	9	25	13,632	0,236	3,217	108,617	
	10	25	14,280	0,236	3,370	94,985	
	11	25	12,388	0,236	2,924	80,705	
	12	25	18,802	0,236	4,437	68,317	
	13	24	13,220	0,226	2,988	51,706	
	14	23	9,453	0,217	2,051	40,082	
	15	22	10,064	0,208	2,093	31,955	
	16	20	9,766	0,189	1,846	24,091	
	17	17	6,015	0,160	0,962	16,922	
	18	13	6,378	0,123	0,784	14,188	
	19	12	5,642	0,113	0,638	8,501	
	20	12	1,782	0,113	0,201	2,859	
	21	8	1,340	0,075	0,101	1,623	
	22	7	0,278	0,066	0,018	0,321	
	23	4	0,075	0,038	0,003	0,075	
	24	2	0,000	0,019	0,000	0,000	
	25	2	0,000	0,019	0,000	0,000	
	26	1	0,000	0,009	0,000	0,000	

$$TBR^6 = 135,606; R_0^7 = 28,581; DG^8 = 85,530; TD^9 = 17,773; r_m^{10} = 0,039; \lambda^{11} = 1,040$$

Tabela 2. Continuação.

Temp. (°C)	x	L_x	m_x	l_x	$l_x m_x$	VR_x	Forma
23	1	120	0,000	1,000	0,000	38,054	Jovem
	2	36	0,000	0,300	0,000	126,848	
	3	36	0,000	0,300	0,000	126,848	
	4	36	0,000	0,300	0,000	126,848	
	5	25	2,752	0,208	0,572	182,954	Adulta
	6	25	28,076	0,208	5,840	180,202	
	7	25	29,500	0,208	6,136	152,126	
	8	25	32,518	0,208	6,764	122,626	
	9	25	32,727	0,208	6,807	90,108	
	10	24	19,873	0,200	3,975	59,676	
	11	23	15,152	0,192	2,909	41,461	
	12	21	8,543	0,175	1,495	28,865	
	13	21	6,472	0,175	1,133	20,322	
	14	17	5,848	0,142	0,830	17,069	
	15	14	7,454	0,117	0,872	13,618	
	16	12	3,341	0,100	0,334	7,212	
	17	7	5,019	0,058	0,291	6,675	
	18	3	3,841	0,025	0,096	3,841	
	19	1	0,000	0,008	0,000	0,000	
	20	1	0,000	0,008	0,000	0,000	
	21	1	0,000	0,008	0,000	0,000	
	22	1	0,000	0,008	0,000	0,000	
TBR = 201,116; R_o = 38,054; DG = 62,058; TD = 11,748; r_m = 0,059; λ = 1,061							
25	1	49	0,000	1,000	0,000	101,639	Jovem
	2	31	0,000	0,633	0,000	160,567	
	3	31	0,000	0,633	0,000	160,567	
	4	31	0,000	0,633	0,000	160,567	
	5	25	16,703	0,510	8,519	199,292	Adulta
	6	25	35,085	0,510	17,893	182,589	
	7	25	33,472	0,510	17,071	147,504	
	8	23	37,221	0,469	17,457	124,001	
	9	22	31,370	0,449	14,085	90,645	
	10	20	29,912	0,408	12,204	65,232	
	11	18	19,265	0,367	7,070	39,266	
	12	16	14,407	0,327	4,711	22,447	
	13	10	8,332	0,204	1,700	12,888	
	14	6	7,143	0,122	0,871	7,619	
	15	3	0,815	0,061	0,050	0,951	
	16	3	0,136	0,061	0,008	0,136	
	17	2	0,000	0,041	0,000	0,000	
	18	1	0,000	0,020	0,000	0,000	
	19	1	0,000	0,020	0,000	0,000	
	20	1	0,000	0,020	0,000	0,000	
TBR = 233,861; R_o = 101,639; DG = 56,983; TD = 8,557; r_m = 0,081; λ = 1,084							

Tabela 2. Continuação.

Temp. (°C)	x	L_x	m_x	l_x	$l_x m_x$	VR_x	Forma
28	1	39	0,000	1,000	0,000	189,465	Jovem
	2	29	0,000	0,744	0,000	254,659	
	3	29	0,000	0,744	0,000	254,659	Adulta
	4	25	25,875	0,641	16,586	295,579	
	5	25	83,857	0,641	53,752	269,704	
	6	24	67,495	0,615	41,509	193,704	
	7	23	54,501	0,590	32,156	131,556	
	8	21	40,831	0,538	21,967	87,907	
	9	15	28,325	0,385	10,905	61,028	
	10	11	21,983	0,282	6,199	44,647	
	11	8	21,689	0,205	4,446	31,177	
	12	5	13,438	0,128	1,720	15,196	
	13	1	8,654	0,026	0,225	8,654	
	14	1	0,000	0,026	0,000	0,000	
TBR = 366,648; R_o = 189,465; DG = 44,985; TD = 5,924; r_m = 0,117; λ = 1,124							
30	1	58	0,000	1,000	0,000	76,117	Jovem
	2	34	0,000	0,586	0,000	129,895	Adulta
	3	34	0,000	0,586	0,000	129,895	
	4	25	24,708	0,431	10,649	176,608	
	5	24	58,326	0,414	24,147	158,138	
	6	21	52,866	0,362	19,137	114,149	
	7	17	38,076	0,293	11,156	75,715	
	8	14	23,656	0,241	5,701	45,761	
	9	12	13,077	0,207	2,707	25,735	
	10	9	7,702	0,155	1,194	16,905	
	11	5	13,547	0,086	1,165	16,587	
	12	3	5,028	0,052	0,261	5,088	
	13	1	0,000	0,017	0,000	0,000	
TBR = 236,986; R_o = 76,117; DG = 41,761; TD = 6,665; r_m = 0,104; λ = 1,110							

Tabela 2. Continuação.

Temp. (°C)	x	L_x	m_x	l_x	$l_x m_x$	VR_x	Forma
33	1	2384	0,000	1,000	0,000	0,015	Jovem
	2	962	0,000	0,4035	0,000	0,036	
	3	962	0,000	0,4035	0,000	0,036	
	4	25	0,644	0,0105	0,0068	1,400	Adulta
	5	23	0,593	0,0096	0,0057	0,827	
	6	19	0,207	0,0080	0,0017	0,281	
	7	14	0,067	0,0059	0,0004	0,101	
	8	11	0,043	0,0046	0,0002	0,043	
	9	7	0,000	0,0029	0,000	0,000	
	10	3	0,000	0,0013	0,000	0,000	

$$TBR = 1,554; R_o = 0,015; DG = 33,250; TD = 0,820; r_m = - 0,127; \lambda = 0,881$$

¹Idade (x = 7 dias).

²Número de sobreviventes no começo da idade x.

³Número de fêmeas produzidas por fêmea de idade x.

⁴Taxa de sobrevivência a partir da idade zero ao começo da idade x.

⁵Valor de reprodução na idade x.

⁶Taxa bruta de reprodução.

⁷Taxa líquida de reprodução.

⁸Duração de uma geração (dia).

⁹Tempo necessário para a população duplicar em número de indivíduos (dia).

¹⁰Razão infinitesimal de aumento.

¹¹Razão finita de aumento.

Tabela 3. Tabela de esperança de vida de *P. nigrispinus* alimentado com lagartas de *A. argillacea* às temperaturas de 20 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Temp. (°C)	x ¹	L _x ²	d _x ³	s _x ⁴	l _x ⁵	e _x ⁶	q _x ⁷	Forma
20	1	106	0	1,000	1,000	5,967	0,000	Jovem
	2	106	67	0,368	1,000	4,967	0,632	
	3	39	0	1,000	0,368	11,641	0,000	
	4	39	0	1,000	0,368	10,641	0,000	
	5	39	0	1,000	0,368	9,641	0,000	
	6	39	14	0,641	0,368	8,641	0,359	
	7	25	0	1,000	0,236	12,200	0,000	Adulta
	8	25	0	1,000	0,236	11,200	0,000	
	9	25	0	1,000	0,236	10,200	0,000	
	10	25	0	1,000	0,236	9,200	0,000	
	11	25	0	1,000	0,236	8,200	0,000	
	12	25	1	0,960	0,236	7,200	0,040	
	13	24	1	0,958	0,226	6,479	0,042	
	14	23	1	0,957	0,217	5,783	0,043	
	15	22	1	0,956	0,208	5,023	0,045	
	16	20	3	0,850	0,189	4,450	0,150	
	17	17	4	0,765	0,160	4,147	0,235	
	18	13	1	0,923	0,123	4,270	0,077	
	19	12	0	1,000	0,113	3,583	0,000	
	20	12	4	0,667	0,113	2,583	0,333	
	21	8	1	0,875	0,075	2,625	0,125	
	22	7	3	0,571	0,066	1,929	0,429	
	23	4	2	0,500	0,038	2,000	0,500	
	24	2	0	1,000	0,019	2,500	0,000	
	25	2	2	0,000	0,019	1,500	1,000	
	26	1	1	0,000	0,009	1,500	1,000	

Tabela 3. Continuação.

Temp. (°C)	x	L_x	d_x	s_x	l_x	e_x	q_x	Forma
23	1	120	84	0,300	1,000	3,658	0,700	Jovem
	2	36	0	1,000	0,300	10,028	0,000	
	3	36	0	1,000	0,300	9,028	0,000	
	4	36	11	0,694	0,300	8,028	0,306	
	5	25	0	1,000	0,208	10,340	0,000	Adulta
	6	25	0	1,000	0,208	9,340	0,000	
	7	25	0	1,000	0,208	8,340	0,000	
	8	25	0	1,000	0,208	7,340	0,000	
	9	25	1	0,960	0,208	6,340	0,040	
	10	24	1	0,958	0,200	5,583	0,042	
	11	23	2	0,913	0,192	4,804	0,087	
	12	21	0	1,000	0,175	4,214	0,000	
	13	21	4	0,810	0,175	3,214	0,190	
	14	17	3	0,824	0,142	2,853	0,176	
	15	14	2	0,857	0,117	2,357	0,143	
	16	12	5	0,583	0,100	1,667	0,417	
	17	7	4	0,429	0,058	1,500	0,571	
	18	3	2	0,333	0,025	1,833	0,667	
	19	1	0	1,000	0,008	3,500	0,000	
	20	1	0	1,000	0,008	2,500	0,000	
	21	1	0	1,000	0,008	1,500	0,000	
	22	1	1	1,000	0,008	0,500	0,000	
25	1	49	18	0,633	1,000	6,500	0,367	Jovem
	2	31	0	1,000	0,633	8,984	0,000	
	3	31	0	1,000	0,633	7,984	0,000	
	4	31	6	0,806	0,633	6,984	0,194	
	5	25	0	1,000	0,510	7,540	0,000	Adulta
	6	25	0	1,000	0,510	6,540	0,000	
	7	25	2	0,920	0,510	5,540	0,080	
	8	23	1	0,957	0,469	4,978	0,043	
	9	22	2	0,909	0,449	4,182	0,091	
	10	20	2	0,900	0,408	3,550	0,100	
	11	18	2	0,889	0,367	2,889	0,111	
	12	16	6	0,625	0,327	2,188	0,375	
	13	10	4	0,600	0,204	2,200	0,400	
	14	6	3	0,500	0,122	2,333	0,500	
	15	3	0	1,000	0,061	3,167	0,000	
	16	3	1	0,667	0,061	2,167	0,333	
	17	2	1	0,500	0,041	2,000	0,500	
	18	1	0	1,000	0,020	2,500	0,000	
	19	1	0	1,000	0,020	1,500	0,000	
	20	1	1	1,000	0,020	0,500	0,000	

Tabela 3. Continuação.

Temp. (°C)	x	L_x	d_x	s_x	l_x	e_x	q_x	Forma
28	1	39	10	0,744	1,000	6,064	0,256	Jovem
	2	29	0	1,000	0,744	6,983	0,000	
	3	29	4	0,862	0,744	5,983	0,138	
	4	25	0	1,000	0,641	5,860	0,000	Adulta
	5	25	1	0,960	0,641	4,860	0,040	
	6	24	1	0,958	0,615	4,042	0,042	
	7	23	2	0,913	0,590	3,196	0,087	
	8	21	6	0,714	0,538	2,452	0,286	
	9	15	4	0,733	0,385	2,233	0,267	
	10	11	3	0,723	0,282	1,864	0,273	
	11	8	3	0,625	0,205	1,375	0,375	
	12	5	4	0,200	0,128	1,111	0,800	
	13	1	0	1,000	0,026	1,500	0,000	
	14	1	1	0,000	0,026	0,500	1,000	
30	1	58	24	0,586	1,000	3,931	0,414	Jovem
	2	34	0	1,000	0,586	5,353	0,000	
	3	34	9	0,735	0,586	4,353	0,265	
	4	25	1	0,960	0,431	4,740	0,040	Adulta
	5	24	3	0,875	0,414	3,917	0,125	
	6	21	4	0,810	0,362	3,405	0,190	
	7	17	3	0,824	0,293	3,088	0,176	
	8	14	2	0,857	0,241	2,643	0,143	
	9	12	3	0,750	0,207	2,000	0,250	
	10	9	4	0,556	0,155	1,500	0,444	
	11	5	2	0,600	0,086	1,300	0,400	
	12	3	2	0,333	0,052	0,833	0,667	
	13	1	1	0,000	0,017	0,500	1,000	
33	1	2384	1422	0,404	1,000	1,350	0,596	Jovem
	2	962	0	1,000	0,4035	1,606	0,000	
	3	962	937	0,026	0,4035	0,606	0,974	
	4	25	2	0,920	0,0105	3,580	0,080	Adulta
	5	23	4	0,826	0,0096	2,848	0,174	
	6	19	5	0,737	0,0080	2,342	0,263	
	7	14	3	0,786	0,0059	2,000	0,214	
	8	11	4	0,636	0,0046	1,409	0,364	
	9	7	4	0,429	0,0029	0,929	0,571	
	10	3	3	0,000	0,0013	0,500	1,000	

¹Idade ($x = 7$ dias).

²Número de sobreviventes no começo da idade x .

³Número de indivíduos mortos durante a idade x .

⁴Taxa de sobrevivência durante a idade x .

⁵Taxa de sobrevivência a partir da idade zero ao começo da idade x .

⁶Esperança de vida para os indivíduos de idade x .

⁷Razão de mortalidade para o intervalo de idade x .

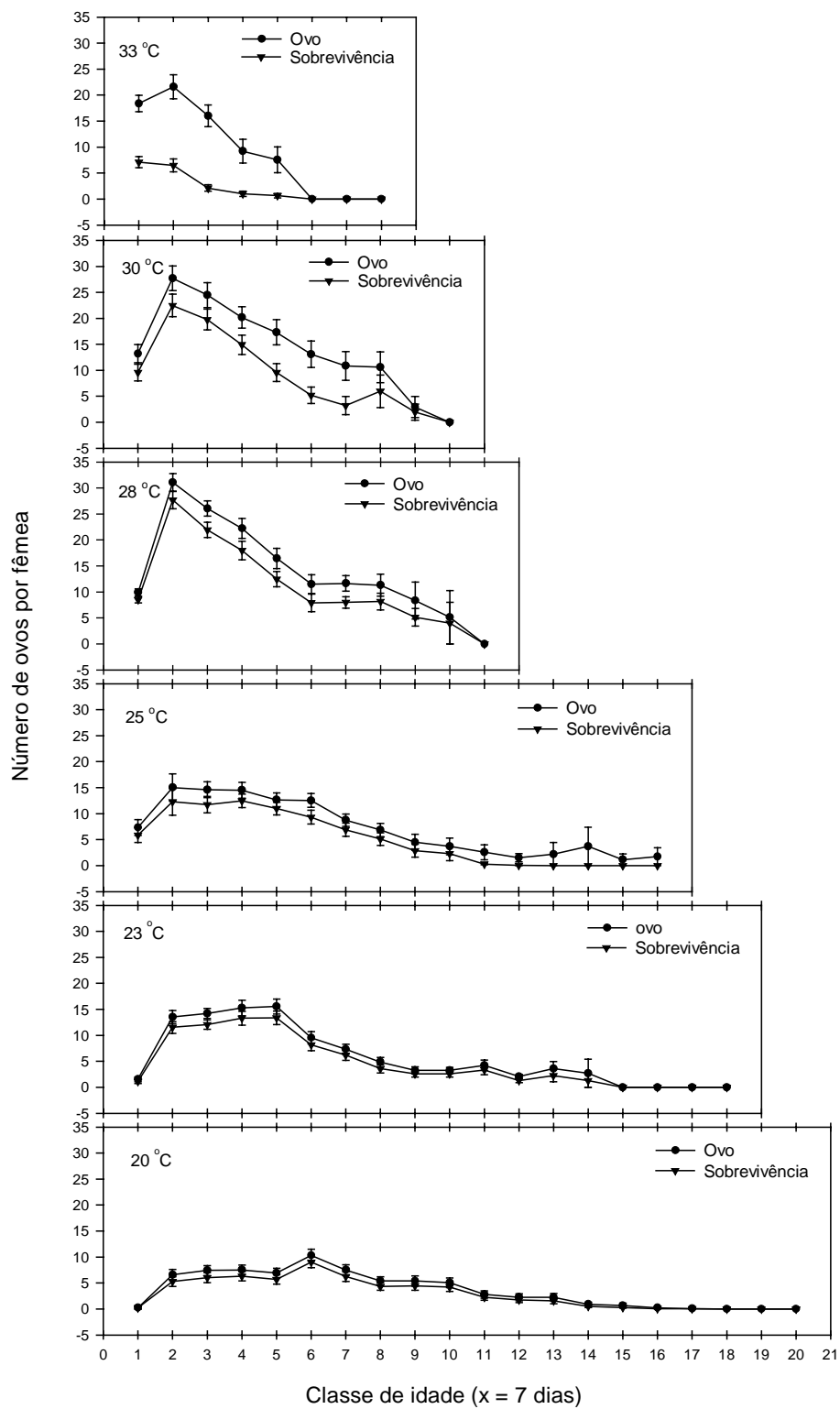


Figura 1. Fecundidade de *P. nigrispinus* alimentado com lagartas de *A. argillacea*.

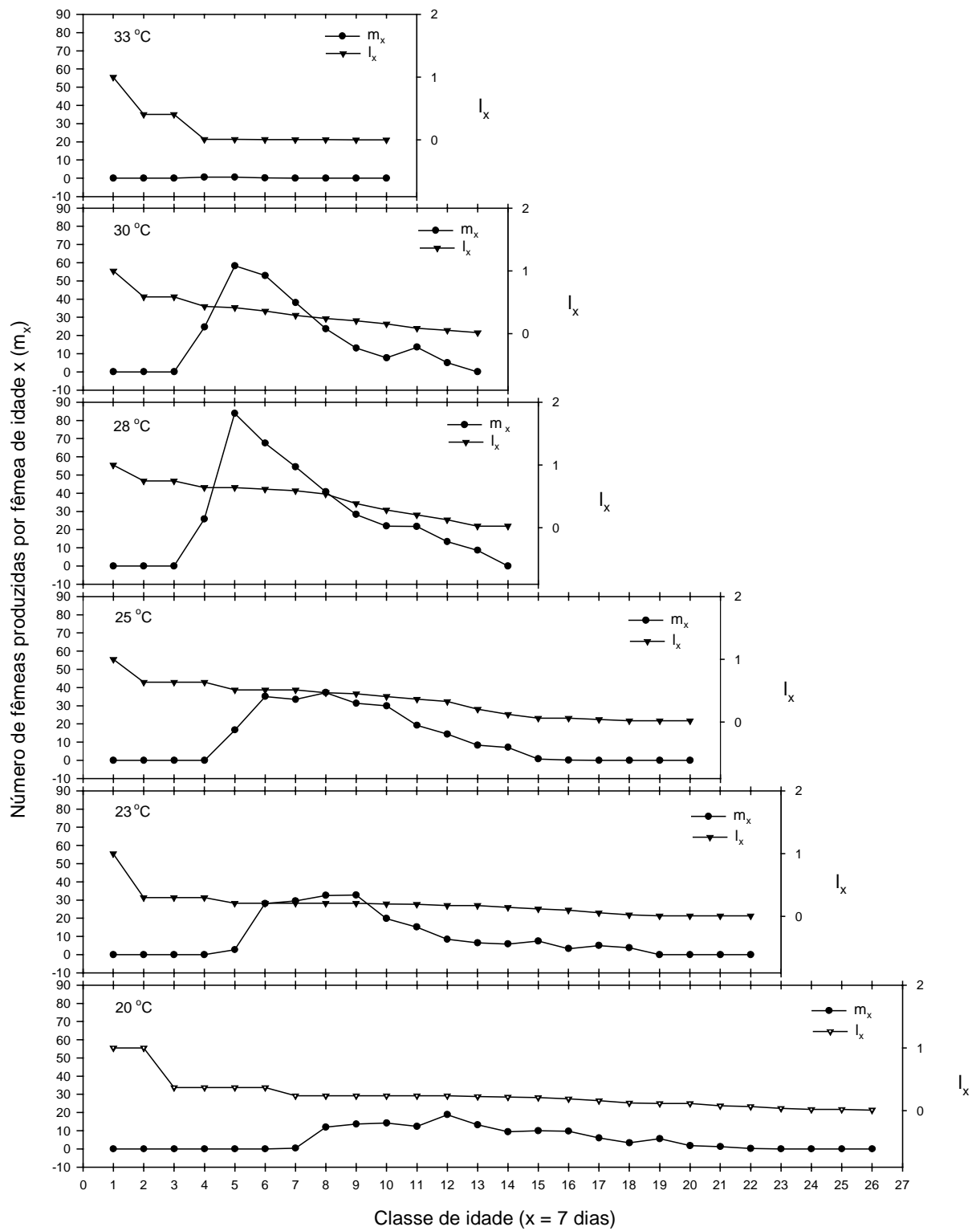


Figura 2. Fertilidade (m_x) e sobrevivência (l_x) de *P. nigripinus* alimentado com lagartas de *A. argillacea*.

**Impacto da Temperatura no Desenvolvimento de *Alabama argillacea*
(Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)**

Impact of the Temperature on Development of *Alabama argillacea*

(Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)

ABSTRACT – The development and survival of *Alabama argillacea* (Hübner) fed with leaves of cotton (*Gossypium hirsutum* L., race *latifolium* Hutch., cultivar CNPA 7H) at constant temperatures of 20, 23, 25, 28, 30, 33, and 35 °C, relative humidity of $60 \pm 10\%$, and a 14 h: 10 h (L:D) was studied. Developmental period and survival of the egg stage ranged from 2.0 (28, 30, and 33 °C) to 5.0 (20 °C) days, and from 19.0 (33 °C) to 93.0% (20 °C), respectively. Developmental period and survival of the larval stage ranged from 9.2 (33 °C) to 19.0 (20 °C) days, and from 50.0 (33 °C) to 84.0% (23 and 25 °C), respectively. Developmental period and survival of the pre-pupal stage ranged from 1.0 (23, 25, 28, 30, and 33 °C) to 1.6 (20 °C) days, and from 88.0 (33 °C) to 100.0% (28 °C), respectively. Developmental period and survival of the pupal stage ranged from 5.0 (33 °C) to 13.7 (20 °C) days, and from 75.6 (28 °C) to 100.0% (23 °C), respectively. All individuals were unable to complete development at 35 °C. The low R^2 values obtained from Davidson (0.0001 to 0.1179) and Stinner *et al.* models (0.0099 to 0.8296) no indicated a good fit to the data. However, the high R^2 values obtained from Sharpe & DeMichele (0.9677 to 0.9997), and Lactin *et al.* models (0.9684 to 0.9997) indicated a good fit to the data.

KEY WORDS: Cotton leafworm, developmental rate, *Gossypium hirsutum*, nonlinear models.

RESUMO – Estudou-se o desenvolvimento de *Alabama argillacea* (Hübner), alimentado com folhas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L., raça *latifolium* Hutch., cultivar CNPA 7H), às temperaturas constantes de 20, 23, 25, 28, 30, 33 e 35 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas. A duração e sobrevivência de ovos variaram, respectivamente, de 2,0 (28, 30 e 33 °C) a 5,0 (20 °C) dias, e de 19,0 (33 °C) a 93,0% (20 °C). A duração e sobrevivência de lagartas variaram, respectivamente, de 9,2 (33 °C) a 19,0 (20 °C) dias, e de 50,0 (33 °C) a 84,0% (23 e 25 °C). A duração e sobrevivência de pré-pupas variaram de 1,0 (23, 25, 28, 30 e 33 °C) a 1,6 (20 °C) dias, e de 88,0 (33 °C) a 100,0% (28 °C), respectivamente. A duração e sobrevivência de pupas variaram de 5,0 (33 °C) a 13,7 (20 °C) dias, e de 75,6 (28 °C) a 100,0% (23 °C), respectivamente. Nenhum indivíduo foi capaz de completar o desenvolvimento a 35 °C. Os baixos valores de R² obtidos para os modelos de Davidson (0,0001 a 0,1179) e de Stinner *et al.* (0,0099 a 0,8296) indicaram que estes modelos não são adequados para estimar o desenvolvimento de *A. argillacea* em função da temperatura. Entretanto, os altos valores de R² obtidos para os modelos de Sharpe & DeMichele (0,9677 a 0,9997) e de Lactin *et al.* (0,9684 a 0,9997) indicaram que estes modelos estimam, adequadamente, o tempo de desenvolvimento de *A. argillacea* em função da temperatura.

PALAVRAS-CHAVE: Curuquerê-do-algodoeiro, taxa de desenvolvimento, *Gossypium hirsutum*, modelos não lineares.

O curuquerê-do-algodoeiro, *Alabama argillacea* (Hübner) é uma espécie nativa das Américas do Sul e Central, sendo encontrada em quase todas as regiões cotonicultoras, desde o Sul do Canadá ao Norte da Argentina (Carvalho 1981). É uma das pragas mais antigas e conhecidas do algodoeiro, *Gossypium hirsutum* L., e de grande importância econômica para a cotonicultura, em diversos países produtores, incluindo o Peru, Nicarágua, México, Colômbia, Estados Unidos da América, Paraguai, Brasil e Argentina (Almestar *et al.* 1977, Falcon & Daryl 1977, Cies 1978, Alvarez & Sanchez 1982, Nyffeler *et al.* 1987, Michel 1994, Ramalho 1994, Lobos 1999).

O curuquerê pode ocorrer no agroecossistema do algodoeiro durante toda a fase de desenvolvimento da cultura, com populações crescentes até a colheita. A desfolha inicia-se a partir do ponteiro evoluindo em direção a parte inferior da planta, sendo que os últimos três ínstares da praga são responsáveis pela maior parte do dano (Bellettini *et al.* 1999). Nas regiões brasileiras onde se cultiva algodão, essa praga, possivelmente, infestará a cultura em algum estágio do seu desenvolvimento fenológico. No Centro-Sul do país é uma praga considerada tardia, mas no Nordeste, exceto a Bahia, seu ataque é inicial, podendo ocorrer, esporadicamente, no fim da cultura. Esta imigração precoce da praga na cultura, concorre para que não se tenha uma alta mortalidade natural das populações do curuquerê, no início de sua ocorrência no agroecossistema. Com isto, torna-se a principal praga desfolhadora do algodão podendo, em altas densidades, desfolhar completamente as plantas (Medeiros 1997). Apesar de ser de fácil controle, o seu ataque reduz consideravelmente a produção de algodão (Gravena & Cunha 1991).

A temperatura é um dos fatores climáticos que mais interfere no desenvolvimento de populações de insetos (Scriber & Slansky Jr. 1981). Por isso, há muito tempo entomologistas têm despertado interesse para a

previsão da ocorrência temporal de pragas a fim de incrementar o monitoramento e as táticas de controle (Marco *et al.* 1997). Atualmente é comum, no manejo integrado de pragas, a utilização de modelos matemáticos na previsão da ocorrência das pragas-chave e a temperatura ocupa lugar de destaque nesses modelos; pois sendo o fator climático que afeta mais diretamente o desenvolvimento do inseto, pode-se ter, em função das necessidades térmicas do inseto e do local analisado, possibilidades de maiores ou menores populações da praga (Haddad & Parra 1984).

Os modelos lineares em graus-dias foram alguns dos primeiros a serem desenvolvidos e aplicados a um certo número de espécies de insetos (Howe 1967). Todavia, a falta de linearidade apresentada no desenvolvimento de insetos quando submetidos a baixas e altas temperaturas, mostrou que estes modelos são, freqüentemente, inadequados para descrever o desenvolvimento desses organismos. Assim, os modelos não lineares têm sido elaborados para serem aplicados a várias espécies de insetos e circunstâncias. Davidson (1942, 1944) descreveu a taxa de desenvolvimento como uma função da temperatura dentro de uma equação logística. Stinner *et al.* (1974) descreveram o efeito da temperatura sobre a taxa de desenvolvimento de insetos com uma equação sigmóide modificada, a qual resulta numa curva simétrica em torno da temperatura ótima. Sharpe & DeMichele (1977) formularam um modelo biofísico complexo, posteriormente modificado por Schoolfield *et al.* (1981), que descreve a resposta não linear entre taxas de desenvolvimento e temperaturas baixas e altas, como também a resposta linear em temperaturas intermediárias (Wagner *et al.* 1984). Lactin *et al.* (1995) modificaram o modelo não linear de Logan *et al.* (1976) eliminando o parâmetro ψ e introduzindo o parâmetro intercepta (λ), o qual permite estimar a temperatura base inferior.

A introdução do bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, no Brasil, em fevereiro de 1983, aumentou a complexidade no combate às pragas pelas peculiaridades que esse curculionídeo apresenta, promovendo uma redução significativa na área plantada com algodão, principalmente, na região Setentrional (Ramalho *et al.* 1989). Então, durante quase uma década poucos estudos foram conduzidos com *A. argillacea*. No entanto, com a abertura da fronteira agrícola nos cerrados dos Estados de Mato Grosso do Sul e Goiás a cotonicultura teve uma expansão extraordinária (Bellettini *et al.* 1999). Paralelamente a este fato, o curuquerê passou a ser uma praga importante no agroecossistema do algodoeiro e, atualmente os produtores estão enfrentando problemas para controlar os surtos dessa praga, pois estão surgindo populações resistentes aos inseticidas comumente utilizados.

Desta forma esta pesquisa teve como objetivos: (1) quantificar o efeito da temperatura na biologia de *A. argillacea* e (2) determinar qual modelo não linear melhor descreve a relação entre as taxas de desenvolvimento de cada uma das fases de desenvolvimento de *A. argillacea* e temperatura.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada na Unidade de Controle Biológico (UCB)/Embrapa Algodão, em Campina Grande, Paraíba. Os espécimes foram mantidos em câmaras climatizadas, tipo BOD, à temperaturas constantes de 20, 23, 25, 28, 30, 33 e 35 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Foram utilizados no estudo espécimes de *A. argillacea*, provenientes de uma população coletada em Touros, Rio Grande do Norte.

Esta população foi mantida na UCB, e durante a fase de lagarta foi alimentada com folhas de algodoeiro (*G. hirsutum*, raça *latifolium* Hutch., cultivar CNPA 7H) e durante a fase adulta com solução de mel de abelha (20%) e água destilada (80%).

Foram formados 15 casais de adultos recém-emergidos de *A. argillacea* e acondicionados em gaiolas de PVC, sendo cinco casais por gaiola, conforme metodologia adotada por Medeiros (1997).

As primeiras posturas de *A. argillacea* foram acondicionadas em placas de Petri de 9 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura, contendo no seu interior um chumaço de algodão hidrófilo, embebido em água destilada, para manter a umidade. As posturas foram observadas diariamente, visando determinar o período de incubação e a sobrevivência dos ovos. Os ovos foram submetidos às mesmas condições de temperatura e umidade dos casais.

Após a eclosão, foram individualizadas 50 lagartas em copos plásticos, transparentes (250 ml), medindo 8,0 cm de altura por 7,5 cm de diâmetro. Na tampa de cada copo foi inserido, através de um orifício circular, um tubo de plástico de 2,5 ml, tipo “anestésico odontológico”, contendo água destilada e uma folha fresca de algodão (*G. hirsutum*, raça *latifolium*, cultivar CNPA 7H) retirada da região apical da planta, para servir de alimento para as lagartas. Para se verificar o processo de ecdise, as lagartas foram marcadas, no dorso, com corante (Day-Glo Color Corp). Diariamente, todos os copos foram observados a fim de registrar o processo de ecdise nas lagartas e para substituição das folhas.

As taxas médias de desenvolvimento de cada ínstar, fases de ovo, lagarta, pré-pupa e pupa, nas diferentes temperaturas, foram estimadas, utilizando-se a fórmula:

$$r(T) = 1,0 / e^{\left\{ \left[\frac{\sum_{i=1}^n \ln(di)}{n} \right] \right\}}, \quad (1)$$

onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento, d_i são as observações individuais de tempo de desenvolvimento em dias e n é o número de observações. Este método é recomendado por Logan *et al.* (1976) para corrigir a não linearidade na transformação do tempo de desenvolvimento em taxa.

Taxas de desenvolvimento são os recíprocos dos períodos de desenvolvimento em dias e são representadas por valores que variam de 0 a 1. Essas taxas são usadas nos modelos de taxas de desenvolvimento nos quais as suas estimativas são adicionadas diariamente. O desenvolvimento de um organismo é completado quando a soma de suas taxas de desenvolvimento diárias atinge o valor um (Curry & Feldman 1987). Portanto, a integral da função da taxa de desenvolvimento no decorrer do tempo (tais como, os modelos de Davidson 1942, 1944, Stinner *et al.* 1974, Sharpe & DeMichele 1977 e Lactin *et al.* 1995), pode ser utilizada para simular o desenvolvimento de um organismo submetido a mudanças na temperatura ambiente. Então, procedimentos descritivos não lineares foram utilizados para analisar a relação entre a taxa de desenvolvimento de *A. argillacea* e temperatura. Eles são descritos a seguir.

Equação logística de Davidson (1942, 1944):

$$r(T) = \frac{k}{(1 + e^{a-bT_i})}, \quad (2)$$

onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento à temperatura T (°C), a é o valor que define o ponto na linha de regressão em relação a abscissa, b é a inclinação da linha da curva, k é a constante que define o limite superior da linha sigmóide, T_i é a temperatura no ambiente da câmara. Os parâmetros a , b e k foram estimados através do método de Marquardt de regressão não linear, usando-se o PROC NLIN (Sas Institute Inc. 2000). Esse método é usado para determinar o quadrado mínimo dos parâmetros estimados para o modelo.

Equação sigmóide de Stinner *et al.* (1974):

$$r(T) = \frac{c}{(1 + e^{k_1 + k_2 T'})}, \quad (3)$$

onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento à temperatura T (°C), c é $(1/t_{max}) \times (e^{k_1 + k_2 T_{max}})$ (assíntota), k_1 e k_2 são constantes empíricas e $T' = T$, para $T < T_{max}$ e $T' = 2 \times T_{max} - T$, para $T > T_{max}$. Os parâmetros c , k_1 e k_2 foram estimados através do método de Marquardt, utilizando-se o PROC NLIN (Sas Institute Inc. 2000).

Modelo biofísico de Sharpe & DeMichele (1977), modificado por Schoolfield *et al.* (1981):

$$r(T) = \frac{RHO_{25} \left(\frac{T}{298,15} \right) \exp \left[\left(\frac{H_A}{R} \right) \left(\frac{1}{298,15 - \frac{1}{T}} \right) \right]}{1 + \exp \left[\left(\frac{H_L}{R} \right) \left(\frac{1}{T_L} - \frac{1}{T} \right) \right] + \exp \left[\left(\frac{H_H}{R} \right) \left(\frac{1}{T_H} - \frac{1}{T} \right) \right]}, \quad (4)$$

onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento à temperatura T (°K), R é a constante universal do gás (1,987 grau cal⁻¹mol⁻¹), RHO_{25} é a taxa de desenvolvimento a 25 °C (298,15 °K), assumindo não ocorrer inativação de enzima, H_A é a entalpia de ativação da reação que é catalisada pela enzima que controla a taxa, T_L é a temperatura em graus Kelvin na qual a taxa que controla a enzima é metade ativa e metade inativa em baixa temperatura, H_L é a mudança na entalpia associada com inativação da enzima em baixa temperatura, T_H é a temperatura em graus Kelvin na qual a enzima que controla a taxa de desenvolvimento do inseto é metade ativa e metade inativa em alta temperatura, H_H é a mudança na entalpia associada com inativação em alta temperatura. Os parâmetros RHO_{25} , H_A , T_H e H_H foram estimados através do método de Marquardt, usando-se o PROC NLIN (Sas Institute Inc. 2000), conforme procedimento adotado por Wagner *et al.* (1984).

O numerador da equação quatro explica as taxas de desenvolvimento dependentes da temperatura na ausência de inativação a baixa ou alta temperatura. As primeiras e as segundas equações exponenciais no denominador da equação quatro explicam respectivamente, a inibição a baixa e a alta temperatura (Wagner *et al.* 1984).

Wagner *et al.* (1984) desenvolveu um método para determinar se os dados ajustam-se a um modelo constituído de seis, quatro ou dois parâmetros. Esse método testa a não linearidade nos dados à temperaturas extremas (baixa e alta), a qual indicaria inibição à temperatura extrema. O modelo constituído de seis parâmetros ajusta-se melhor aos dados se ambos os extremos de temperatura apresentarem efeito significativo na inibição. No caso da alta temperatura não apresentar efeito significativo na inibição, então, os parâmetros T_H e H_H assumirão valores constantes de 1.000 e 100.000.000, respectivamente. Se temperatura baixa não apresentar efeito significativo na inibição, os parâmetros T_L e H_L receberão valores constantes, respectivamente, de 100 e -100.000.000. Portanto, em ambos os casos, o modelo constituído de quatro parâmetros ajustar-se-á melhor aos dados. Quando a baixa e alta temperaturas não afetam a inibição, o modelo com dois parâmetros ajustar-se-á melhor aos dados; então, os quatro parâmetros T_H , H_H , T_L e H_L receberão valores constantes de 1.000, 100.000.000, 100 e -100.000.000, respectivamente.

Modelo de Lactin *et al.* (1995), resultante da modificação do modelo não linear de Logan *et al.* (1976):

$$r(T) = e^{\rho T} - e^{\left[\rho T_L - \left(\frac{T_L - T}{\Delta_T} \right) \right]} + \lambda, \quad (5)$$

onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento à temperatura T (°C), T_L é a temperatura letal em graus celcius, ρ é a taxa de aumento à temperatura ótima, Δ_T é a diferença entre a temperatura letal e a temperatura ótima de desenvolvimento, e λ é o parâmetro que faz a curva interceptar a abscissa, o

que permite estimar temperatura base. Os parâmetros T_L , ρ , Δ_T e λ foram estimados pelo método de Marquardt, usando-se o PROC NLIN (Sas Institute Inc. 2000).

O coeficiente de determinação (R^2) de modelos não lineares não pode ser calculado como em modelos lineares ($R^2 = 1 - (SQR/SST)$), porque a maioria dos modelos não lineares não apresenta um intercepta identificável. Neste caso, o SAS usa a soma dos quadrados não correlacionados ao invés da soma dos quadrados do total (Freund & Littell 1986). O R^2 desses modelos foram calculados como $R^2 = 1 - (S_y^2/S_{td}^2)$, onde S_y^2 é a variância dos resíduos do modelo e S_{td}^2 é a variância das médias observadas das taxas de desenvolvimento.

Resultados

A duração dos ínstaes e fases de *A. argillacea* depende da temperatura a que esse inseto foi submetido e independe do sexo (Tabela 1).

A temperatura afetou a duração do período embrionário de *A. argillacea*, promovendo uma variação de $2,00 \pm 0,00$ (28, 30 e 33 °C) a $5,00 \pm 0,00$ (20 °C) dias (Tabela 2). O fato dessa praga ter apresentado a 28 °C duração igual a 33 °C, pode ser explicado pela metodologia empregada que foram observações realizadas a intervalos de 24 h. A sobrevivência dos ovos de *A. argillacea* variou de 19,00 (33 °C) a 93,00% (20 °C), sendo que no intervalo de 23 a 30 °C a sobrevivência foi superior a 85,00% (Tabela 2). A menor sobrevivência a 33 °C, deve-se, principalmente, ao efeito letal desta temperatura aos embriões e não ao ressecamento dos ovos. A temperatura de 35 °C causou ressecamento na maioria dos ovos, não sendo observado desenvolvimento embrionário em ovos não ressecados. Então

pode-se afirmar que temperaturas constantes ≥ 35 °C são letais ao desenvolvimento embrionário de *A. argillacea*.

A duração de *A. argillacea* variou dentro de cada ínstar e entre ínstars, de acordo com a temperatura em que a praga foi submetida (Tabela 3). As lagartas de 5° ínstar apresentaram maior duração, seguidas pelas de 1° e 4° ínstars. As lagartas de 2° e 3° ínstars apresentaram duração semelhante (Tabela 3). É possível que a maior duração do 1° ínstar deva-se ao pequeno tamanho da lagarta dificultar a alimentação, enquanto para as de 5° ínstar, deva-se ao fato do inseto precisar armazenar energia para a fase de pupa onde ocorre profundas transformações.

A sobrevivência de *A. argillacea* durante cada um dos ínstars foi alta, variando de 78,00 (1° ínstar: 33 °C) a 100,00% (1° ínstar: 28 °C; 2° ínstar: 20 °C; 4° ínstar: 23 °C; e 5° ínstar 25 °C) (Tabela 3). De 50 indivíduos de 1° ínstar submetidos a 35 °C, apenas quarenta atingiram o 2°, vinte o 3°, dois o 4° e nenhum o 5° ínstar, correspondendo a sobrevivência de 80, 50 e 10% respectivamente. Então, pode-se afirmar que temperaturas constantes ≥ 35 °C não permitem o desenvolvimento da fase de lagarta de *A. argillacea*.

A temperatura afetou a duração e a sobrevivência da fase de lagarta de *A. argillacea*. A primeira variou de $9,24 \pm 0,23$ (33 °C) a $19,00 \pm 0,16$ (20 °C) dias; enquanto a segunda variou de 50,00 (33 °C) a 84,00% (23 e 25 °C) (Tabela 2). A fase de pré-pupa de *A. argillacea* apresentou menor duração, variando de $1,00 \pm 0,00$ (23, 25, 28, 30 e 33 °C) a $1,59 \pm 0,09$ (20 °C) dias, e maior sobrevivência, variando de 88,00 (33 °C) a 100,00% (28 °C) (Tabela 2). A fase de pupa de *A. argillacea* também foi afetada pela temperatura. Assim, a duração desta fase variou de $5,04 \pm 0,19$

(33 °C) a $13,71 \pm 0,23$ (20 °C) dias; enquanto a sobrevivência variou de 75,56 (28 °C) a 100,00% (23 °C) (Tabela 2).

Os valores de R^2 obtidos para os modelos, logístico de Davidson (1942, 1944), variando de 0,0001 a 0,1179 (Tabela 6), e sigmóide de Stinner *et al.* (1974), variando de 0,0099 a 0,8296 (Tabela 7), foram baixos, evidenciando que ambos os modelos não se ajustaram aos dados obtidos de *A. argillacea*. Por outro lado, os altos valores de R^2 obtidos para os modelos, biofísico de Sharpe & DeMichele (1977), variando de 0,9677 a 0,9997 (Tabela 8), e de Lactin *et al.* (1995), variando de 0,9685 a 0,9997 (Tabela 9) indicaram ajuste destes modelos aos dados obtidos de *A. argillacea*.

A inibição do desenvolvimento de *A. argillacea* devido a temperatura ocorreu na temperatura extrema mais alta (35 °C), enquanto na mais baixa (20 °C) não foi significativa. Então, como a inibição do desenvolvimento de *A. argillacea* só foi significativa a temperatura extrema mais alta, utilizou-se a versão do modelo de Sharpe & DeMichele (1977), tornando T_L e H_L iguais a constantes 100 e $-100.000.000$, respectivamente. O teste para a inibição do desenvolvimento de um inseto a baixa temperatura é parte do programa SAS de Wagner *et al.* (1984), baseado no grau de desvio da linearidade.

A fase de lagarta de *A. argillacea* apresentou maior tolerância a alta temperatura, a qual é representada pelo alto valor de H_H obtido através do modelo de Sharpe & DeMichele (1977) (Tabela 8) e baixo valor de Δ_T , proveniente do modelo de Lactin *et al.* (1995) (Tabela 9).

O valor do parâmetro T_H do modelo de Sharpe & DeMichele (1977) é a temperatura em graus Kelvin na qual a enzima que controla a taxa de desenvolvimento do inseto é parcialmente inativada. O valor de T_H para *A. argillacea* foi 306,3 °K (Tabela 8); portanto, esta espécie apresenta

estresse térmico a 33,3 °C. Isto indica que a estimativa da ação térmica máxima pelo modelo de Sharpe & DeMichele (1977) foi bastante realística.

O parâmetro T_L obtido através do modelo de Lactin *et al.* (1995) representa a temperatura em graus celcius na qual o inseto não sobrevive por muito tempo. Os valores estimados de T_L para *A. argillacea* foram similares aos observados (Tabela 9). Transformando-os para as temperaturas atuais ($T_L + 20$); então, a temperatura letal para *A. argillacea* foi 56,83 °C. Os valores de λ estimados pelo modelo de Lactin *et al.* (1995) foram < 0 (Tabela 9), indicando que este modelo pode ser utilizado para estimar a temperatura base para cada ínstar e fase de desenvolvimento de *A. argillacea*.

Portanto, a relação entre taxa de desenvolvimento e temperatura para *A. argillacea* foi adequadamente descrita pelos modelos de Sharpe & DeMichele (1977) e de Lactin *et al.* (1995) (Fig. 1).

Discussão

Kasten Jr. (1980) estudou o efeito de quatro temperaturas constantes sobre o desenvolvimento de *A. argillacea* e verificou para a fase de ovo, duração de desenvolvimento de 3,0 e 2,1 dias, e sobrevivência de 75,1 e 91,2%, a 25 e 30 °C, respectivamente; ao passo que Carvalho (1981), a 25 °C, registrou duração de 2,9 dias e sobrevivência de 61,4%. Estes resultados assemelham-se aos obtidos na presente pesquisa para duração [2,0 (30 °C) e 3,0 (25 °C) dias], mas diferem quanto a sobrevivência [88,0 (30 °C) e 91,0% (25 °C)]. Carvalho (1981) afirmou que a baixa sobrevivência (61,4%) seria devido a insuficiência de alguma substância essencial (proteína, açúcar ou nutriente) na cultivar IAC 17. Entretanto,

Kasten Jr. (1980), utilizando a mesma cultivar, registrou alta sobrevivência (91,2%). Assim é possível que a baixa sobrevivência registrada por Carvalho (1981), seja o resultado de danos aos ovos durante a manipulação e não o efeito da cultivar.

O número de ínstaes em insetos pode variar em função da temperatura e do sexo (Lemos *et al.* 1998). No presente estudo foram registrados cinco ínstaes para *A. argillacea*, com menor duração para o 2° e 3° ínstaes e maior para o 5° ínstar. A ecdise das lagartas foi constatada através do uso de corante (Day-Glo Color Corp) e não pela medição da cápsula cefálica. Kasten Jr. (1980) relatou seis ínstaes para *A. argillacea*, a 20 e 25 °C, e cinco a 30 e 35 °C; ao passo que Carvalho (1981), a 25 °C, utilizando a mesma cultivar (IAC 17), registrou cinco ínstaes. Então é possível que o maior número de ínstaes registrado por Kasten Jr. (1980), seja devido a dificuldades durante as medições. Pois, segundo Habib (1977), o tamanho diminuto das lagartas nos primeiros ínstaes, torna difícil a visualização das exúvias, além da lagarta poder se alimentar da exúvia, o que dificulta a contagem do número de ínstaes.

A duração e a sobrevivência das fases de lagarta, pré-pupa e pupa de *A. argillacea* reportadas por Kasten Jr. (1980) assemelham-se aos obtidos neste estudo. Este autor registrou duração para a fase de lagarta de 8,5 (30 °C) a 17,6 (20 °C) dias e sobrevivência de 81,3 (20 °C) a 96,3% (30 °C); duração para pré-pupa que variou de 1,0 (25 °C) a 1,9 (20 °C) dias, e sobrevivência de 97,5 (30 °C) a 98,6% (25 °C); e duração para pupa que variou de 6,1 (30 °C) a 17,7 (20 °C) dias e sobrevivências de 90,9 (20 °C) a 94,9 (30 °C).

Os modelos de Davidson (1942, 1944) e de Stinner *et al.* (1974) não descreveram, adequadamente, a relação entre as taxas de desenvolvimento das diferentes fases de *A. argillacea* e temperatura.

Apesar destes modelos serem usados para descrever a relação entre taxas de desenvolvimento e temperatura de diferentes espécies, apresentam imprecisões: (1) o modelo de Stinner *et al.* (1974) assume forma simétrica em ambos os lados da temperatura ótima e por esta razão não descreve, adequadamente, o desenvolvimento de insetos quando submetidos à temperaturas elevadas; e (2) o modelo de Davidson (1942, 1944) é pouco descritivo em um ou ambos os finais da curva da relação entre taxa de desenvolvimento e temperatura (Wagner *et al.* 1984). Harari *et al.* (1998) relataram que o modelo de Davidson (1942, 1944) não foi adequado para estimar a temperatura ótima para o desenvolvimento de *Maladera matrida* Argaman, pois estimou taxas de desenvolvimento maiores à temperaturas acima da ótima.

O modelo biofísico de Sharpe & DeMichele (1997) descreve uma resposta não linear entre taxas de desenvolvimento e temperaturas baixas e altas, como também uma resposta linear em temperaturas intermediárias. Por esta razão é considerado por Wagner *et al.* (1984) e Fan *et al.* (1992), como o modelo não linear que melhor descreve o efeito de temperaturas constantes sobre o desenvolvimento de insetos. Este modelo foi aplicado e avaliado por Gould & Elkinton (1990), Orr & Obrycki (1990), Fan *et al.* (1992), Morales-Ramos & Cate (1993), Judd & McBrien (1994) e Harari *et al.* (1998), e mostrou-se ser adequado nas determinações das taxas de desenvolvimento dessas espécies.

Lactin *et al.* (1995) modificaram o modelo não linear de Logan *et al.* (1976), através da eliminação do parâmetro ψ e a inclusão do parâmetro λ (intercepta), permitindo a estimativa da temperatura base. Este modelo foi aplicado e avaliado por Briere & Pracros (1998) e mostrou ser adequado para descrever a relação entre as taxas de desenvolvimento das diferentes fases de *Lobesia botrana* Dennis & Schiffermüller e temperatura.

Os modelos de Sharpe & DeMichele (1977) e de Lactin *et al.* (1995) descreveram, adequadamente, a relação entre as taxas de desenvolvimento das diferentes fases de desenvolvimento de *A. argillacea* e temperatura (Fig. 1). Ambos os modelos descreveram uma forma assimétrica em torno da temperatura ótima, sendo que o modelo de Sharpe & DeMichele (1977) apresentou uma curva levemente mais realística do que o modelo Lactin *et al.* (1995) (Fig. 1). Briere & Pracros (1998) relataram que em insetos a relação entre taxa de desenvolvimento e temperatura é não linear, tem uma forma assimétrica e é composta de três seções: a primeira, em baixas temperaturas, onde a taxa de desenvolvimento aumenta não linearmente a partir do ponto de desenvolvimento zero; a segunda, onde o aumento na taxa de desenvolvimento torna-se proporcional ao aumento da temperatura; e a terceira, começa a partir da temperatura ótima e declina acentuadamente até atingir a temperatura letal. Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que os modelos de Sharpe & DeMichele (1977) e de Lactin *et al.* (1995) são adequados para descrever a relação entre as taxas de desenvolvimento dos diferentes ínstaes e fases de *A. argillacea* e temperatura. Por isto os resultados obtidos podem ser utilizados na previsão da ocorrência das diferentes fases e ínstaes de *A. argillacea* no agroecossistema do algodoeiro e com isso facilitar a tomada de decisão a respeito da melhor época de efetivar medidas de controle dessa praga.

Literatura Citada

- Almestar, S.A., C.C. Castañeda & P.J. Saavedra. 1977.** Informe final de la campana algodouera 1976-77. Lima, Fund. Des. Algod., 117p.
- Alvarez, R.J.A. & G.C. Sanchez. 1982.** *Alabama argillacea* (Huebner), ciclo de vida y consumo foliar. Rev. Col. Entomol. 8: 34-38.
- Bellettini, S., N.M.T. Bellettini, G. Salvador, W.G. Silva, C.T. Manholer & S.A. Bianchini. 1999.** Eficiência de inseticidas no controle do curuquerê, *Alabama argillacea* (Hueb., 1818) no algodoeiro. In Congresso Brasileiro de Algodão, 2, Ribeirão Preto, Embrapa Algodão/Instituto Biológico, p.198-200.
- Briere, Jean-François & P. Pracros. 1998.** Comparison of temperature-dependent growth models with the development of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). Environ. Entomol. 27: 94-101.
- Carvalho, S.M. 1981.** Biologia e nutrição quantitativa de *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lepidoptera, Noctuidae) em três cultivares de algodoeiro. Piracicaba, Universidade Estadual de São Paulo, Dissertação, 97p.
- Cies. 1978.** Control integrado de las plagas del algodouero en el estado de Chiapas, Mexico, Tapachula. México, CIES-OEA-CONACYT, (Boletim, 6).
- Curry, G.L. & R.M. Feldman. 1987.** Mathematical foundations of population dynamics. TEES Monograph Series, College Station, Texas, 249p.
- Davidson, J. 1942.** On the speed of development of insect eggs at constant temperatures. Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci. 20: 233-239.
- Davidson, J. 1944.** On the relationship between temperature and rate of development of insects at constant temperatures. J. Anim. Ecol. 13: 26-38.
- Falcon, L.A. & R. Daryl. 1977.** Informe al algodouero de Nicaragua sobre control integrado de plagas del algodouero. Rome, FAO/UNDP, 285p.

- Fan, Y., E. Groden & F.A. Drummond. 1992.** Temperature-dependent development of mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) under constant and variable temperatures. *J. Econ. Entomol.* 85: 1762-1770.
- Freund, R.J. & R.C. Littell. 1986.** SAS system for regression. SAS Institute, Cary. 846p.
- Gould, J.R. & J.S. Elkinton. 1990.** Temperature-dependent growth of *Cotesia melanoscela* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Environ. Entomol.* 19: 859-865.
- Gravena, S. & H.F. Cunha. 1991.** Artrópodos predadores na cultura algodoeira. Jaboticabal, FUNEP (Boletim Técnico, 1), 41p.
- Habib, M.E.M. 1977.** Possibilidade de utilização de novos métodos de controle do curuquerê, *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 6: 80-84.
- 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 de insetos, Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 12p. (Boletim da Série Agric. e Desenv.).
- Harari, A.R., D. Ben-Yakir, M. Chen & D. Rosen. 1998.** Temperature-dependent developmental models for predicting the phenology of *Maladera matrida* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Environ. Entomol.* 27: 1220-1228.
- Howe, R.W. 1967.** Temperature effects on embryonic development in insects. *Ann. Rev. Entomol.* 10: 15-42.
- Kasten Jr., P. 1980.** Biologia de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera, Noctuidae) em diferentes temperaturas, na cultivar de algodoeiro "IAC - 17". Piracicaba, Universidade Estadual de São Paulo, Dissertação, 56p.
- Judd, G.J.R. & H.L. McBrien. 1994.** Modeling temperature-dependent development and hatch of overwintered eggs of *Campylomma verbasci* (Heteroptera: Miridae). *Environ. Entomol.* 23: 1224-1234.

- Lactin, D.J., N.J. Holliday, D.L. Johnson & R. Craigen. 1995.** Improved rate model of temperature-dependent development by arthropods. *Environ. Entomol.* 24: 68-75.
- Lemos, W.P., R.S. Medeiros & F.S. Ramalho. 1998.** Influência da temperatura no desenvolvimento de *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera: Anisolabididae), predador do bicudo-do-algodoeiro. *An. Soc. Entomol. Brasil* 27: 67-76.
- Lobos, E. 1999.** Manejo de *Alabama argillacea* Huebner con insecticidas en el area de riego del Rio Dulce-Santiago del Estero-Argentina. In Congreso Brasileiro de Algodão, 2, Ribeirão Preto, Embrapa Algodão/Instituto Biológico, p.262-265.
- Logan, J.A., D.J. Wollkind, S.C. Hoyt & L.K. Tanigoshi. 1976.** An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. *Environ. Entomol.* 5: 1133-1140.
- Marco, V., A. Taberner & P. Castañera. 1997.** Development and survival of immature *Aubeonymus mariaefranciscae* (Coleoptera: Curculionidae) at constant temperatures. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 90: 169-176.
- Medeiros, R.S. 1997.** Efeitos da temperatura na biologia de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae), predador do curuquerê-do-algodoeiro. Areia, Universidade Federal da Paraíba, Trabalho de conclusão de curso, 91p.
- Michel, B. 1994.** Entomofauna de los algodones paraguayos: Hemiptera Heteroptera. Asuncion, Ministério de Agricultura y Ganadería, 132p.
- Morales-Ramos, J.A. & J.R. Cate. 1993.** Temperature-dependent rates of *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Environ. Entomol.* 22: 226-233.
- Nyffeler, M., D.A. Dean & W.L. Sterling. 1987.** Predation by green lynx spider, *Peucetia viridans* (Aranae: Oxyopidae), inhabiting cotton and woolly croton plants in East Texas. *Environ. Entomol.* 16: 355-359.
- Orr, C.J. & J.J. Obrycki. 1990.** Thermal and dietary requirements for development of *Hippodamia parenthesis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environ. Entomol.* 19: 1523-1527.

- Ramalho, F.S., F.M.M. Jesus & E. Bleicher. 1989.** Manejo integrado de pragas e viabilidade do algodoeiro herbáceo no Nordeste, p. 112-123. In Seminário sobre Controle de Insetos. Campinas, Sociedade Entomológica do Brasil, 138p.
- Ramalho, F.S. 1994.** Cotton pest management. Part 4. A brazilian perspective. *Ann. Rev. Entomol.* 34: 563-578.
- Sas Institute Inc. 2000.** SAS user's guide: statistics. Cary. 584p.
- Schoolfield, R.M., P.J.H. Sharpe & C.E. Magnuson. 1981.** Non linear regression of biological temperature-dependent rate models based on absolute reaction-rate theory. *J. Theor. Biol.* 88: 719-731.
- Scriber, J.M. & J.R. Slansky, Jr. 1981.** The nutritional ecology of immature insects. *Ann. Rev. Entomol.* 26: 183-211.
- Sharpe, P.J.H. & D.W. DeMichele. 1977.** Reaction kinetics of poikilotherm development. *J. Theor. Biol.* 64: 649-670.
- Stinner, R.E., A.P. Gutierrez & G.D. Butler, Jr. 1974.** An algorithm for temperature-dependent growth rate simulation. *Can. Entomol.* 106: 519-524.
- Wagner, T.L., H. Wu, P.J.H. Sharpe, R.M. Schoolfield & R.N. Coulson. 1984.** Modeling insect development rates: a literature review and a application of a biophysical model. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77: 208-225.

Tabela 1. Resumo das análises de variância para duração de desenvolvimento de fase e ínstar de *A. argillacea* em função da temperatura e do sexo.

Fonte variação	Graus liberdade	QM	F	P
---- Fase ----				
Temperatura (T)	5	144,4020	1.292,9600	< 0,0001
Fase (F)	3	1.572,8949	14.083,5000	< 0,0001
Sexo (S)	1	0,2387	2,1400	0,1460
T x F	15	23,5252	210,6400	< 0,0001
T x S	5	0,3154	2,8200	0,0184
F x S	3	0,1232	1,1000	0,3501
T x F x S	15	0,1337	1,2000	0,2804
---- Ínstar ----				
Temperatura (T)	5	20,8987	376,1200	< 0,0001
Ínstar (I)	4	39,5530	711,8400	< 0,0001
Sexo (S)	1	0,0505	0,9100	0,3419
T x I	20	0,4808	8,6500	< 0,0001
T x S	5	0,0454	0,8200	0,5388
I x S	4	0,0182	0,3300	0,8593
T x I x S	20	0,0359	0,65	0,8726

Tabela 2. Duração (dia \pm EP) e sobrevivência (%) das fases de ovo, lagarta, pré-pupa e pupa de *A. argillacea*, alimentado com folhas de algodoeiro (*G. hirsutum*, raça *latifolium*, cultivar CNPA 7H), às temperaturas de 20 a 33 °C, umidade relativa de 60 \pm 10% e fotofase de 14 horas.

Temp. (°C)	n ¹	Fase			
		Ovo	Lagarta	Pré-pupa	Pupa
20	38	5,00 \pm 0,00Bd ² (93,00) ³	19,00 \pm 0,16Df (82,00)	1,59 \pm 0,09Aa (97,56)	13,71 \pm 0,23Cf (95,00)
23	41	4,00 \pm 0,00Bc (92,00)	16,67 \pm 0,09De (84,00)	1,00 \pm 0,00Aa (97,62)	10,90 \pm 0,12Ce (100,00)
25	39	3,00 \pm 0,00Bb (91,00)	14,80 \pm 0,16Dd (84,00)	1,00 \pm 0,00Aa (97,62)	9,41 \pm 0,04Cd (95,12)
28	40	2,00 \pm 0,00Ba (89,00)	11,84 \pm 0,19Dc (82,00)	1,00 \pm 0,00Aa (100,00)	6,53 \pm 0,06Cc (75,56)
30	37	2,00 \pm 0,00Ba (88,00)	11,03 \pm 0,27Db (80,00)	1,00 \pm 0,00Aa (97,50)	5,67 \pm 0,07Cb (94,87)
33	17	2,00 \pm 0,00Ba (19,00)	9,24 \pm 0,23Da (50,00)	1,00 \pm 0,00Aa (88,00)	5,04 \pm 0,19Ca (82,14)

¹Número de indivíduos que completou cada fase.

²Médias seguidas pela mesma letra (maiúscula dentro de cada linha e minúscula dentro de cada coluna) não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls (P = 0,05).

³Sobrevivência.

Tabela 3. Duração (dia \pm EP) e sobrevivência (%) de cada um dos ínstar de *A. argillacea*, alimentado com folhas de algodoeiro (*G. hirsutum*, raça *latifolium*, cultivar CNPA 7H), às temperaturas de 20 a 33 °C, umidade relativa de 60 \pm 10% e fotofase de 14 horas.

Temp. (°C)	n ¹	Ínstar				
		1°	2°	3°	4°	5°
20	38	4,26 \pm 0,08Ce ² (94,00) ³	2,71 \pm 0,06Ad (100,00)	2,74 \pm 0,07Ad (93,62)	3,57 \pm 0,07Bc (95,45)	5,59 \pm 0,19De (97,62)
23	41	3,63 \pm 0,02Cd (96,00)	2,41 \pm 0,07Acd (95,83)	2,54 \pm 0,06Ad (95,65)	3,06 \pm 0,04Bb (100,00)	5,05 \pm 0,08Dd (95,45)
25	39	3,18 \pm 0,03Cc (90,00)	2,10 \pm 0,04Ac (97,78)	2,18 \pm 0,06Ac (97,73)	2,74 \pm 0,08Bb (97,67)	4,60 \pm 0,16Dc (100,00)
28	40	2,69 \pm 0,10Bb (100,00)	1,66 \pm 0,07Ab (92,00)	1,65 \pm 0,08Ab (95,65)	2,40 \pm 0,05Ba (95,45)	3,45 \pm 0,06Cb (97,62)
30	37	2,41 \pm 0,14Bab (94,00)	1,54 \pm 0,07Ab (95,74)	1,54 \pm 0,05Ab (95,56)	2,28 \pm 0,07Ba (95,35)	3,27 \pm 0,05Cb (97,56)
33	17	2,19 \pm 0,09Ba (78,00)	1,13 \pm 0,08Aa (89,74)	1,19 \pm 0,09Aa (88,57)	2,13 \pm 0,08Ba (90,32)	2,83 \pm 0,08Ca (89,29)

¹Número de indivíduos que completou cada ínstar.

²Médias seguidas pela mesma letra (maiúscula dentro de cada linha e minúscula dentro de cada coluna) não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls (P = 0,05).

³Sobrevivência.

Tabela 4. Taxa média de desenvolvimento¹ das fases de ovo, lagarta, pré-pupa e pupa de *A. argillacea*, alimentado com folhas de algodoeiro (*G. hirsutum*, raça *latifolium*, cultivar CNPA 7H), às temperaturas de 20 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Temp. (°C)	Fase			
	Ovo	Lagarta	Pré-pupa	Pupa
20	0,2000	0,0527	0,6648	0,0734
23	0,2500	0,0602	1,0000	0,0920
25	0,3333	0,0676	1,0000	0,1068
28	0,5000	0,0847	1,0000	0,1539
30	0,5000	0,0911	1,0000	0,1775
33	0,5000	0,1069	1,0000	0,2001

¹ $r(T) = 1/e^{\left\{ \left[\frac{\sum_{i=1}^n \ln(di)}{n} \right] \right\}}$, onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento, di são as observações individuais de tempo de desenvolvimento em dias e n é o número de observações.

Tabela 5. Taxa média de desenvolvimento¹ de cada um dos ínstaros de *A. argillacea*, alimentado com folhas de algodoeiro (*G. hirsutum*, raça *latifolium*, cultivar CNPA 7H), às temperaturas de 20 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Temp. (°C)	Ínstar				
	1°	2°	3°	4°	5°
20	0,2361	0,3748	0,3704	0,2823	0,1757
23	0,2778	0,4226	0,4061	0,3297	0,1992
25	0,3166	0,4796	0,4651	0,3732	0,2193
28	0,3763	0,6367	0,6395	0,4250	0,2930
30	0,4199	0,6902	0,6883	0,4438	0,3086
33	0,4648	0,9215	0,8871	0,4530	0,3578

¹ $r(T) = 1 / e^{\left\{ \left[\frac{\sum_{i=1}^n \ln(di)}{n} \right] \right\}}$, onde $r(T)$ é a taxa média de desenvolvimento, di são as observações individuais de tempo de desenvolvimento em dias e n é o número de observações.

Tabela 6. Parâmetros estimados pelo modelo de Davidson para cada um dos ínstar, para as fases de ovo, lagarta, pré-pupa e pupa, e forma imatura de *A. argillacea*, alimentado com folhas de algodoeiro (*G. hirsutum*, raça *latifolium*, cultivar CNPA 7H), às temperaturas de 20 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Fase/Ínstar/Forma	Parâmetro			R ²
	k ¹	a ²	b ³	
Ovo	0,3667	10,4375	0,5200	0,1179
1°	0,3089	11,8948	0,6559	0,0299
2°	0,5614	7,9058	0,4197	0,0649
3°	0,5466	7,8061	0,4118	0,0677
4°	0,3446	17,1872	0,9363	0,0194
5°	0,2289	153,7000	7,7464	0,0271
Lagarta	0,0698	9,7340	0,5396	0,0362
Pré-pupa	0,8193	- 8,4813	348,4000	0,0001
Pupa	0,1301	8,9179	0,4520	0,0993
Imatura	0,0381	9,5642	0,5101	0,0631

¹Constante que define o limite superior da linha sigmóide.

²Valor que define o ponto na linha de regressão em relação a abscissa.

³Inclinação da linha da curva.

Tabela 7. Parâmetros estimados pelo modelo de Stinner *et al.* para cada um dos ínstar, para as fases de ovo, lagarta, pré-pupa e pupa, e forma imatura de *A. argillacea*, alimentado com folhas de algodoeiro (*G. hirsutum*, raça *latifolium*, cultivar CNPA 7H), às temperaturas de 20 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Fase/Íntar/Forma	Parâmetro			R ²
	c ¹	k ₁ ²	k ₂ ³	
Ovo	0,3667	10,4374	- 0,5200	0,1179
1°	0,3089	11,8948	- 0,6559	0,0299
2°	0,5961	- 1.007,0000	29,1355	0,5815
3°	0,5772	- 884,0000	25,6205	0,5606
4°	0,3910	- 13.377,9000	382,6000	0,8218
5°	0,3859	- 11.992,3000	343,0000	0,8296
Lagarta	0,0774	- 883,5000	25,5952	0,7135
Pré-pupa	0,8333	80,4919	- 4,1251	0,0099
Pupa	0,1301	8,9179	- 0,4520	0,0992
Imatura	0,0381	9,5640	- 0,5101	0,0631

¹(1/t_{max}) x (e^{k₁t + k₂T_{max}}) (assíntota).

²Constante empírica.

³Constante empírica.

Tabela 8. Parâmetros estimados pelo modelo de Sharpe & DeMichele para cada um dos ínstar, para as fases de ovo, lagarta, pré-pupa e pupa, e forma imatura de *A. agillacea*, alimentado com folhas de algodoeiro (*G. hirsutum*, raça *latifolium*, cultivar CNPA 7H), às temperaturas de 20 a 33 °C, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

Fase/Ínstar/Forma	Parâmetro				R ²
	RHO ₂₅ ¹	H _A ²	T _H ³	H _H ⁴	
Ovo	0,3323	16.494,5000	306,3000	1.159.017,0000	0,9770
1°	0,5072	12.786,6000	307,6000	5.074.682,0000	0,9961
2°	0,5072	12.786,6000	307,6000	5.074.682,0000	0,9961
3°	0,4852	13.492,4000	307,5000	4.394.011,0000	0,9965
4°	0,3661	7.842,8000	306,4000	1.958.619,0000	0,9993
5°	0,2320	10.414,8000	306,4000	2.042.168,0000	0,9951
Lagarta	0,0696	10.109,4000	306,4000	2.089.653,0000	0,9986
Pré-pupa	0,9409	3.326,5000	306,4000	1.818.217,0000	0,9677
Pupa	0,1142	15.824,9000	306,3000	1.935.500,0000	0,9971
Imatura	0,0365	12.345,8000	306,3000	1.966.288,0000	0,9997

¹Taxa de desenvolvimento a 25 °C (298,15 °K), assumindo não ocorrer inativação de enzima.

²Entalpia de ativação da reação que é catalisada pela enzima que controla a taxa de desenvolvimento.

³Temperatura em graus Kelvin na qual a enzima que controla a taxa de desenvolvimento do inseto é parcialmente inativa em alta temperatura.

⁴Mudança na entalpia associada com inativação em alta temperatura.

Tabela 9. Parâmetros estimados pelo modelo de Lactin *et al.* para cada um dos ínstar, para as fases de ovo, lagarta, pré-pupa e pupa, e forma imatura de *A. agillacea*, alimentado com folhas de algodoeiro (*G. hirsutum*, raça *latifolium*, cultivar CNPA 7H), às temperaturas de 20 a 33 °C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 14 horas.

Fase/Ínstar/Forma	Parâmetro				R ²
	ρ^1	T_L^2	Δ_T^3	λ^4	
Ovo	0,0211	36,3960	1,3179	- 1,3466	0,9823
1°	0,0136	35,9980	0,8864	- 1,0804	0,9897
2°	0,0234	35,0888	0,1076	- 1,2707	0,9898
3°	0,0235	35,0914	0,1081	- 1,2954	0,9863
4°	0,0129	35,8229	0,7891	- 1,0113	0,9997
5°	0,0110	35,6559	0,4919	- 1,0804	0,9926
Lagarta	0,0038	35,8086	0,3502	- 1,0299	0,9964
Pré-pupa	0,0132	35,3445	0,9301	- 0,5212	0,9684
Pupa	0,0087	36,1203	0,6319	- 1,1232	0,9905
Imatura	0,0026	36,8295	0,6476	- 1,0281	0,9955

¹Taxa de aumento à temperatura ótima.

²Temperatura letal em graus celcius.

³Diferença entre a temperatura letal e a temperatura ótima de desenvolvimento.

⁴Parâmetro que faz a curva interceptar a abscissa, permitindo estimar temperatura base.

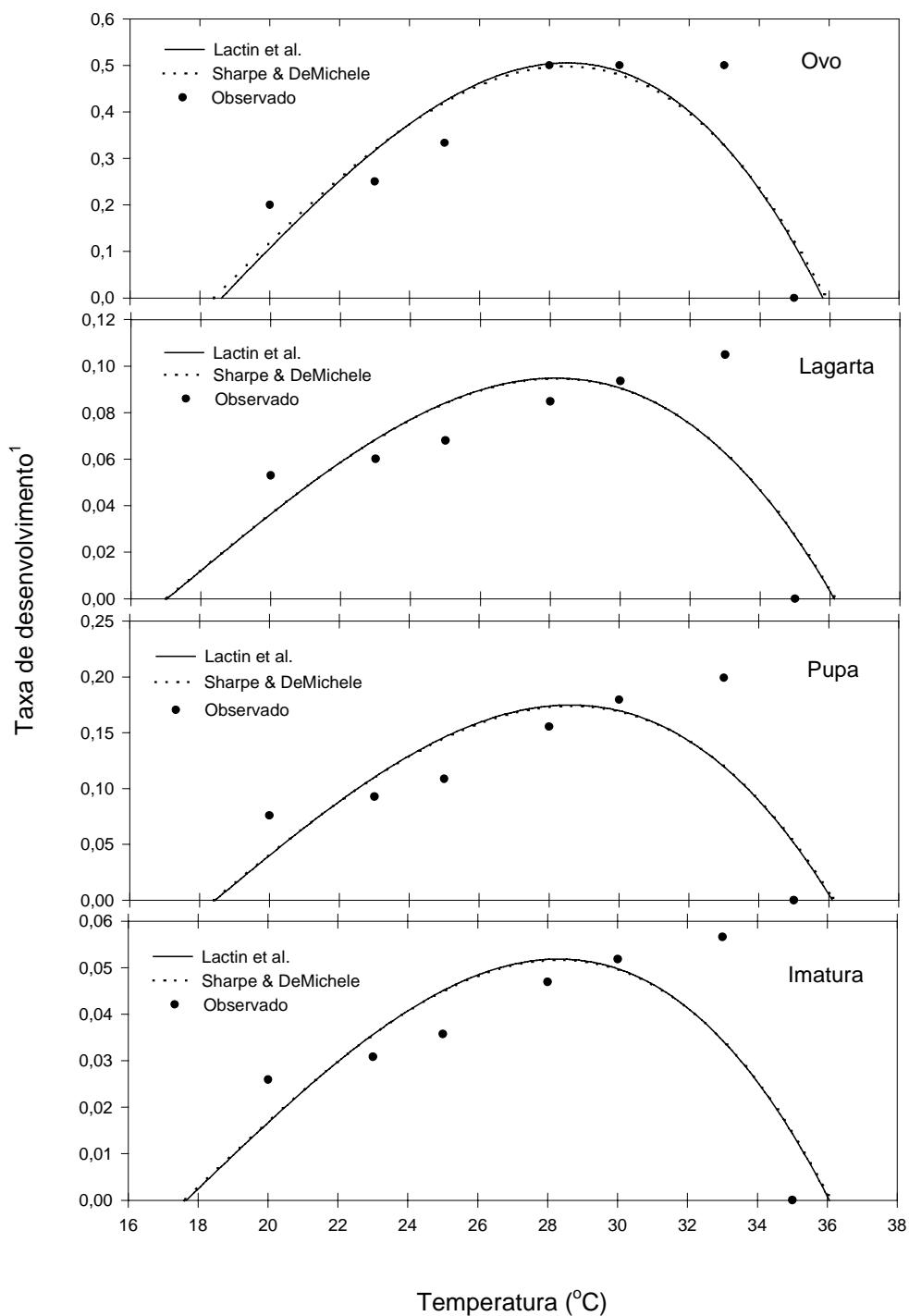


Figura 1. Relação entre taxa de desenvolvimento e temperatura para as fases de ovo, lagarta e pupa, e forma imatura de *A. argillacea*.

${}^1 r(T) = 1,0 / e^{\left\{ \left[\frac{\sum_{i=1}^n \ln(di)}{n} \right] \right\}}$, onde $r(t)$ é a taxa média de desenvolvimento, di são as observações individuais de tempo de desenvolvimento em dias e n é o número de observações.

RESUMO E CONCLUSÕES GERAIS

A pesquisa foi realizada na Unidade de Controle Biológico (UCB) da Embrapa Algodão, em Campina Grande, Paraíba. Este estudo teve como objetivos: (1) estudar o efeito da temperatura no desenvolvimento do predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) e de sua presa, *Alabama argillacea* (Hübner); (2) determinar qual modelo não linear [Davidson (1942, 1944), Stinner *et al.* (1974), Sharpe & DeMichele (1977) e Lactin *et al.* (1995)] melhor descreve o desenvolvimento de *P. nigrispinus* e de sua presa, *A. argillacea* em função da temperatura; e (3) estudar a influência da temperatura na reprodução de *P. nigrispinus*.

A temperatura afeta a duração e a sobrevivência das diferentes fases e instares do predador *P. nigrispinus* e de sua presa *A. argillacea*. As adaptações térmicas de *P. nigrispinus* e de *A. argillacea* são similares; assim pode-se concluir que este predador encontra-se em harmonia com sua presa no agroecossistema do algodoeiro, sendo uma característica importante para o seu uso em programas de controle biológico da referida praga.

O formato curvilíneo das taxas de desenvolvimento de *P. nigrispinus* e de sua presa, *A. argillacea*, em função de temperaturas

constantes é típico dos já reportados para outras espécies de insetos e é descrito, adequadamente, pelos modelos não lineares de Sharpe & DeMichele (1977) e de Lactin *et al.* (1995). Estes modelos descrevem, adequadamente, a relação entre as diferentes fases e ínstars de *P. nigrispinus* e de *A. argillacea*, e temperatura; podendo ser usados na previsão da ocorrência temporal do predador e de sua presa no agroecossistema do algodoeiro.

As variáveis reprodutivas de *P. nigrispinus* são afetadas pela temperatura, e as estatísticas que compõem as tabelas de vida de fertilidade deste predador tendem a ser influenciadas pela temperatura. Com exceção da temperatura extrema de 33 °C, o crescimento populacional de *P. nigrispinus* é positivo, sendo que a temperatura ótima para o crescimento deste predador encontra-se na faixa de 28 a 30 °C.