



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS II
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO: BACHARELADO EM AGROECOLOGIA

BÁRBARA DAVIS BRITO DOS SANTOS

INTERAÇÃO PREDACÃO POR *Podisus nigrispinus* (DALLAS)
(HETEROPTERA: PENTATOMIDAE), FASE DE DESENVOLVIMENTO E
DENSIDADE DE SUA PRESA *Alabama argillacea* (HUBNER)

LAGOA SECA

2016

BÁRBARA DAVIS BRITO DOS SANTOS

**INTERAÇÃO PREDAÇÃO POR *Podisus nigrispinus* (DALLAS)
(HETEROPTERA: PENTATOMIDAE), FASE DE DESENVOLVIMENTO E
DENSIDADE DE SUA PRESA *Alabama argillacea* (HUBNER)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à banca examinadora do Curso de Bacharelado em Agroecologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Agroecologia.

Área de concentração: Entomologia.

Orientador: PHD. Francisco de Sousa Ramalho.

LAGOA SECA

2016

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

S237i Santos, Bárbara Davis Brito dos
Interação predação por *Podisus nigrispinus* (Dallas)
(Heteroptera: Pentatomidae), fase de desenvolvimento e densidade
de sua presa *Alabama argillacea* (Hubner). [manuscrito] / Bárbara
Davis Brito dos Santos. - 2016.
31 p. : il. nao

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Agroecologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Ciências Agrárias e Ambientais, 2016.

"Orientação: Dr. Francisco de Sousa Ramalho, EMBRAPA".

1. Predação. 2. Predador asopinæ. 3. Estágio da presa. I.
Título.

21. ed. CDD 595.7



CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

COORDENAÇÃO DO CURSO DE BACHARELADO EM AGROECOLOGIA

ATA DA DEFESA DO TCC

Aos 13 dias do mês de Outubro de 2016, às 07:30 horas, no Auditório do CCAA, Campus II, da UEPB, foi realizada a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado:

Interação predatória por Podium nigripennis (Dallas)
(Interator. Pestatopredae) fase de desenvolvimento e densidade
de sua presa, Alabama digitifera (Hubner)
da educanda **BARBARA DAVIS BRITO DOS SANTOS**, Matrícula 111360455, sob orientação

do Dr. FRANCISCO DE SOUZA RAMALHO, da EMBRAPA ALGODÃO. A **Banca Examinadora** foi composta pelo prof Dr. DIOGO GONÇALVES NEDER, da UEPB e pelo Ms. JOAQUIM EFIGÊNIO MAIA LEITE, da EMEPA e foi presidida pelo Orientador, que deu início aos trabalhos. A educanda teve o tempo de 20 minutos para a sua apresentação, e a **Banca Examinadora** teve igual tempo para as arguições. Encerrada a defesa, a **Banca Examinadora**, acompanhada do orientador se reuniu para avaliar o Trabalho. Após a análise da **Banca Examinadora**, foi atribuído o conceito **APROVADO**, com a Nota 10.0

(Dz), o qual foi proclamado pela presidência da banca, perante o público presente. A presente ata foi lida e aprovada, por unanimidade, ficando assinada por mim, Dr. FRANCISCO DE SOUZA RAMALHO, demais membros da Banca Examinadora, Educando e Coordenadora do TCC. Lagoa Seca/PB, 13 de Outubro de 2016.

Dr. FRANCISCO DE SOUZA RAMALHO _____

Dr. DIOGO GONÇALVES NEDER _____

Ms. JOAQUIM EFIGÊNIO MAIA LEITE _____

BÁRBARA DAVIS BRITO DOS SANTOS _____

Élida Barbosa Correa

Coordenadora do TCC

BÁRBARA DAVIS BRITO DOS SANTOS

**INTERAÇÃO PREDÇÃO POR *Podisus nigrispinus* (DALLAS)
(HETEROPTERA: PENTATOMIDAE), FASE DE DESENVOLVIMENTO E
DENSIDADE DE SUA PRESA *Alabama argillacea* (HUBNER)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à banca examinadora do Curso de Bacharelado em Agroecologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Agroecologia.

Área de concentração: Entomologia.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

PHD. Francisco de Sousa Ramalho (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Dr. Diogo Gonçalves Neder
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Me. Joaquim Efigênio Maia Leite
Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA)

A meus pais Marly Brito dos Santos e Carlos Alberto Pereira dos Santos por todo amor, incentivo e por toda confiança em mim depositada, agradeço também a Alessandro de Oliveira Silva pelo amor e exemplo...

Eu vos dedico

AGRADECIMENTOS

Eu agradeço a Deus pelo dom da vida, e por revigorar sempre as minhas forças. Aos meus pais, Marly Brito dos Santos e Carlos Alberto dos Santos, por todo apoio e amor incondicional.

Sou e serei sempre grata a Alessandro de Oliveira Silva pelos conselhos, companheirismos e palavras de incentivo.

A Livia Maria Brito dos Santos por ser uma luz em minha vida.

A minha querida tia Maria do Socorro Brito Silva por se fazer presente mesmo à distância e a todos os meus familiares.

A todos os professores que de modo direto ou indireto contribuíram para a minha formação acadêmica, em especial ao pesquisador Francisco de Sousa Ramalho (EMBRAPA ALGODÃO), pela orientação e exemplo de profissional.

A minha banca examinadora, professor Leandro de Oliveira Andrade, ao professor Joaquim Efigênio Maia Leite, a Diogo Gonçalves Neder pela colaboração na construção do meu conhecimento acadêmico.

A universidade Estadual da Paraíba pela oportunidade de cursar o bacharelado em Agroecologia. Aos meus amigos que estiveram ao meu lado em todos os momentos, transferindo motivação para seguir na vida acadêmica. A todos vocês minha gratidão.

RESUMO

A resposta funcional é afetada por diversos fatores, incluindo o estágio de desenvolvimento da presa. Este estudo avaliou a resposta funcional de fêmeas de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) tendo como presas lagartas de 4º ínstar e pupas de *Alabama argillacea* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos intervalos de 12 e 24 horas. As presas foram expostas ao predador nas densidades 1, 6, 12, 18, 24 e 30 insetos / fêmea. O estudo foi conduzido em laboratório a 28°C, 70 ±10% UR e fotofase de 12 h. Os dados de predação foram submetidos à análises de regressão logística polinomial, determinando assim, o tipo de resposta funcional. As equações de Holling (1959) e de Rogers (1975) foram utilizadas para estimar os parâmetros da taxa de ataque e tempo de manuseio. Houve resposta funcional do tipo II para larvas e tipo III para pupas. Os valores da taxa de ataque e de tempo de manuseio nos períodos de 12 e 24h não diferiram, pois houve sobreposição dos intervalos de confiança. A maior predação foi constatada na densidade de 30 insetos / fêmea, a predação foi similar nas densidades de 18 e 24 presas por predador. Em relação à taxa de predação nos diferentes estágios da presa, observou-se uma resposta mais intensa do *P. nigrispinus* nas maiores densidades de lagartas. Portanto, a fase de desenvolvimento e a densidade de *A. argillacea* influencia diretamente no comportamento de predação de *P. nigrispinus*.

Palavras-chave: predação, predador *asopinae*, estágio da presa.

ABSTRACT

The functional response of a predator to the density of its prey is affected by several factors, including the prey's developmental stage. This study evaluated the functional response of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) females to fourth instars and pupae of *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), an important pest of cotton (*Gossypium hirsutum* L., Malvaceae) in Brazil. The prey were exposed to the predator for 12 and 24 h, and in densities of 1, 6, 12, 18, 24, and 30 items per predator female. The predation data were subjected to polynomial regression logistic analysis to determine the type of functional response. Holling and Rogers' equations were used to estimate parameters such as attack rate and handling time. *Podisus nigrispinus* females showed functional response types II and III by preying on larvae and pupae, respectively. The attack rate and handling time did not differ between the 12 and 24 h exposure times. Predation rate was higher at higher larval and pupal densities; predation was highest at a density of 30 prey items per female, and it was similar at 18 and 24 prey per predator. Understanding the interaction of predators and their food resources helps to optimize biological control strategies. It also helps the decision-making and the improvement of release techniques of *P. nigrispinus* in the field.

Keywords: predation, *asopinae* predator, prey stage.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análises de regressão de dois modelos de resposta funcional de <i>P. nigrispinus</i> as larvas e pupas de <i>A. argillacea</i> mantidos em dois intervalos de tempo.....	19
Tabela 2 - Taxa de ataque e tempo de manuseio da equação disco de Holling (Média (IC 95%)), indicando resposta funcional tipos II e III de fêmeas de <i>P. nigrispinus</i> alimentados de lagartas e pupas de <i>A. argillacea</i> nos intervalos de tempo de 12 e 24 h.	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 METODOLOGIA	15
2.1 Métodos de Análise dos Dados	15
2.2 Equação disco de Holling.....	16
2.3 Modelo de Rogers.....	16
3 RESULTADOS.....	18
4 DISCUSSÃO	24
5 CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

O algodoeiro destaca-se por ser uma das cultivares agrícolas que contribuiu para o desenvolvimento do agronegócio no Brasil. Entretanto, a utilização de insumos químicos tanto na lavoura quanto no tingimento na indústria têxtil tem aumentado os custos em toda a cadeia produtiva. O algodão naturalmente colorido (*Gossypium hirsutum* Linnaeus) é uma alternativa ecologicamente correta pois, suprime a necessidade de aplicações de corantes têxteis, reduzindo a emissão de resíduos e efluentes, e diminuindo os custos de produção. Além disso, o algodão colorido, produzido no nordeste do Brasil, tem contribuído para o desenvolvimento socioeconômico de região. (CARVALHO et al., 2011).

A ocorrência de pragas tanto no algodoeiro tradicional quanto no colorido tem acarretado reduções na produção, dentre os insetos-praga podemos destacar *Alabama argillacea* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) sendo esta considerada uma das principais lagartas desfolhadoras, em face da sua rápida capacidade de desfolha (RAMALHO et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2011). No Sul-Central do Brasil, é considerada uma praga tardia (OLIVEIRA et al., 2008) entretanto, no Nordeste, com exceção do Estado da Bahia, a praga ataca plantas de algodão nos estágios iniciais e pode ocorrer esporadicamente quando a cultura atinge o seu estágio de maturidade (RAMALHO, et. al., 2011). Em ambas formas de infestação, início do ciclo ou tardia, esta praga reflete em consideráveis perdas (MICHELOTTO et al., 2014).

O meio mais utilizado para controle da incidência da *A. argillacea* é feita através frequentes aplicações de inseticidas sintéticos. Contudo a utilização frequente desse insumo confere um aumento nos custos de produção tendo efeitos indesejáveis sobre organismos não-alvo contribuindo para a redução da população de inimigos naturais, além das conseqüências provenientes da rápida evolução da resistência, com alta atividade residual (COSTA et. al., 2010).

Visando diminuir as aplicações de inseticidas nos cultivos de algodão, busca-se formas mais eficientes, com baixo impacto ambiental, com ação seletiva. Uma das alternativas é o uso de inimigos naturais para controle dos insetos-praga (DE BORTOLI et al., 2011). Um dos insetos predadores com elevado potencial para controle biológico em diversos agroecossistemas é a espécie *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851)

(Hemiptera: Pentatomidae), este predador generalista é um importante regulador natural de pragas em diferentes culturas (JESUS et al., 2014). Este agente de controle biológico possui a capacidade de percorrer grandes distâncias em busca de alimento, sobrevive durante períodos de escassez de presas alimentando-se fontes alternativas de alimentos e adapta-se a diferentes temperaturas e presas (VACARI et al., 2013).

Surtos de larvas de lepidópteros são comumente associadas com a ocorrência de predadores (PEREIRA et al., 2010). Estes predadores por sua vez, alimentando-se de diferentes presa, em áreas agrícolas reduzem as aplicações de inseticidas, pois estes farão o controle biológico das pragas mantendo-as abaixo do nível de dano econômico (TOSCANO et al., 2010).

O conhecimento das interações envolvendo predador-presa é de extrema relevância para a implementação de programas de controle biológico aplicado. Dentre os fatores utilizados para avaliar o potencial de um predador, estão: o tempo de manuseio e a resposta do predador ao aumento da densidade de presas. A resposta funcional tem sido utilizada para avaliar a eficácia de *P. nigrispinus* em diferentes situações do agroecossistema do algodoeiro (MALAQUIAS et al., 2014b). Alguns fatores como fisiologia de planta (FRAGA., 2012), os estágios de desenvolvimento do predador, assim como da presa, afetam a eficiência de ataque do agente de controle biológico (MADADI et al., 2011).

Em virtude da capacidade de resposta defensiva da presa ao ataque do predador, os diferentes estágios de desenvolvimento da presa podem causar variabilidade no comportamento de forrageio de um predador (MALAQUIAS et. al 2014a.) Durante o período de forrageio os predadores estão vulneráveis ao risco de exposição, necessitando, portanto, utilizar estratégias que possam minimizar as ações defensivas de suas presas. Essas interações envolvendo o predador *P. nigrispinus* e a sua principal presa no algodoeiro ainda são consideradas incipientes. Larvas de lepidoptera possuem alta resposta defensiva ao ataque de predadores o que pode dificultar o sucesso de predação (SILVA et al., 2012), por outro lado o movimento dessas larvas pode ser considerado um estímulo ao ataque pelos seus inimigos naturais em relação ao estágio de pupa, além da natural atratividade nutricional. Além disso, *P. nigrispinus* pode modificar o seu comportamento de predação como função da densidade ou

disponibilidade de alimento (PEREIRA et al., 2010). Por esse motivo, pretendeu-se com esta pesquisa, estudar a predação de *P. nigrispinus* tendo como presas larvas e pupas de *A. argillacea* e também avaliar a sua resposta funcional a várias densidades dessa espécie de presa, em dois intervalos de tempo.

2 METODOLOGIA

O predador *P. nigrispinus* e a presa lagartas de *A. argillacea* foram produzidos na Unidade de Controle Biológico da Embrapa Algodão. Nos bioensaios foram utilizadas lagartas de 4º instar de *A. argillacea* e fêmeas adultas do predador com 6 a 8 dias de idade, supostamente que já tenham realizadas cópulas. Estas fêmeas foram mantidas em jejum (sem presa), durante 24 h. Os ensaios foram conduzidos a 28°C, 70 ±10% UR e fotofase de 12 h.

Foram utilizadas arenas de plástico (placas de Petri descartáveis), medindo 21 cm de diâmetro e 1,78 cm de altura. Em cada arena foram colocados discos de folha de algodão (Cultivar BRS Safira), distribuídos equidistantes, que serviram de alimento para as lagartas. Cada disco recebeu 1 lagartas ou 1 pupas, distribuídos em círculo em cada arena. Cada arena recebeu 1 discos de folhas de algodão por cada presa. Uma nova avaliação foi realizada após 24 h, para quantificar o número de lagartas e pupas predadas. Lagartas de 4º instar de *A. argillacea* ou pupas foram oferecidas a cada fêmea de *P. nigrispinus*, nas seguintes densidades: 1, 6, 12, 18, 24 e 30 lagartas ou pupas, durante o período de 24h. Entretanto, as presas predadas foram quantificadas às 12h e 24 h. Cada fêmea do predador foi pesada antes de ser exposta às presas e após 24 h. Para cada densidade de presa (lagarta ou pupa) foram conduzidas 10 repetições, sendo cada repetição com uma nova fêmea.

2.1 Metodologia de Análise dos dados:

Para determinação do tipo de resposta funcional, os dados de predação foram submetidos a análises de regressão logística polinomial, os dados de proporção de larvas ou pupas predadas foram ajustados à distribuição binomial (SasInstitute, 2002). O modelo logístico utilizado é o seguinte:

$$Na/N0 = \exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N^2_0 + P_3N^3_0) / 1 + (\exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N^2_0 + P_3N^3_0)) \quad (1)$$

P_2 and P_3 são os parâmetros da regressão logística associados com o *slop* da curva. As equações de Holling (1959) e de Rogers (1975) foram utilizadas para se estimar os parâmetros taxa de ataque e tempo de manuseio.

2.2 Equação disco de Holling

A equação de Holling (1959) foi utilizada para estimar os parâmetros: taxa de ataque (a), quando tipo II (equação 1) e constante (b), quando tipo III (equação 2), e tempo de manuseio (T_h), para ambos os casos (tipo II ou tipo III). Para o modelo tipo II, foi utilizada a seguinte equação:

$$N_e = aNT / (1 + aNT_h) \quad (2)$$

Onde, N_e é o número de lagartas predadas; N é o número de lagartas oferecidas, a é a taxa de ataque, T é o tempo total disponível para o predador se alimentar da presa, e T_h é o tempo de manuseio. Em alguns casos a taxa de ataque aumentou linearmente ($a = bN$), sendo b uma constante, o que resultou em um modelo tipo III de resposta funcional:

$$N_e = bN^2T / (1 + bN^2T_h) \quad (3)$$

2.3 Modelo de Rogers

Empregou-se a equação de resposta funcional proposta por Rogers (1972), conhecida como “equação aleatória”, essa equação é a integral das equações de Holling ao longo do tempo, em função das sucessivas densidades de presas (ROGERS, 1972). Para o tipo II de resposta funcional, a integração da equação de Holling resulta na equação randômica do predador (Rogers, 1972), descrita como:

$$N_e = N_0 \{1 - \exp[a(T_h N_e - T)]\} \quad (4)$$

N_0 é o número inicial de presas. Para a resposta funcional do tipo III, a redução no número de presas depende da taxa constante, b , que é uma função da densidade inicial (N_0) ou da densidade atual de presas (N) (HASSEL., 1978) e o tratamento matemático mais simples para a equação pode ser encontrado quando b é uma função da densidade inicial de presas:

$$N_e = N_o \{1 - \exp[d + bN_o(T_h N_e - T)/(1 + cN_o)]\} \quad (5)$$

Os parâmetros tempo de manuseio (T_h) e taxa de ataque (a), e constantes (b), (c) e (d) foram estimados através regressão não linear (método mínimos quadrados), utilizando o Proc NLIN (SAS Institute, 2006). Como o coeficiente de determinação (R^2) de modelos não lineares não apresenta um intercepto indentificável, o SAS usa a soma dos quadrados não correlacionados ao invés da soma dos quadrados do total. Os valores de R^2 desses modelos foram calculados como $R^2 = 1 - (S^2_y / S^2_{td})$, onde S^2_y é a variância dos resíduos do modelo e S^2_{td} é a variância das médias observadas.

Um modelo foi usado para testar a significância dos efeitos dos tratamentos e blocos e testar a interação estágio da presa *versus* tempo de avaliação *versus* densidade das presas, nesta análise aplicou-se o procedimento GLM (Sas Institute, 2006). O teste de Student Newman Keuls ($P = 0,05$) foi utilizado para comparar a predação de *A. argillacea* entre os tratamentos.

3 RESULTADOS

O sinal do coeficiente linear proveniente das análises de regressão logística polinomial revela o tipo de resposta funcional, sendo negativo para resposta funcional do tipo II e positivo para resposta funcional do tipo III. O comportamento de predação *P. nigrispinus* foi afetado pelo estágio de desenvolvimento das presas, pois, na fase de larva o sinal do coeficiente linear foi negativo independente do tempo de avaliação (resposta funcional tipo II) (**Figura 1**). Por outro lado, se confirmou que para presas na fase de pupas de *A. argillacea*, o tipo de resposta funcional que melhor representa a predação de *P. nigrispinus* é o tipo III, isto é, valor do coeficiente linear positivo (**Figura 1**). Esses resultados demonstram que o tipo de resposta funcional de *P. nigrispinus* foi afetado pelo estágio de desenvolvimento das presas.

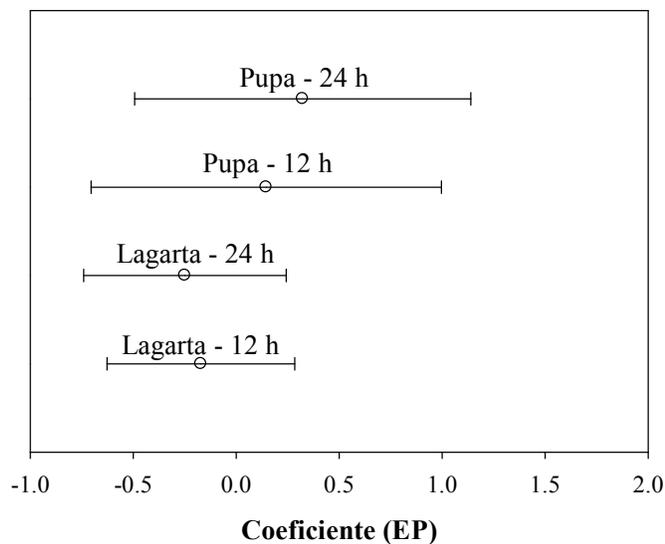


Figura 1 – Estimativa e erro padrão do coeficiente linear proveniente da análise de regressão logística polinomial da proporção de larvas e pupas de *A. argillacea* predadas por fêmeas de *P. nigrispinus* em dois períodos de avaliação (12 e 24 h).

As curvas de regressão geradas revelam que o número de larvas de *A. argillacea* predadas por fêmeas de *P. nigrispinus* cresceu com o aumento das densidades de lagartas caracterizando uma curva assintótica. Os valores de soma de quadrado dos resíduos (*RSS*), critério de informação de Akaike (*AIC*) e coeficiente de determinação (R^2), evidenciam bons ajustes dos modelos de Holling, tanto para a resposta funcional tipo II com presas na fase de larva nos intervalos de 12 h ($RSS= 1.1031$, $AIC= 0.0367$, $R^2=0.9476$, $F_{2, 4}= 253.76$, $Pr>F< 0.0001$) e 24 h ($RSS= 1.0104$, $AIC= 0.0038$,

$R^2=0.9827$, $F_{2,4}=605.19$, $Pr>F<0.0001$), quanto para resposta funcional tipo III com pupas de *A. argillacea* os valores encontrados nos períodos de 12 h ($RSS=0.3810$, $AIC=3.079$, $R^2=0.8758$, $F_{2,4}=50.76$, $Pr>F=0.0014$) e de 24 h ($RSS=1.4033$, $AIC=9.83$, $R^2=0.8572$, $F_{2,4}=38.48$, $Pr>F=0.0024$) (**Tabela 1**). Ao compararmos as curvas de resposta funcional de *P. nigrispinus* com presas de *A. argillacea*, observou-se que o predador respondeu de forma mais intensa nas maiores densidades de larvas. Entretanto, ocorreu uma reduzida quantidade de pupas predadas pelas fêmeas de *P. nigrispinus* mesmo nas altas densidades (**Figura 2**). Não foram encontrados bons ajustes do modelo de Rogers para a resposta funcional de *P. nigrispinus* mediante as fases da presa e tempo disponíveis, com exceção apenas para fase de lagarta no período de 24 h ($RSS=4.6754$, $AIC=0.5141$, $R^2=0.9201$, $F_{2,4}=129.23$, $Pr>F=0.0002$) (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Análises de regressão de dois modelos de resposta funcional de *P. nigrispinus* a larvas e pupas de *A. argillacea* mantidos em dois intervalos de tempo

M		ase/tempo	SS	SS	IC	²	f	r>F	
gers Type II	Ro	/12 h	.7368	1.06	.7225	.5851	0.29	,4	0.0038
gers Type II	Ro	/24 h	.6754	8.57	.5141	.9201	29.23	,4	0.0002
gers Type III	Ro	/12 h	.0383	.07	.0140	.6617	.34	,2	0.1959
gers Type III	Ro	/24 h	.6792	.83	.4885	.6257	.36	,2	0.2423
lling Type II	Ho	/12 h	.1031	1.06	.0367	.9476	53.76	,4	0.0001
lling Type II	Ho	/24 h	.0104	8.57	.0038	.9827	05.19	,4	0.0001
lling Type III	Ho	/12 h	.3810	.07	0.3618	.8758	0.76	,4	0.0014
lling Type III	Ho	/24 h	.4033	.83	.1270	.8572	8.48	,4	0.0024

L= larvae. P= Pupae.

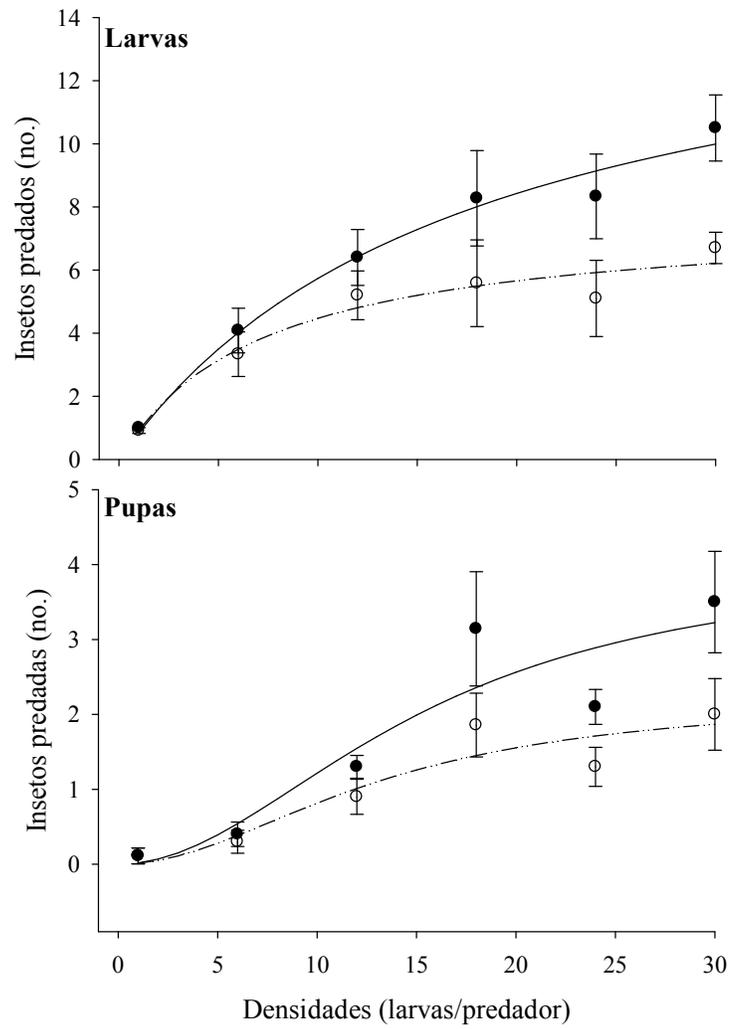


Figura 2– Reposta funcional de fêmeas de *P. nigrispinus* a diferentes densidades de larvas e pupas de *A. argillacea* em dois intervalos de tempo: 12 h (-----) e 24 h (———).

A taxa de ataque representada pelas constantes a e b para larvas e pupas, respectivamente, não diferiram significativamente entre os períodos de avaliação de 12 h ($a= 0.0887$, $b= 0.00107$) e 24 h ($a= 0.0374$, $b= 0.000722$), pois houve sobreposição dos intervalos de confiança (IC 95%). O tempo de manuseio (T_h) não diferiu significativamente entre as duas fases de desenvolvimento estudadas e entre os dois intervalos de avaliação, apesar das fêmeas terem investido um maior tempo em pupas, sendo de 5.3871 h no período de 12 horas e 5.9011 no período de 24 h, não houve diferença como aquela constatado em larvas tanto em relação ao período de 12 (1.5113 h) quanto de 24 h (1.5572 h) (**Figura 3, Tabela 2**).

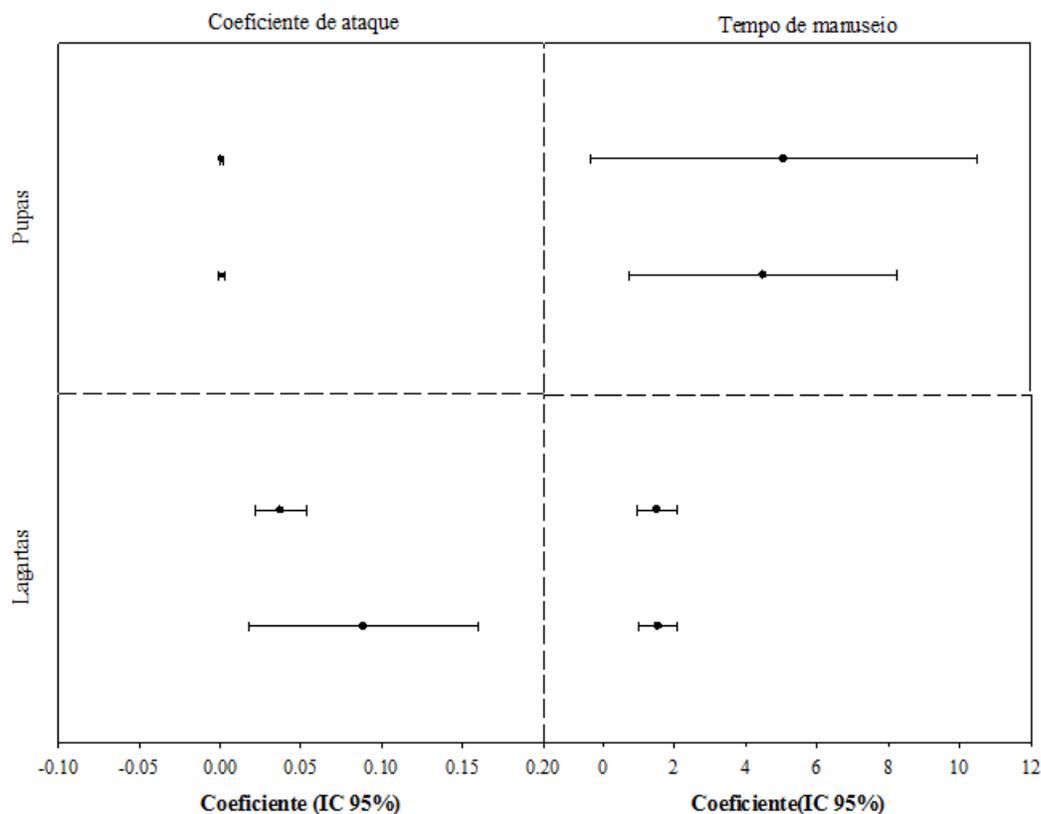


Figura 3– Taxa de ataque e tempo de manuseio da equação disco de Holling (Média (IC 95%)), indicando resposta funcional tipos II e III de fêmeas de *P. nigrispinus* alimentados de lagartas e pupas de *A. argillacea* nos intervalos de tempo de 12 e 24 h.

Tabela 2 - Taxa de ataque e tempo de manuseio da equação disco de Holling (Média (IC 95%)), indicando resposta funcional tipos II e III de fêmeas de *P. nigrispinus* alimentados de lagartas e pupas de *A. argillacea* nos intervalos de tempo de 12 e 24 h.

Fas e/tempo (horas)	Holling				Randomequation		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>Th</i> (h)	<i>a</i>	<i>B</i>	<i>h</i> (h)	<i>T</i>
arta/12 horas	Lag	0	–	1.5	0.0	–	1.
		.0887±0.0253 a (0.0183 – 0.1591)		572±0.1914 (1.0259 – 2.0885)	531±0.0281 (-0.0250 – 0.1312)		0896±0.4926 (-0.2779 – 2.4572)
arta/24 horas	Lag	0	–	1.5	0.0	–	1.
		.0374±0.00571 a (0.0216 – 0.0533)		113±0.2002 (0.9553 – 2.0673)	430±0.0113 (0.0116 – 0.0743)		3798±0.3150 (0.5053 – 2.2542)
a/12 horas	Pup	–	0.001	5.3	–	0.007	0.
			07±0.00057 a (0.0000 – 0.00265)	871±1.1973 (2.0628 – 8.7114)		08±1.9796 (-8.5106 – 8.5247)	0725±19.6543 (-84.49 – 84.63)
a/24 horas	Pup	–	0.000	5.9	–	0.084	0.
			722±0.00042 a (0.0000 – 0.00189)	011±1.7206 (1.1239 – 10.6782)		7±1.3245 (-5.6140 – 5.7834)	0422±130.30 (-560.60 – 560.70)

Estimate±SE(95% CI). *a* and *b*: attack coefficient; *Th*: handling time.

A predação diferiu entre as densidades ($F_{5,212}= 48.78$; $P < 0.001$), diferentes estágios da presa ($F_{1,212}= 242.37$; $P < 0.001$) e tempo ($F_{1,212}= 17.49$; $P < 0.001$), sendo que o efeito do estágio de *A. argillacea* independe da densidade e do tempo de avaliação, pois a interação envolvendo esses fatores não foi significativa ($F_{5,212}= 0.03$; $P= 0.9994$). As interações densidade vs tempo de avaliação ($F_{5,212}= 1.47$; $P= 0.2022$), estágio vs tempo de avaliação ($F_{1,212}= 0.2471$; $P= 0.3175$) e densidade vs estágio ($F_{5,212}= 0.00$; $P= 1.0000$), também não foram significativas. Na densidade de 30 insetos por fêmea de *P. nigrispinus* constatou-se maior predação em relação às demais densidades, exceto em relação à densidade de 18 insetos por fêmea. O número de larvas predadas quando no oferecimento de 24 insetos por fêmea não diferiu em relação aquele constatado na densidade de 18 insetos por fêmea. O número de larvas predadas (5.32 larvas) foi significativamente superior se comparado com pupas (1.33 pupas). Portanto, o estágio de desenvolvimento de *A. argillacea* influencia diretamente o comportamento do predador *P. nigrispinus*. Em relação ao período de avaliação, no tempo de 24 h houve maior predação (4.11) em relação a 12 horas (2.88) (**Figura 4**).

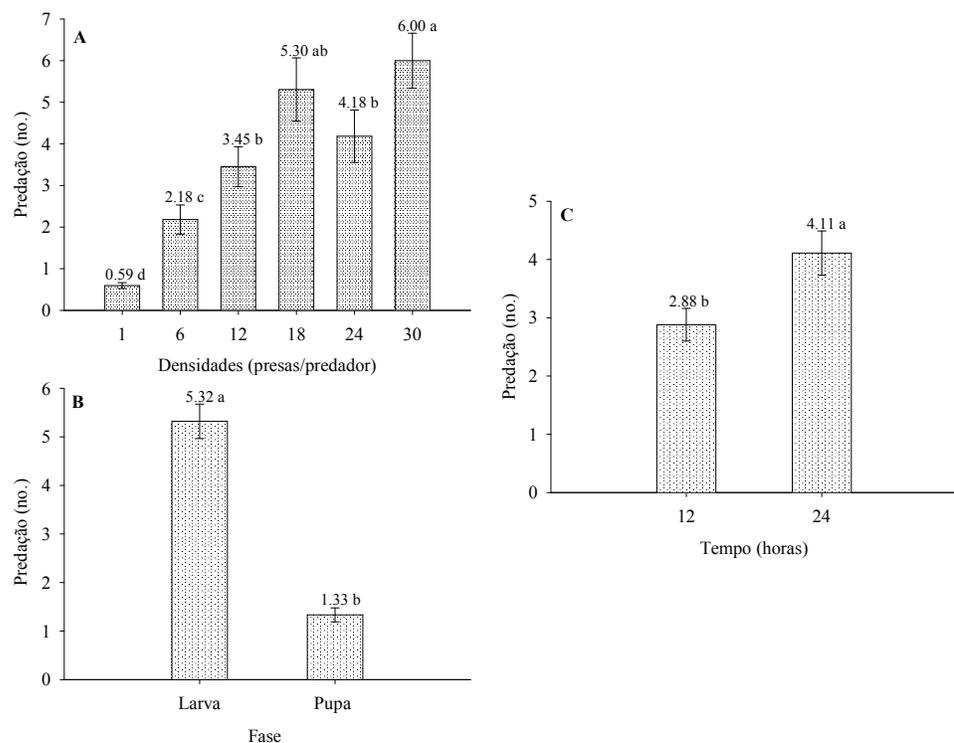


Figura 4— Número médio de insetos predados por fêmeas de *P. nigrispinus* em diferentes densidades (A), estágio da presa (B) e intervalos de tempo (C).

4 DISCUSSÃO

Modelos envolvendo não reposição de presas fornecem corretamente as estimativas para predação estocástica, entretanto se os experimentos são conduzidos com reposição de presas, esta deve ser incorporada dentro da análise estatística, usando a equação disco de Holling, para validar com acurácia as conclusões (JULIANO, 2001). Em experimentos que são feitos sem a reposição de presa, o uso de determinados modelos é questionável devido a incorreta estimativa da curva de resposta funcional. Apesar do modelo de Rogers ser bem conhecido desde 1972, métodos inapropriados são utilizados de modo inequívoco, um dos motivos é a facilidade para se utilizar o modelo de Holling em relação ao modelo de Rogers (JULIANO, 2001). Todavia, o uso de ambos os modelos envolve o bom ajustes dados. A soma dos quadrados dos resíduos (RSS), coeficiente de determinação (R^2) e o critério de Akaike em formação (AIC) são comumente utilizados para avaliar os bons ajustes dos modelos (HAGHANI et al., 2009). Um bom modelo deve conter altos valores de R^2 e baixos valores de RSS (ROY et al., 2002, KONTODIMAS et al., 2004). Embora o estudo tenha sido conduzido sem a reposição de presas, não foram encontrados bons ajustes do modelo de Rogers para a resposta funcional de *P. nigrispinus* mediante as fases da presa e tempos de exposição disponíveis, com exceção apenas para fase de lagarta no período de 24 h. Uma das dificuldades para o uso do modelo de Rogers está na estimativa dos parâmetros b , c e d , os quais, inclusive, não foram significativos quando incorporado dentro do modelo para os dados deste estudo. Isto pode ocorrer por causa do reduzido grau de liberdade do erro e inevitáveis correlações entre os parâmetros estimados (JULIANO, 2001). Zamani et al. (2015) analisando a resposta funcional dos parasitoides *Aphidius colemani* e *Aphidius matricariae* (Hymenoptera: Aphidiidae), constataram – através dos valores de R^2 - melhores ajustes do modelo de Holling em relação ao modelo de Rogers.

O tipo de resposta funcional *P. nigrispinus* foi afetado pelo estágio de desenvolvimento das presas. Para indivíduos na fase de pupas de *A. argillacea* o tipo de resposta funcional que melhor representa a predação de *P. nigrispinus* é o tipo III, enquanto que para lagartas o tipo de resposta funcional é do tipo II. Os resultados desta pesquisa revelam que o estágio de vida da presa influencia no comportamento de predação de adultos de *P. nigrispinus*. Portanto, a curva de resposta funcional de fêmeas

do predador é alterada pela a idade e densidade da presa. O comportamento de predação pode ser influenciado pela capacidade de defesa da presa, sendo observado maior predação especialmente em condições de confinamento - sem chance de escolha (ZANUNCIO et al. 2008).

Lagartas exibem uma elevada variação de defesas naturais contra seus inimigos naturais. Esses mecanismos de defesa podem ser comportamental, morfológico ou fisiológico; a eficácia de defesa varia de acordo com a espécie de predador, que em muitos casos, está apto para avaliar o risco potencial providenciado pela sua presa, podendo em algumas situações desistir de ataque, resultando no abandono da sua presa, Por outro lado, o movimento larval pode ser um fator estimulante ao consumo de mais presas (BRAGA DA SLIVA et al. 2012). No presente trabalho foi encontrada maior capacidade de ataque a lagartas em relação à presas no estágio de pupa. Isto demonstra a eficiência de *P. nigrispinus* na predação da praga no seu estágio larval. A resposta defensiva de lagartas de *A. argillacea* pode ter implicado em um desgaste energético ao predador e assim ter aumentando o seu nível de saciação. Vacari et. al. (2012) observaram resposta funcional tipo II em lagartas e pupas de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Por outro lado, a ação defensiva das lagartas de *P. xylostella* encorajou a ação predatória de *P. Nigrispinus* (VACARI et al., 2013). É acreditável que essa mesma resposta aconteceu em *A. argillacea*, pois suas pupas são de baixa mobilidade. Além disso, o invólucro pupal de insetos holometabola pode dificultar a ação de inimigos naturais (OLIVEIRA et al., 2010), aumentando o desinteresse do predador em consumir o inseto nesse estágio.

O sucesso de predação de Heteroptera predadores ocorre em condições de maior vulnerabilidade ao ataque (BRAGA DA SILVA et al. 2012). Independente da densidade ou do tempo disponível entre presa e predador, o número de indivíduos predados por *P. nigrispinus* foi maior em lagartas em relação a pupas de *A. argillacea*. Portanto, o estágio de desenvolvimento de *A. argillacea* influencia diretamente o comportamento do predador *P. nigrispinus*. A flexibilidade do corpo das lagartas de *A. argillacea* pode tê-la deixado mais vulnerável ao predador *P. nigrispinus*. Após inserir o estilete, asopinae predadores injetam enzimas e substâncias que paralisam suas presas para o início da digestão extra-oral, sendo assim a disponibilidade de umidade para uma eficiente secreção de enzimas pelo predador é essencial (FIALHO et al., 2012).

Portanto, a maior preferência por lagartas pode ser devida a maior disponibilidade de umidade em lagartas em relação a pupas para o efetivo processo de digestão extra-oral (VACARI et al., 2012). Essas alterações na quantidade e qualidade do alimento ingerido alteram a capacidade de predação, pois o regime alimentar é crucial para o ciclo de vida do predador, visto que indivíduos com uma alimentação equilibrada reproduzem com mais frequência em um menor espaço de tempo (MAGALHÃES, 2012). *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) foi mais eficiente em ovos de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), a predação foi intermediária nos estágios de larva e ninfa e o estágio adulto foi pouco predado. No caso de percevejos asopinae o sucesso de predação ocasiona redução do tempo de alimentação e risco de predação (LEMOS et al., 2005), sendo suficiente para alterar o tempo de manuseio da presa pelo predador. *P. nigripinus* exibiu maior tempo de manuseio em pupas de *P. xylostella* em relação à lagartas. Apesar das fêmeas terem investido maior tempo de manuseio em pupas de *A. argillacea*, tanto no período de 12 horas quanto de 24 h, não houve diferença com aquele constatado em lagartas nesses dois intervalos, esta não diferença é atribuída à elevada variabilidade comportamental revelada pela amplitude dos intervalos de confiança estimada pelos modelos (IC 95%), especialmente para aquelas fêmeas submetidas às pupas de *A. argillacea*.

A dependência da densidade de presas por *P. nigripinus* tem sido reportado por outros pesquisadores conforme verificado sob *A. argillacea* por Pereira et al. (2010). Com o aumento da densidade, observou-se também que houve um aumento na predação, isso demonstra a eficiência do predador na busca por *A. argillacea*, entretanto, houve uma tendência à desaceleração a partir da densidade de 18 lagartas por fêmea, pois a quantidade de material consumido por *P. Nigrispinus* na densidade de 30 insetos por fêmea de *P. nigripinus* foi similar em relação à densidade de 18 insetos por fêmea. O número de larvas predadas quando no oferecimento de 24 insetos por fêmea também não diferiu em relação aquele constatado na densidade de 18 insetos por fêmea. Em adição, o predador foi capaz de predação a presa durante o período de escotofase, esse comportamento foi confirmado pelos dados predação no tempo de 24 h, o qual foi superior em relação ao observado em 12 h, pois o período de fotofase utilizado na pesquisa foi de apenas 12 h.

5 CONCLUSÃO

O entendimento da interação que envolve predador e seu recurso alimentar fornece subsídios para otimização de estratégias para o controle biológico de pragas desfolhadoras, auxiliando nas tomadas de decisões e aperfeiçoamento de técnicas de liberação de *P. nigrispinus* em campo, pois *P. nigrispinus* exibiu diferentes comportamentos de forrageio de acordo com o estágio e densidade de *A. argillacea* e com tempo disponível com essa importante praga desfolhadora.

REFERÊNCIAS

- BRAGA DA SILVA, R.; CORRÊA, A.S.; LUCIA, T.M.C.D.; PEREIRA, A.I.A.; CRUZ, I.; ZANUNCIO, J.C. **Revista Brasileira de Entomologia**, 56 (2): 244–248, 2012.
- CARVALHO, L.P.; ANDRADE, F.P.; SILVA FILHO, J.L. Cultivares de Algodão Colorido no Brasil. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.15, n.1, p.37-44, 2011.
- COSTA, L.L.; FUNICHELLO, M.; BUSOLI A.C. Parasitismo natural de ovos do curuquerê-do-algodoeiro por *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em diferentes estágios fenológicos de variedades de algodoeiro em Ipameri, GO. **Bioscience Journal**, 26: 281–286, 2010.
- DE BORTOLI, S.A. DE; OTUKA, A.K.; VACARI, A.M.; MARTINS, M.I.E.G.; VOLPE, H.X.L. Comparative biology and production costs of *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae) when fed different types of prey. **Biological Control**, v.58, n.2, p.127-132, 2011. doi 10.1007/s10340-014-0585-3, 2014b.
- FIALHO MCQ, ZANUNCIO J.C., NEVES C.A.; RAMALHO F.S.; SERRÃO J.E. Prey digestion in the midgut of the predatory bug *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal Insect Physiology** 58: 850-856, 2012.
- FRAGA, D. F. Distribuição vertical e temporal de ovos de *Alabama argillacea* e de *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) e parasitismo natural por *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Dissertação (Mestrado em Agronomia) – FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, JABOTICABAL, 2012.
- HAGHANI, M.; FATHIPOUR, Y.; TALEBI, A. A.; BANIAMERI. Estimating development rate and thermal requirements of *Hemiptara senuszilahi sebessi* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitoid of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) using linear and nonlinear models. **Polish. Journal Entomology**. 78: 3-14, 2009.
- HASSELL, M.P. 1978. The dynamics of arthropod predator-prey systems. PRINCETON UNIVERSITY PRESS, PRINCETON, NJ.
- HOLLING, C.S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **Canadian Entomologist**, 91:385-398, 1959.

JESUS, F.G. DE; BOIÇA JUNIOR, A.L.; ALVES, G.C.S.; ZANUNCIO, J.C. Behavior, Development, and Predation of *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Fed Transgenic and Conventional Cotton Cultivars. **Annals of the Entomological Society of America**, v.107, n.3, p.601-606, 2014.

KONTODIMAS, D. C.; ELIOPOULUS, P. A. STATHAS, G. J.; ECONOMOU, L. P. Comparative temperature-dependent development of *Nephus includes* (Kirsch) and *Nephus bisignatus* (Boheman) (Coleoptera:Coccinellidae) preying on *Planococcus citri* (Risso) (Homoptera: Pseudococcidae): evaluation of a linear andvarious nonlinear models using specific criteria. **Environmental Entomology**. 33: 1-11, 2004

LEMOS, W.P.; ZANUNCIO, J.C.; SERRÃO, J.E. Attack behavior of *Podisus rostralis* (Heteroptera: Pentatomidae) adults on caterpillars of *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 48: 975–98, 2005

MADADI H.; PARIZI, E.M.; ALLAHYARI H.; ENKEGAARD, A. Assessment of the biological control capability of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) using functional response experiments. **Journal Pest Science**. 84:447–45, 2011

MAGALHÃES, G. O. Efeito de produtos à base de *Bacillus thuringiensis* Berliner, na fisiologia e fitofagia de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae). 2012. 68f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, JABOTICABAL, 2012.

MALAQUIAS, J.B.; OMOTO, C.; RAMALHO, F.S.; WESLEY, W.A.C.; SILVEIRA, R.F. Bt cotton and the predator *Podisu snigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) in the management of *Spodoptera frugiperda*(J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to lambda-cyhalothrin. **Journal of Pest Science**,

MALAQUIAS, J.B.; RAMALHO, F.S.; OMOTO, C.; GODOY, W.A.; SILVEIRA, R.F. Imidacloprid affects the functional response of predator *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) to strains of *Spdoptera frugiperda* (J.E. Smith) on Bt cotton. **Ecotoxicology**, 23 (2): 192-200, 2014^a

MICHELOTTO, M.D.; CROSARIOLNETTO, J.; GRIGOLLI, J.F.; BUSOLI, A.C.; CARREGA, W.C.; FINOTO, E.L.; GALLI, J.A. Effect of infestation of *Alabama*

argillacea (Lepidoptera: Noctuidae) at different ages of cotton plants in yield. **American Journal of Plant Sciences**, 5: 1441-1448, 2014.

NASCIMENTO, A.R.B.; RAMALHO, F.S.; AZEREDO, T.L.; FERNANDES, F.S.; NASCIMENTO JÚNIOR, J.L.; SILVA, C.A.D.; MALAQUIAS, J.B. Feeding and life history of *Alabama argillacea* (Lepidoptera: Noctuidae) on cotton cultivars producing colored fibers. **Annals of the Entomological Society of America**, 104 (4): 613-619, 2011.

OLIVEIRA, J.E.M.; BERTOLI S.A.; MIRANDA J.E.; TORRES J.B.; ZANUNCIO J.C. Predação por *Podisusnigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) sob efeito de densidades de *Alabama argillacea* (Lepidoptera: Noctuidae) e idades do algodoeiro. **Científica** 36:1-9, 2008

PEREIRA, A.I.A.; RAMALHO, F.S.; RODRIGUES, K.C.V; MALAQUIAS, J.B.; SOUZA, J.V.S.; ZANUNCIO, J.C. Food extraction by the males of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) from cotton leafworm larvae. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 53 (5): 1027-1035, 2010.

RAMALHO, F.S.; AZEREDO, T.L.; FERNANDES, F.S.; NASCIMENTO JÚNIOR, J.L.; MALAQUIAS, J.B.; NASCIMENTO, A.R.B.; SILVA, C.A.D.; ZANUNCIO, J.C. Food intake and utilization of *Alabama argillacea* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on cotton cultivars with colored fibers. **Journal of Pest Science**, 84: 199-205, 2011.

ROY, M., J. BRODEUR, AND C. CLOUTIER. Relationship between temperature and development rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its prey *Tetranychus mcdanieli* (Acarina: Tetranychidae). **Environmental Entomology**. 31: 177-187, 2002.

SAS INSTITUTE. SAS user's guide: statistics. Cary 2006.

SILVA, B.R.; CORRÊA, A.S.; LÚCIA, T.M.C.; PEREIRA, A.I.A.; CRUZ, I.; ZANUNCIO, J.C. Does the aggressiveness of the prey modify the attack behavior of the predator *Supputius cincticeps* (Stål) (Hemiptera, Pentatomidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, 56 (2): 244-248, 2012.

TOSCANO, L. C.; GONZATTO, F. A.; CARDOSO, A. M.; MARUYAMA, W. Interação de híbridos de milho cultivadosna safrinha e o controle químico da lagarta-do-

cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797). **Revista Agrarian**, Dourados-MS, v. 3, n. 7, p. 24-33, 2010.

VACARI, A.M.; DE BORTOLI, S.; TORRES, J.B. Relationship between predation by *Podisus nigrispinus* and developmental phase and density of its prey, *Plutella xylostella*. **Entomologia Experimenta liset Applicata**, 145: 30–37, 2012.

VACARI, A.M.; DE BORTOLI, S.A., GOULART, R.M., VOLPE, H.X.L., OTUKA, A.K., VEIGA, A.C.P. Comparison of eggs, larvae, and pupae of *Plutellaxylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) as prey for *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Annals of the Entomological Society of America**, 106 (2): 235-242. 2013.

ZAMANI, A.A.; HAZINI, F., PERIS-FELIPO, F. J., YARI, Z., RAKHSHAN, E. ALYSIINAE (Hymenoptera: Braconidae) parasitoids of the pea leaf miner, *Chromatomyia horticola* (Goureau, 1851) (Diptera: Agromyzidae) in Kermanshah, Iran. **journal crop protection**. 4:97-108, 2015

ZANUNCIO J.C.; SILVA, C.A.D.; LIMA, E.R.; PEREIRA, F.F.; RAMALHO, F.S.; SERRÃO, J.E. Predation Rate of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae With and Without Defense by *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 51:121-125, 2008.