



Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) alimentada com *Aphis gossypii* (Glover, 1877) provenientes de algodão Bt e convencional

Biological aspects of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) fed with *Aphis gossypii* (Glover, 1877) from Bt and conventional cotton

P. M. Dias¹; L. C. Toscano^{2,*}; N. C. de S. Vieira³; J. G. Aguilera²;
W. I. Maruyama²

¹Departamento de Agronomia, 96835-749, Santa Cruz do Sul-RS, Brasil

²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), 79540-000, Cassilândia-MS, Brasil

³Superintendência de Água, Esgotos e Meio Ambiente (SAEV Ambiental), 15500-050, Votuporanga-SP, Brasil

*toscano@uems.br

(Recebido em 03 de abril de 2025; aceito em 30 de novembro de 2025)

O objetivo deste trabalho foi avaliar os aspectos biológicos e a capacidade predatória de *Chrysoperla externa* alimentada com *Aphis gossypii* provenientes de algodão Bt e convencional. O experimento foi conduzido em sala climatizada, a 25±1°C, UR de 70%±10%, em delineamento inteiramente casualizado. Os ovos de *C. externa* foram individualizados em placas de Petri, as larvas neonatas alimentadas diariamente com pulgões provenientes de nove cultivares de algodoeiro, constituindo os tratamentos. As cultivares empregadas foram Convencional (sem modificações genéticas), FM993, DP604 BG (Bollgard I®-Cry1Ac), NuOpal (Bollgard I®-Cry1Ac), DP90 B (Bollgard I®-Cry1Ac), Acala DTL90B (Bollgard I®-Cry1Ac), DP555 BGRR (Bollgard I®-Cry1Ac), DP1228 B2RF (Bollgard II®-Cry1Ac+Cry2Ab2), PHY440 W (WideStrike®-Cry1Ac+Cry1F) e FM975 WS (WideStrike®-Cry1Ac+Cry1F). Foram avaliadas a duração da fase de desenvolvimento em dias, viabilidade em porcentagem e peso em (mg) de todas as fases imaturas. Para a capacidade predatória, as larvas de primeiro, segundo e terceiro instares foram individualizadas em placas de Petri, recebendo a proporção de 1:10; 1:25; 1:50 predador e presa, para cada instar respectivamente. Após 24 horas foi quantificado o potencial de consumo do predador. Todas as tecnologias Bt e as constituições genéticas dessas cultivares em que a presa *A. gossypii* foi criada, influenciaram negativamente o desenvolvimento biológico do *C. externa*, sendo o maior impacto evidenciado para a toxina Cry1Ac presente na cultivar DP 90B. A proteína Cry1Ac juntamente com a constituição genética das cultivares influenciou negativamente capacidade predatória de *C. externa* quando alimentado de *A. gossypii* proveniente da cultivar DP 90.

Palavras-chave: crisopídeo, pulgão-do-algodoeiro, plantas transgênicas.

The objective of this study was to evaluate the biological aspects and predatory capacity of *Chrysoperla externa* fed with *Aphis gossypii* from Bt and conventional cotton. The experiment was conducted in a climate-controlled room at 25±1°C, RH of 70%±10%, in a completely randomized design. The eggs of *C. externa* were individualized in Petri dishes, and the neonate larvae were fed daily with aphids from nine cotton cultivars, constituting the treatments. The cultivars used were Convencional (without genetic modifications), FM993, DP604 BG (Bollgard I®-Cry1Ac), NuOpal (Bollgard I®-Cry1Ac), DP90 B (Bollgard I®-Cry1Ac), Acala DTL90B (Bollgard I®-Cry1Ac), DP555 BGRR (Bollgard I®-Cry1Ac), DP1228 B2RF (Bollgard II®-Cry1Ac+Cry2Ab2), PHY440 W (WideStrike®-Cry1Ac+Cry1F) and FM975 WS (WideStrike®-Cry1Ac+Cry1F). The duration of the development phase in days, viability in percentage and weight in (mg) of all immature stages were evaluated. For predatory capacity, first, second and third instar larvae were individualized in Petri dishes, receiving the proportion of 1:10; 1:25; 1:50 predator and prey, for each instar respectively. After 24 hours, the predator's consumption potential was quantified. All Bt technologies in which the prey *A. gossypii* was reared negatively influenced the biological development of *C. externa*, with the greatest impact being evidenced for the Cry1Ac toxin present in the DP 90B cultivar. The Cry1Ac protein negatively influenced the predatory capacity of *C. externa* when fed on *A. gossypii* from the DP 90 cultivar.

Keywords: lacewing, cotton aphid, transgenic plants.

1. INTRODUÇÃO

Aphis gossypii Glover (1876) destaca-se como praga-chave do algodoeiro em função dos danos diretos causados pela sucção da seiva e paralisação de crescimento das plantas [1, 2], ou indiretos através da inoculação de vírus como o vermelhão e azulão [3, 4]. Na fase final da cultura, depreciam a qualidade da fibra pela produção excessiva do excremento *honeydew* [5, 6].

Na tentativa de minimizar o impacto causado pelo uso de agroquímicos em lavouras de algodão, intensificam-se as pesquisas voltadas para o controle biológico utilizando predadores como *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861), devido a várias características importantes como generalismo, voracidade, sobrevivência no ambiente, e facilidade de criação em laboratório [7-12].

A maior eficiência do uso de agentes biológicos pode ser alcançada através do manejo integrado de pragas (MIP), que associa dois ou mais métodos de controle de forma harmônica [13]. A resistência de plantas e o controle biológico podem atuar como alternativas complementares na redução populacional de pragas [14].

Plantas denominadas Bt são aquelas que possuem genes da bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* (Berliner 1911), e produzem toxinas inseticidas ao complexo de lagartas desfolhadoras. Mesmo que insetos sugadores não sejam alvo da tecnologia, alguns trabalhos foram realizados entendendo impactos indiretos [15-21], e que as mesmas poderiam alterar o comportamento deste grupo e consequentemente dos seus inimigos naturais.

Torres et al. (2006) [22] trabalhando com pragas-alvo constataram que a proteína Cry1Ac expressada em plantas de algodão, foram adquiridas por lagartas após alimentação e consequentemente repassadas para os predadores *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister, 1839) e *Podisus maculiventris* (Say) que alimentaram destas presas. Lawo et al. (2010) [18] verificaram que *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) quando alimentados com *Helicoverpa armigera* Hübner, 1808) suscetíveis ao algodão Bt com a proteína Cry1Ac, apresentaram alterações nas composições, concentrações de açúcares e glicogênio, que influenciaram no hábito alimentar do predador.

Poucos são os estudos com relação aos impactos da tecnologia Bt sobre os artrópodes-pragas não-alvo. Ensaio realizados na China apontaram que os pulgões *A. gossypii* criados em algodão Bt apresentaram maiores níveis populacionais que os de área de algodão convencional [23]. Em pesquisas no Brasil, Sujii et al. (2024) [24] observaram que algodão Bt contendo a proteína Cry 1Ac, não interfere na dinâmica populacional de *A. gossypii* mantidas em casa-de-vegetação. Neste mesmo sentido Funichello e Busoli (2012) [25], testando o algodão transgênico NuOPAL, (Bollgard I) e sua isolinha convencional DeltaOPAL, verificaram que a cultivar Bt não afeta os aspectos biológicos de *A. gossypii*, ou sua capacidade reprodutiva. Até hoje para algodão tem sido descrito quatro combinações diferentes de proteínas Bt ativas no Brasil [26]. A obtida pela companhia DOW que traz a WideStrike com Cry1Ac e CryF, a da MONSANTO que traz a Bollgard I® que carrega a proteína Cry1Ac apenas e a Bollgard II® que carrega as proteínas Cry1Ac e Cry2Ab, e por último a BAYER que obteve a TwinLink com as proteínas Cry1Ab e CryAe [26].

Com relação aos impactos indiretos da tecnologia Bt sobre os artrópodes-pragas não-alvo e seus efeitos de impropriedades nutricionais para alimentar o predador, ainda são escassos os relatos de pesquisas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* alimentada com *A. gossypii* criado em diferentes tecnologias de algodão Bt e convencional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul- UEMS, Unidade Universitária de Cassilândia (UUC), em condições controladas.

Adultos de *C. externa* provenientes de geração F₄ foram mantidos em sala climatizada sob temperatura de 25 ± 1° C, UR de 70% ± 10% e fotofase de 12 horas. Utilizaram-se gaiolas de PVC, com 23 cm de altura e 10 cm de diâmetro, revestidas com papel sulfite branco, como substrato para oviposição, sendo a extremidade superior vedada com tecido de “voil” e a

extremidade inferior apoiada em bandeja de PVC, forrada com papel toalha. A dieta foi constituída de levedo de cerveja e mel, oferecida na proporção de 1:1 de acordo com Ribeiro et al. (2000) [27], ideal para o desenvolvimento reprodutivo. A água destilada foi oferecida no chumaço de algodão depositado sobre um recipiente plástico. Tanto a dieta quanto a água foram substituídas a cada 3 dias [28].

Os pulgões foram coletados quinzenalmente em plantas de quiabo cultivadas na área experimental da UUC e em hortas municipais de Cassilândia - MS. Foram utilizadas plantas de algodoeiro da cultivar FMT 709, que não possuiu característica de resistência a insetos, para multiplicação de *A. gossypii*. As criações foram mantidas em gaiolas de 2 x 3 x 2 m com armação de ferro e tela anti-afídeo. Semanalmente, foram introduzidas outras plantas nas gaiolas de acordo com a necessidade de substituí-las.

Para verificar os efeitos da tecnologia Bt sobre o *C. externa*, foram utilizados nove cultivares de algodoeiro: Convencional FM 993 (padrão), e as cultivares geneticamente modificadas: Bollgard I® (Cry1Ac) (DP 604 BG, NuOpal, DP 90 B, Acala DTL 90B, DP 555 BGRR); Bollgard II® (Cry1Ac+Cry2Ab) (DP 1228 B2RF) e WideStrike® (Cry1Ac+Cry1F) (PHY 440 W, FM 975 WS).

A semeadura foi realizada em vasos de PVC de cinco litros, preenchidos com 4 kg de substrato composto por solo e esterco de curral 1:1, e adubação de plantio de 4,5 gramas/vaso com NPK 4-14-8. As plantas permaneceram protegidas do ataque de outros artrópodes, dentro de gaiolas de 2x3x2 m com armação de ferro e tela anti-afídeo. Aos 25 dias após a emergência as plantas foram infestadas com adultos de *A. gossypii* provenientes da criação massal, até o surgimento de ninfas para a realização dos testes em laboratório.

Para avaliação do desenvolvimento das fases imaturas de *C. externa*, os ovos com até 24 horas de idade, provenientes dos adultos de geração F4 foram individualizados em placas de Petri contendo papel-filtro umedecido, mantidos em condições de temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Realizou-se cortes de discos foliares de 5 cm de diâmetro referente a cada tratamento, e com o auxílio de um pincel foram transferidas ninfas de diferentes tamanhos de *A. gossypii* e posteriormente foram introduzidas as larvas recém-eclodidas. Em seguida, as placas de Petri foram vedadas com plástico-filme, com pequenas perfurações para aeração [12].

Foram avaliadas as variáveis relacionadas com a duração e a viabilidade de cada ínstar, das fases larval, pré-pupa e pupal, e do período de larva a adulto. Também foi avaliado o peso dos insetos. Para a fase larval, o peso foi aferido 24 horas após o início de cada estágio de desenvolvimento. Pré-pupas e pupas foram pesadas dentro dos seus respectivos recipientes de criação, dos quais foram removidos o papel filme e o disco foliar, logo após o início da confecção do casulo, obtendo-se os pesos por diferença da pesagem dos recipientes após a emergência [11].

Para o ensaio da capacidade predatória, inicialmente realizou-se uma prévia para definir as proporções de ninfas oferecidas a cada ínstar. Para as larvas de primeiro ínstar foram fornecidas as proporções de 1:5 e 1:10. No segundo ínstar foram oferecidas ninfas de pulgões na proporção de 1:15, 1:20 e 1:25, já no terceiro ínstar foram 1:30, 1:40, 1:50. Após 24 horas foram quantificadas o número de ninfas consumidas, definindo-se a proporção adequada de ninfas.

Larvas de primeiro, segundo e terceiro ínstares foram individualizadas e acondicionadas em placas de Petri com 9 cm diâmetro mantidas em temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas, onde receberam a proporção de 1:10; 1:25; 1:50 predador e presa. Após 24 horas foram contabilizadas as ninfas que sobraram, obtendo por diferença o número de ninfas consumidas pelo predador. Larvas de segundo e terceiro ínstares até atingirem essas fases foram mantidas em tubos de vidro de (2,5 x 8,5 cm) e alimentadas com ovos esterilizados de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) [19].

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste F e teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se os softwares SISVAR [29] e ESTAT [30]. Os dados originais da variável Pré-pupa foram transformados $\arcsen \sqrt{x/100}$, para garantir a normalidade dos dados. Para melhor entender os resultados obtidos foi realizada uma rede de correlação com todas as

variáveis medidas para cada uma das fases de desenvolvimento de *C. externa* alimentada com *A. gossypii* empregando o programa RBio program version 166 [31].

3. RESULTADOS

Houve efeito sobre a duração dos estádios e estágios de desenvolvimento de *C. externa* em função da cultivar utilizado para a criação de *A. gossypii*. A duração do primeiro ínstar de *C. externa* foi maior quando larvas foram nutridas com pulgões mantidos nas cultivares FM 975 WS (Cry1Ac+Cry1F) e DP 555 BGRR (Cry1Ac) com valores de 4,19 dias e 4,05 dias, respectivamente (Tabela 1). Para as larvas de segundo ínstar, verificou-se maior duração para aquelas alimentadas com presas criadas em algodão Bt [DP 90 B (Cry1Ac), DP 555 BGRR (Cry1Ac) e FM 975 WS (Cry1Ac+Cry1F)] com tempo de 3,39 dias, 3,26 dias e 3,39 dias respectivamente, em relação às nutridas de presas da cultivar convencional FM 993 que se desenvolveram em 2,43 dias.

Larvas de terceiro ínstar apresentaram maior duração quando as fontes alimentares foram presas oriundas de plantas DP 1228 B2RF (Cry1Ac+Cry2Ab) com 4,83 dias e DP 90 B (Cry1Ac) com 4,76 dias, diferindo significativamente das demais plantas hospedeiras utilizadas. A duração do período larval de *C. externa* foi maior em todos os tratamentos nos quais as larvas se alimentaram de pulgões advindos de algodão transgênico, diferindo significativamente da cultivar convencional FM 993 com 9,83 dias de período larval (Tabela 1).

Para a fase de pré-pupa, as larvas mantidas com alimento advindo de plantas DP 90 B (Cry1Ac) com 5,57 dias apresentou a maior duração, diferindo significativamente da cultivar convencional FM 993 com 3,88 dias (Tabela 1). Verifica-se uma influência negativa dos cultivares Bt (Tabela 1) causando o prolongamento da fase de pupa, quando as larvas *C. externa* foram alimentadas por presas oriundas de DP 90 B (Cry1Ac) e FM 975 WS (Cry1Ac+Cry1F) com tempo de 14,27 dias e 14,87 dias respectivamente.

Resultado semelhante foi observado para o período total de desenvolvimento, onde todos os cultivares Bt apresentaram maior duração em dias, exceto o NuOpal, e destaque para os maiores valores apresentados por DP 90 B (Cry1Ac) com 35,28 dias e FM 975 WS (Cry1Ac+Cry1F) com tempo de 34,97 dias, o que evidencia prolongação do ciclo de vida do predador, implicando em menor número de gerações por ano.

Com relação ao peso, observa-se que larvas de primeiro ínstar não diferiram significativamente independente da planta hospedeira em que a presa foi criada (Tabela 2). Não foram observadas diferenças significativas no peso das larvas de segundo ínstar alimentadas com presas oriundas dos cultivares transgênicos, exceto DP 1228 B2RF (Cry1Ac+Cry2Ab). Foi verificado a influência das tecnologias no peso das larvas de terceiro ínstar provenientes das hospedeiras Bollgard I (DP 90 B) e Widestrike (PHY 440 W) que reduziram significativamente o peso larval em relação às demais. Pesos superiores foram observados para o terceiro ínstar, pré-pupa e na fase de pupa, quando as larvas foram alimentadas de presas advindas de Bollgard II (DP 1228 BERF) com valores de 4,24 mg, 4,71 mg e 5,71 mg, respectivamente (Tabela 2).

A viabilidade das fases larval (1º, 2º e 3º ínstar), período larval e de pré-pupa de *C. externa* advindas da alimentação de pulgões nutridos em algodão Bt não diferiram significativamente da convencional FM 993 (Tabela 3). Na fase de pupa, as larvas de crisopídeos alimentadas de presas advindas das plantas transgênicas não diferem do controle. Em relação à viabilidade total, as larvas mantidas com presas advindas da planta hospedeira DP 90 B (Bollgard I), foram inferiores em relação a cultivar convencional FM 993 e as demais cultivares Bt. De modo geral, as tecnologias Bt reduziram significativamente a viabilidade do período total de *C. externa*, com a maior redução na cultivar DP 90 B (Bollgard I) (Tabela 3). Nota-se que dentro da Bollgard I, as cultivares DP 90 B e DP 555 BGRR apresentaram viabilidades inferiores em relação às larvas que foram nutridas de NuOpal. Dentro das demais tecnologias não foram observadas diferenças significativas em relação ao controle FM 993.

Tabela 1. Duração (dias) ($\pm$ EP) do desenvolvimento biológico de *Chrysoperla externa* alimentada com *Aphis gossypii* provenientes de diferentes cultivares de algodoeiro. Temperatura 25 ± 1 °C, UR 70 ± 10 %, Fotofase 12 horas.

Cultivares	1º ínstar	2º ínstar	3º ínstar	Período larval	Pré-pupa	Pupa	Período total
FM 993	$3,41 \pm 0,12$ a	$2,43 \pm 0,13$ a	$3,97 \pm 0,22$ a	$9,83 \pm 0,17$ a	$3,88 \pm 0,25$ ab	$7,45 \pm 0,57$ a	$24,56 \pm 0,24$ a
DP 604 BG	$3,73 \pm 0,12$ abc	$2,56 \pm 0,14$ a	$4,15 \pm 0,22$ a	$10,47 \pm 0,13$ c	$4,03 \pm 0,27$ abc	$9,51 \pm 0,60$ b	$27,55 \pm 0,25$ b
NuOpal	$3,45 \pm 0,15$ a	$2,66 \pm 0,13$ a	$4,17 \pm 0,22$ a	$10,28 \pm 0,17$ c	$3,68 \pm 0,22$ a	$8,08 \pm 0,52$ a	$25,32 \pm 0,38$ a
DP 90 B	$3,71 \pm 0,15$ ab	$3,39 \pm 0,24$ b	$4,76 \pm 0,48$ b	$11,92 \pm 0,19$ d	$5,57 \pm 0,62$ e	$14,27 \pm 1,70$ d	$35,28 \pm 0,36$ d
Acala DTL 90B	$3,86 \pm 0,20$ bc	$2,61 \pm 0,15$ a	$4,03 \pm 0,28$ a	$10,48 \pm 0,12$ c	$4,26 \pm 0,34$ bcd	$9,14 \pm 0,81$ b	$27,71 \pm 0,22$ b
DP 555 BGRR	$4,05 \pm 0,15$ c	$3,26 \pm 0,21$ b	$4,23 \pm 0,40$ a	$11,62 \pm 0,18$ d	$4,25 \pm 0,49$ bcd	$12,55 \pm 1,43$ c	$31,85 \pm 0,34$ c
DP 1228 B2RF	$3,65 \pm 0,17$ ab	$2,62 \pm 0,18$ a	$4,83 \pm 0,42$ b	$10,07 \pm 0,17$ b	$4,54 \pm 0,47$ d	$9,33 \pm 1,04$ b	$28,81 \pm 0,33$ b
PHY 440 W	$3,89 \pm 0,15$ bc	$2,61 \pm 0,15$ a	$4,23 \pm 0,34$ a	$10,73 \pm 0,11$ c	$4,28 \pm 0,42$ bcd	$12,36 \pm 1,34$ c	$31,04 \pm 0,34$ c
FM 975 WS	$4,19 \pm 0,22$ c	$3,39 \pm 0,27$ b	$4,32 \pm 0,39$ a	$11,68 \pm 0,24$ d	$4,40 \pm 0,44$ cd	$14,87 \pm 1,51$ d	$34,79 \pm 0,26$ d
F (tratamento)	11,26**	18,76**	10,74**	16,54**	27,88**	202,29**	141,3**
C.V. (%)	12,57	18,52	11,60	8,91	11,83	9,12	5,57

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

EP= Erro Padrão

Tabela 2. Peso (mg) ($\pm$ EP) de larvas de *Chrysoperla externa* alimentadas com *Aphis gossypii* provenientes de diferentes cultivares de algodoeiro. Temperatura 25 ± 1 °C, UR 70 ± 10 %, Fotofase 12 horas.

Cultivares	1º ínstar	2º ínstar	3º ínstar	Pré-pupa	Pupa
FM 993	$1,11 \pm 0,06$ a	$2,41 \pm 0,15$ ab	$4,13 \pm 0,22$ d	$4,79 \pm 0,31$ e	$5,13 \pm 0,39$ de
DP 604 BG	$1,11 \pm 0,06$ a	$2,41 \pm 0,16$ ab	$4,05 \pm 0,26$ cd	$4,92 \pm 0,34$ e	$4,69 \pm 0,40$ cd
NuOpal	$1,16 \pm 0,07$ a	$2,45 \pm 0,13$ ab	$4,05 \pm 0,22$ cd	$4,51 \pm 0,28$ de	$4,93 \pm 0,32$ d
DP 90 B	$1,00 \pm 0,03$ a	$2,15 \pm 0,16$ a	$3,04 \pm 0,30$ a	$3,29 \pm 0,37$ a	$3,28 \pm 0,40$ a
Acala DTL 90B	$1,17 \pm 0,08$ a	$2,36 \pm 0,14$ ab	$3,96 \pm 0,27$ cd	$4,33 \pm 0,36$ d	$4,36 \pm 0,41$ bc
DP 555 BGRR	$1,00 \pm 0,02$ a	$2,15 \pm 0,14$ a	$3,34 \pm 0,32$ ab	$3,85 \pm 0,44$ bc	$4,15 \pm 0,47$ bc
DP 1228 B2RF	$1,00 \pm 0,04$ a	$2,79 \pm 0,18$ c	$4,24 \pm 0,36$ d	$4,71 \pm 0,48$ de	$5,71 \pm 0,68$ e
PHY 440 W	$1,05 \pm 0,05$ a	$2,31 \pm 0,14$ ab	$3,23 \pm 0,27$ a	$3,64 \pm 0,36$ ab	$3,77 \pm 0,41$ ab
FM 975 WS	$1,02 \pm 0,06$ a	$2,61 \pm 0,22$ bc	$3,71 \pm 0,34$ bc	$4,32 \pm 0,43$ cd	$4,33 \pm 0,44$ bc
F (tratamento)	2,78 ^{NS}	5,69**	24,32 **	24,32 **	25,36 **
C.V. (%)	3,13	11,86	11,96	11,96	14,77

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

EP= Erro Padrão.

Tabela 3. Viabilidade (dias) ($\pm$ EP) do desenvolvimento biológico de *Chrysoperla externa* alimentada com *Aphis gossypii* provenientes de diferentes cultivares de algodoeiro. Temperatura 25 ± 1 °C, UR 70 ± 10 %, Fotofase 12 horas.

Cultivares	1º instar	2º instar	3º instar	Período larval	Pré-pupa ¹	Pupa	Período total
FM 993	90,75 $\pm$ 2,50	92,50 $\pm$ 2,50	90,00 $\pm$ 4,08	93,33 $\pm$ 2,72	85,00 $\pm$ 2,88	77,50 $\pm$ 4,78 ab	85,28 $\pm$ 3,28 ab
DP 604 BG	90,25 $\pm$ 7,50	85,00 $\pm$ 11,90	85,00 $\pm$ 11,90	87,50 $\pm$ 10,40	82,50 $\pm$ 8,53	77,50 $\pm$ 6,29 ab	82,50 $\pm$ 8,25 abc
NuOpal	90,50 $\pm$ 2,88	95,00 $\pm$ 2,88	90,00 $\pm$ 4,08	93,33 $\pm$ 3,04	87,50 $\pm$ 2,50	85,00 $\pm$ 5,00 a	88,61 $\pm$ 3,31 a
DP 90 B	90,50 $\pm$ 2,88	82,50 $\pm$ 2,50	62,50 $\pm$ 7,50	80,00 $\pm$ 2,72	47,50 $\pm$ 4,78	45,00 $\pm$ 6,45 b	57,50 $\pm$ 3,18 c
Acala DTL 90B	90,00 $\pm$ 4,08	90,00 $\pm$ 4,08	82,50 $\pm$ 4,78	87,50 $\pm$ 4,16	75,00 $\pm$ 6,45	70,00 $\pm$ 9,12 ab	77,50 $\pm$ 6,04 abc
DP 555 BGRR	90,75 $\pm$ 2,50	85,00 $\pm$ 5,00	65,00 $\pm$ 6,45	82,50 $\pm$ 4,38	50,00 $\pm$ 9,12	50,00 $\pm$ 9,12 b	60,84 $\pm$ 7,26 bc
DP 1228 B2RF	90,25 $\pm$ 2,50	85,00 $\pm$ 2,88	72,60 $\pm$ 6,29	83,33 $\pm$ 3,60	57,00 $\pm$ 11,81	52,50 $\pm$ 11,08 ab	64,84 $\pm$ 8,76 bc
PHY 440 W	90,50 $\pm$ 2,88	90,00 $\pm$ 4,08	75,00 $\pm$ 8,66	86,66 $\pm$ 4,90	62,50 $\pm$ 4,78	55,00 $\pm$ 6,45 ab	68,06 $\pm$ 4,99 abc
FM 975 WS	90,00 $\pm$ 4,08	77,50 $\pm$ 4,78	67,50 $\pm$ 7,50	78,33 $\pm$ 3,19	50,00 $\pm$ 4,78	60,00 $\pm$ 4,08 ab	66,94 $\pm$ 3,80 abc
F (tratamento)	0,54 ^{NS}	1,05 ^{NS}	2,04 ^{NS}	1,18 ^{NS}	1,23 ^{NS}	3,84 ^{**}	3,78 ^{**}
C.V. (%)	8,20	12,17	9,82	11,41	20,88	22,89	16,10

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

EP= Erro Padrão.

A capacidade predatória exercida pelas larvas de *C. externa* (Tabela 4) de primeiro e segundo ínstar foi de 3,45 e 9,00, respectivamente, quando nutridas de *A. gossypii* advindos de DP 90 B (Cry1Ac), entretanto, a maioria das outras cultivares Bt manifestaram valores superiores em relação ao controle. O consumo do terceiro ínstar foi influenciado negativamente quando as larvas foram nutridas com presas advindas de DP 90 B e NuOpal, ambas com tecnologia Bollgard I apresentando menores índices de predação de 21,60 e 25,80, respectivamente, em relação ao controle 31,95 (Tabela 4). Para a capacidade de predação total verificou-se menor consumo para as larvas que receberam pulgões advindos de cultivar DP 90 B diferenciando-se do controle e das outras cultivares Bt empregadas. Os resultados evidenciam que a tecnologia Bollgard I influencia em menor consumo total das larvas de *C. externa* com destaque para cultivar DP 90 B, em relação às Bollgard II e Widestrike.

Tabela 4. Capacidade predatória ($\pm$ EP) de larvas de 1°, 2° e 3° e total de *Chrysoperla externa* alimentadas com *Aphis gossypii* provenientes de diferentes cultivares de algodoeiro. Temperatura 25 ± 1 °C, UR 70 ± 10 %, Fotofase 12 horas.

Cultivares	1° ínstar	2° ínstar	3° ínstar	Total
FM 993	4,50 $\pm$ 0,21 b	14,90 $\pm$ 0,50 cd	31,95 $\pm$ 1,20 c	51,35 $\pm$ 1,28 bc
DP 604 BG	4,85 $\pm$ 0,15 b	13,57 $\pm$ 0,52 bc	31,10 $\pm$ 1,05 c	49,52 $\pm$ 1,25 bc
NuOpal	7,65 $\pm$ 0,16 cd	14,95 $\pm$ 0,55 cd	25,80 $\pm$ 1,10 b	48,42 $\pm$ 1,28 b
DP 90 B	3,45 $\pm$ 0,18 a	9,00 $\pm$ 0,42 a	21,60 $\pm$ 1,03 a	34,05 $\pm$ 1,04 a
Acala DTL 90B	7,25 $\pm$ 0,19 cd	16,60 $\pm$ 0,58 e	33,00 $\pm$ 1,13 c	56,85 $\pm$ 1,35 de
DP 555 BGRR	4,22 $\pm$ 0,15 b	12,62 $\pm$ 0,44 b	32,00 $\pm$ 0,92 c	48,85 $\pm$ 0,85 bc
DP 1228 B2RF	7,95 $\pm$ 0,13 d	18,25 $\pm$ 0,36 e	33,12 $\pm$ 0,94 c	59,65 $\pm$ 1,04 e
PHY 440 W	7,05 $\pm$ 0,15 c	14,35 $\pm$ 0,39 bc	32,40 $\pm$ 0,85c	53,80 $\pm$ 1,00 cd
FM 975 WS	7,90 $\pm$ 0,15 cd	17,70 $\pm$ 0,46 e	33,05 $\pm$ 0,89c	58,65 $\pm$ 0,91de
F (tratamento)	111,97**	36,92**	16,99**	46,30 **
C.V. (%)	8,67	10,32	10,85	13,92

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

EP = Erro Padrão.

3.1 Análises de correlações

Ao estabelecer correlações entre as variáveis avaliadas em cada um dos processos biológicos analisados os dados são apresentados na Figura 1. O comportamento das variáveis quando se usa a tecnologia Bollgard I (Figura 1A) em relação as tecnologias Bollgard II e Widestrike (Figura 1B) em relação ao controle é mostrado.

Quando se avalia as correlações estabelecidas entre as variáveis em relação ao uso da tecnologia Bollgard I (Figura 1A) observa-se que a magnitude das correlações é maior, ao mesmo tempo que a significância delas, em relação ao uso das outras tecnologias (Figura 1B). Observa-se que para a tecnologia Bollgard I a duração da fase de pupa total se correlaciona de modo negativo com todas as variáveis avaliadas relacionadas como peso, viabilidade e capacidade predatória com correlações elevadas e significativas (Figura 1A). Esta associação indica que quanto maior a duração da fase de pupa nestes genótipos, menores os outros parâmetros (peso, viabilidade e capacidade predatória), evidenciando o efeito que a alimentação com *A. gossypii* proveniente de cultivares de algodoeiro Bt (Cry1Ac) tem sob o desenvolvimento de *C. externa*. O peso final da pupa em relação à duração da fase evidenciou correlações negativas ($>-0,93$) e significativas ($p<0,05$). O peso da pupa quando correlacionado com a viabilidade evidencia correlações positivas elevadas ($>0,90$) e significativas ($p<0,05$), evidenciando que quanto maior o peso, maior a viabilidade das pupas (Figura 1A). O peso da pupa dos genótipos que expressam a proteína Cry1Ac em relação à capacidade predatória do *C. externa* mostra que apenas no 2° ínstar há uma correlação positiva de 0,79 ($p<0,05$).

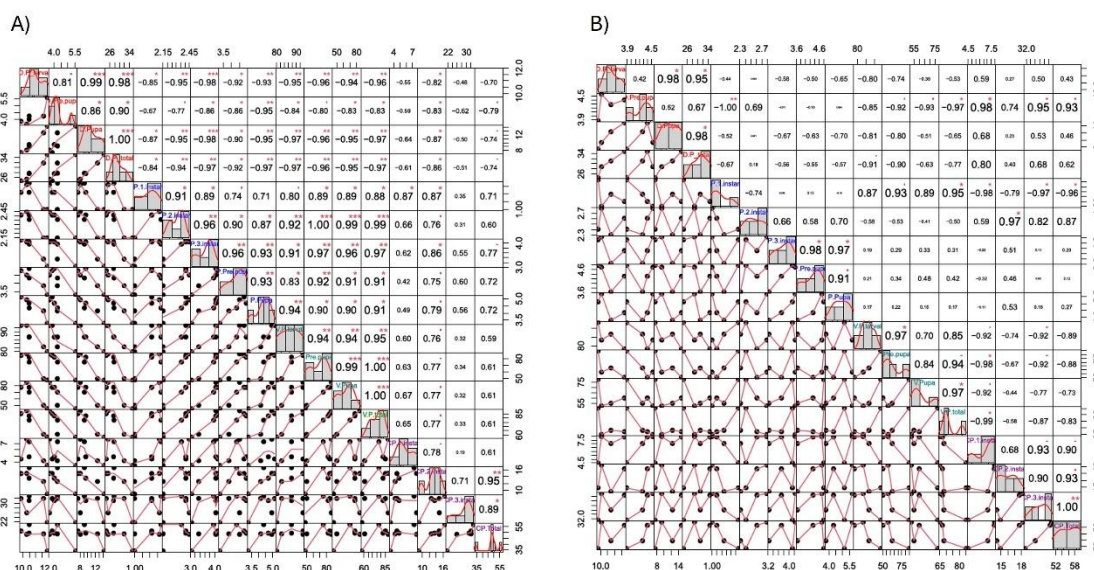


Figura 1. Análises de correlação obtida ao estabelecer as relações das variáveis obtidas ao avaliar a duração (vermelho), peso (azul), a viabilidade (verde) e a capacidade predatória (purpura) de *Chrysoperla externa* alimentadas com *Aphis gossypii* provenientes de diferentes cultivares de algodoeiro. Em A) apenas o controle e os genótipos com Bollgard I e em B) apenas o controle e os genótipos com Bollgard II e WideStrike. D-P_larva: duração da fase de larva; D-Pré-pupa: duração da fase de pré-pupa; D-Pupa: duração da fase de pupa; D-P_total: duração da fase total até a pupa; P-1-íntar: peso do 1er íntar; P-2-íntar: peso do 2do íntar; P-3-íntar: peso do 3er íntar; P-Pré-pupa: peso pré-pupa; P-Pupa: peso da pupa; V-P-larval: viabilidade da fase larval; V-Pré-pupa1: viabilidade da fase pré-pupa 1; V-Pupa: viabilidade da fase de pupa; V-P-total: viabilidade da fase total até a pupa; CP-1-íntar: capacidade predatória no 1er íntar; CP-2-íntar: capacidade predatória no 2do íntar; CP-3-íntar: capacidade predatória no 3er íntar e CP-Total: capacidade predatória total.

Na Figura 1B encontram-se as relações estabelecidas ao alimentar *C. externa* com *A. gossypii* provenientes de genótipos Bt com tecnologias Bollgard II® (Cry1Ac+Cry2Ab) e WideStrike® (Cry1Ac+Cry1F). A duração da fase inicial até obter a pupa de *C. externa* evidência que correlações negativas (-0,55 até -0,91) não significativas foram estabelecidas com as variáveis relacionadas com o peso e a viabilidade (Figura 1B), mantendo o comportamento das cultivares de algodão que portam a proteína Cry1Ac (Figura 1A). Já a duração em relação à capacidade predatória teve uma relação positiva e não significativa, indicando que nestes genótipos quanto maior a duração da fase larval até a pupa maior a capacidade predatória de *C. externa*. O peso final da pupa em relação à viabilidade e a capacidade predatória evidenciou correlações de pouca magnitude e sem significância estatística (Figura 1B). A viabilidade das pupas de *C. externa* em relação à capacidade predatória evidência correlações negativas elevadas e não significativas mostrando um resultado diferente do obtido com as cultivares de algodão que portam a proteína Cry1Ac (Figura 1A).

3. DISCUSSÃO

Os cultivares transgênicos promoveram prolongamento do ciclo de *C. externa*, com exceção ao NuOpal. Resultados semelhantes foram encontrados por Mota et al. (2012) [20] utilizando esse material e o não transgênico DeltaOpal onde o desenvolvimento deste predador não foi influenciado ao consumir presas advindas de plantas que expressam a proteína Bt, diferindo do que foi encontrado na presente pesquisa.

De modo geral, destaca-se que a transgenia e as propriedades inerentes a esses genótipos proporcionaram maior duração do período larval, semelhante ao observado por Pessoa et al. (2004) [15] em trabalhos com *C. externa* alimentado com *A. gossypii* proveniente de quatro cultivares de algodoeiro não transgênicos. Essas comprovações revelam que pode ter ocorrido

alguma influência sobre a fisiologia de *A. gossypii*, que consequentemente estaria afetando o desenvolvimento do predador. Não foram avaliadas quais substâncias e concentrações são responsáveis, porém, diante dos resultados observa-se a interferência nutricional na presa e consequentemente no predador.

Para a fase pupal, Mota et al. (2012) [20] observaram duração inferiores para as duas gerações de *A. gossypii* criados na planta hospedeira NuOpal, com valores de 2,33 e 2,16 dias para fase de pré-pupa e 6,56 e 7,17 dias para pupa, de 1ª e 2ª geração, respectivamente.

Com relação ao peso, Dias et al. (2014) [21] em estudos com *C. externa* alimentada com *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1899) biótipo B criada em algodão convencional FMT 701 e Bt DP 555 BGRR, observaram efeito negativo no peso de larvas de 1º instar nutridas com presas advindas da cultivar Bt. Em contradição, Schuler et al. (2005) [16] não evidenciaram diferença no peso de larvas de *Chrysoperla carnea* alimentada de *Myzus persicae*, advindas de plantas Bt e convencional na cultura da colza.

Os cultivares transgênicos promoveram baixa viabilidade do desenvolvimento biológico de *C. externa* em comparação aos relatados por Mota et al. (2012) [20], que destacam porcentagens superiores a 90% para larvas alimentadas com *A. gossypii* advindos da cultivar Bt NuOpal, entretanto, dos outros genótipos avaliados não se tem relatos.

Com relação à capacidade predatória, quando *C. externa* foi alimentado com *A. gossypii* oriundos da cultivar DP 90 B, observou-se uma menor capacidade de consumo nos três instares larvais, podendo esse fato estar associado a proteína Bt que provavelmente, expressou algum efeito tóxico nos pulgões afetando assim o predador. Lawo et al. (2010) [18] observaram que *C. carnea* quando alimentados com *Helicoverpa armigera* suscetível ao algodoeiro que possui proteína Cry 1Ac, sofreram alterações na concentração e na composição de açúcares, demonstrando que a qualidade nutricional da presa está submetida aos efeitos negativos da proteína Bt.

Diferentes efeitos observados entre os cultivares com a mesma tecnologia podem estar relacionados com características inerentes à genética, o que é evidenciado nas correlações obtidas (Figura 1). De acordo com Taiz e Zeiger (2009) [32], plantas podem apresentar mecanismos de defesa, como os inibidores de proteases ou outros metabolitos secundários, que ao serem ingeridos pelo inseto, podem ocasionar redução no seu desenvolvimento, podendo ser compensados pela suplementação de aminoácidos em sua dieta.

De acordo com Frizzas e Oliveira (2006) [17], estes compostos secundários existentes nos vegetais podem afetar os predadores, uma vez que, alguns insetos-presas possuem a habilidade de remover estes aleloquímicos presentes nas plantas, e armazenar estas substâncias em certas partes do seu corpo utilizando como defesa contra os inimigos naturais. Os mesmos autores ainda mencionam que estas interações também devem ser consideradas para as plantas geneticamente modificadas. Na presente pesquisa, possivelmente, as diferentes plantas Bt utilizadas possuem compostos secundários, que ao serem consumidos por *A. gossypii* afetam sua composição nutricional, e quando estes foram fornecidos como dieta alimentar ao *C. externa* influenciaram negativamente o seu desenvolvimento biológico e sua capacidade predatória.

4. CONCLUSÃO

Todas as tecnologias Bt e as constituições genéticas das cultivares em que a presa *A. gossypii* foi criada, influenciaram negativamente o desenvolvimento biológico do *C. externa*, sendo o maior impacto evidenciado para a toxina Cry1Ac presente na cultivar DP 90B.

A proteína Cry1Ac juntamente com a constituição genética das cultivares influenciaram negativamente a capacidade predatória de *C. externa* quando alimentado de *A. gossypii* proveniente da cultivar DP 90 B.

5. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Apoio à Pesquisa de Chapadão de Sul, pela doação das cultivares de algodão. Ao Dr. Valdir Atsushi Yuki, pesquisador do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pela identificação de *Aphis gossypii*.

Ao FUNDECT/CAPES, pela bolsa de pós-graduação concedida para realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gallo D, Nakano O, Silveira Neto S, Carvalho RP, Baptista GC, Berti Filho E, et al. Entomologia Agrícola. Piracicaba; FEALQ; 2002.
2. Godfrey LD, Rosenheim JA, Goodell PB. Cotton aphid emerges as major pest in SJV cotton. California Agric. 2000;54(6):26-9.
3. Schuelter AR, Souza IRPD, Oliveira ED, Guimarães CT. Controle genético da resistência ao mosaico comum em linhagens de milho tropical. International Journal of Maize & Sorghum, 2010;2(03):103-10. doi: 10.18512/1980-6477/rbms.v2n03p%p
4. Santos WJ. Pragas do algodoeiro. In: Mato Grosso liderança e competitividade. Rondonópolis (MT): Fundação MT/EMBRAPA; 1999. p. 113-49. (Boletim, 3).
5. Kabissa JCB, Kayumbo HY, Yarro JG. Seasonal abundance of chrysopids (Neuroptera: Chrysopidae) preying *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) and *Aphis gossypii* (Glover) (Homoptera: Aphididae) on cotton in eastern Tanzania. Crop Prot. 1996;15(1):5-8. doi: 10.1016/0261-2194(95)00052-6
6. Arantes NE, Penna JCV, Silva CM. Algodão principais pragas da cultura e seu manejo. In: Associação dos Produtores de Sementes do Estado de Minas Gerais (APSEMG). Guia técnico algodão e soja. Belo Horizonte (MG): APSEMG; 1998. p. 34-71.
7. Auad AM, Toscano LC, Boiça Júnior AL, Freitas S. Aspectos biológicos dos estádios imaturos de *Chrysoperla externa* (Hagen) e *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentados com ovos e ninfas de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). Neotrop Entomol. 2001;30(6):429-32. doi: 10.1590/S1519-566X2001000300015
8. Auad AM, Carvalho CF, Souza B, Trevizani R, Magalhães CMFR. Desenvolvimento das fases imaturas, aspectos reprodutivos e potencial de predação de *Chrysoperla externa* (Hagen) alimentadas com ninfas de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B em tomateiro. Acta Sci Agron. 2005;27(2):327-34.
9. Bezerra CES, Nogueira CHF, Sombra KDS, Demartelaere ACF, Araujo EL. Crisopídeos (Neuroptera:Chrysopidae): Aspectos biológicos, potencial de utilização e perspectivas futuras. Rev Caatinga. 2009;22(3):1-5.
10. Morando R, Toscano LC, Martins GLM, Eduardo WI, Maruyama WI, Santos LS. Predação e desenvolvimento de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera, Chrysopidae) alimentado com ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) oriundos de feijoeiro. Agrarian (Dourados. Online). 2014;7:42-8.
11. Silva CG, Souza B, Auad AM, Bonani JP, Torres LC, Carvalho CF, et al. Desenvolvimento das fases imaturas de *Chrysoperla externa* alimentadas com ninfas de *Bemisia tabaci* criadas em três hospedeiros. Pesq Agropec Bras. 2004;39(11):1065-70. doi: 10.1590/S0100-204X2004001100002
12. Schilick-Souza EC, Toscano LC, Schlick-Souza GD, Maruyama WI, Peres AJA. Desenvolvimento larval de *Chrysoperla externa* alimentada com *Aphis gossypii* provenientes de três cultivares de algodoeiro. Rev Agrarian. 2011;4(13):182-8.
13. Nascimento MA, Cardoso EVB, de Almeida Alves L, Pinheiro J, da Costa MML, da Silva JF, et al. Eficiência do uso de fungicidas químicos e biológicos na cana-de-açúcar. Rev Gestão Secretariado. 2024;15(10):e4258. doi: 10.7769/gesec.v15i10.4258
14. Bortoloti G, Sampaio RM. Desafios e estratégias no desenvolvimento dos bioinsumos para controle biológico no Brasil. Rev Tecnol Soc. 2024;20(60):291-307. doi: 10.3895/rts.v20n60.15792
15. Pessoa LGA, Souza B, Silva MG. Aspectos biológicos das fases imaturas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) criado em quatro cultivares de algodoeiro. Arq Inst Biol. 2004;71(2):197-202. doi: 10.1590/1808-1657v71p1972004
16. Schuler TH, Clark AJ, Clark SJ, Poppy GM, Stewart Jr CN, Denholm I. Laboratory studies of the effects of reduced prey choice caused by Bt plants on a predatory insect. Bull Entomol Res. 2005;95(3):243-7. doi: 10.1079/BER2004356

17. Frizzas MR, Oliveira CM. Plantas transgênicas resistentes a insetos e organismos não-alvo: predadores, parasitóides e polinizadores. Univ Ciênc Saúde. 2006;4(1-2):63-82. doi: 10.5102/ucs.v4i1.23
18. Lawo NC, WäCkers FL, Romeis J. Characterizing indirect prey-quality mediated effects of a Bt crop on predatory larvae of the green lacewing, *Chrysoperla carnea*. J Insect Physiol. 2010;56(11):1702-10. doi: 10.1016/j.jinsphys.2010.06.012
19. Schilick EC, Toscano LC, Souza GD, Peres AJA, Dias PM, Maruyama WI. Compatibilidade de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) com *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). EntomoBrasilis. 2015;8:189-95. doi: 10.12741/ebrasilis.v8i3.468
20. Mota TA, Fernandes MG, de Souza MF, da Fonseca PRB, de Quadros JC, Kassab SO. Tritrophic interactions between Bt cotton plants, the aphid *Aphis gossypii* Glover, 1827 (Hemiptera: Aphididae), and the predator, *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). Afr J Agric Res. 2012;7(44):5919-24. doi: 10.5897/AJAR12.2056
21. Dias PM, Toscano LC, Catalani GC. Capacidade predatória e desenvolvimento de *Chrysoperla externa* alimentada com mosca-branca, advindas de algodão Bt e convencional. Tecnol Ciênc Agropecuária. 2014;8(5):1-6.
22. Torres JB, Ruberson JR, Adang MJ. Expression of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac protein in cotton plants, acquisition by pests and predators: a tritrophic analysis. Agric For Entomol. 2006;8(3):191-202. doi: 10.1111/j.1461-9563.2006.00298.x
23. Deng SD, Xu J, Zhang QW, Zhou SW, Xu GJ. Effect of transgenic *Bacillus thuringiensis* cotton on population dynamics of non-target pests and natural enemies. Acta Entomol Sinica. 2003;46:1-5.
24. Siqueira JC, Lajus CR, Duarte ER, Pedrinho DR, Sauer AV. Melhoramento genético do milho: o aprimoramento da planta em antagonismo à resistência das pragas. Rev Campo Digital. 2024;19: e024002.
25. Funichello MLL, Busoli AC. Aspectos biológicos e tabela de vida de fertilidade de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em cultivares de algodoeiro DeltaOpal e Nuopal. Arq Inst Biol. 2012;79(1):84-90.
26. de Siqueira JC, Lajus CR, Duarte ER, Pedrinho DR, Sauer AV. Melhoramento genético do milho: o aprimoramento da planta em antagonismo à resistência das pragas. Rev Campo Digital. 2024;19: e024002. Disponível em: <http://68.183.29.147/revista/index.php/campodigital/article/view/3519>.
27. Ribeiro PB, Carvalho CJ, Chernaki A, Costa PR. Longevidade, oviposição e viabilidade pupal de *Ophyra aenescens* Wiedemann, 1830 (Diptera, Muscidae, Azeliinae), em condições de laboratório. Curr Agric Sci Technol. 2000;6(3):264-8.
28. Soares JJ, de Macedo LPM, da Costa RIF. Biologia de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em laboratório. Campina Grande (PB): Embrapa Algodão; 2003. (Comunicado Técnico, 185).
29. Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciênc Agrotec. 2001;35(6):1039-42. doi: 10.1590/S1413-70542011000600001
30. ESTAT. Sistema para análises estatísticas (v. 2.0). Jaboticabal (SP): Departamento de Ciências Exatas, FCAV-UNESP; 1994.
31. Bhering LL. Rbio: a tool for biometric and statistical analysis using the R platform. Crop Breed Appl Biotechnol. 2017;17:187-90. doi: 10.1590/1984-70332017v17n2s29
32. Taiz L, Zeiger E. Fisiologia vegetal. 4ª ed. Porto Alegre (RS): Artmed; 2009.