

ANTÓNIO CHAMUENE

**IMPACTO DO ALGODÃO Bt-RR E FENOLOGIA DAS PLANTAS NOS  
FATORES CHAVE DE MORTALIDADE DE *Aphis gossypii***

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2015

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

Chamuene, António, 1970-  
C453i Impacto do algodão Bt-RR e fenologia da plantas nos  
2015 fatores chave de mortalidade de *Aphis gossypii* / António  
Chamuene. – Viçosa, MG, 2015.  
vi, 60f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Marcelo Coutinho Picanço.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Algodão - Doenças e pragas. 2. *Aphis gossypii*.  
3. Plantas transgênicas. 4. Manejo integrado de pragas. 5. *Aphis gossypii* - Mortalidade. 6. Fenologia. 7. Controle biológico.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Entomologia. Programa de Pós-graduação em Entomologia.  
II. Título.

CDD 22. ed. 633.51

ANTÓNIO CHAMUENE

**IMPACTO DO ALGODÃO Bt-RR E FENOLOGIA DAS PLANTAS NOS  
FATORES CHAVE DE MORTALIDADE DE *Aphis gossypii***

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

APROVADA: 16 de julho de 2015.

---

Júlio Cláudio Martins

---

Mateus Chediak

---

Ana Ermelinda Marques

---

Gerson Adriano Silva

---

Marcelo Coutinho Picanço  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida, saúde, fé e sua presença permanente na minha vida.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-graduação em Entomologia, pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio na realização de pesquisa e jornadas científicas no Brasil.

Ao Ministério de Tecnologia de Moçambique (MCT) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) e ao Centro Zonal Nordeste (CZnd), por permitir o meu treinamento em nível de Doutorado.

Ao meu orientador professor Marcelo Coutinho Picanço, pela participação na minha formação, valiosos conselhos e orientação. Agradeço também à sua esposa Kátia e aos seus filhos Mayara, Luíza e Marcelo Filho, pela amizade, ajuda e bom convívio em Viçosa.

Ao co-orientador Paulo Geraldo Berger pela co-orientação científica e aos professores Raul Narciso Guedes, Ângelo Pallini, Madelaine Venzon, Terezinha Maria Castro Della Lucia, Paulo Sérgio Fiuza Ferreira, Simon Luke Elliot, Eliseu José Guedes Pereira e Carlos Frankl Sperber, e pelas valiosas experiências durante as sessões de aulas, que muito contribuíram durante a realização deste trabalho.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV: Gerson, Júlio, Renata, Vânia, Tarcísio, Ricardo, Mateus, Jander, Rodrigo, Jorgiane, Rogério, Paulo, Aelton, Tamiris, Mayara, Reginaldo, Dalton, Eliseu, Elenir, Izaílda, Júlia, Mirian, Tânia, Patrícia, Lucas, Vitor, João, Daiane, Eliete, Ana, Arthur, Álvaro, Márcio, Daniel, Letícia, Jhersyka, Jhulyana, Guilherme, Túlio e pela ajuda realização deste trabalho e pelo bom convívio e amizade.

À minha esposa Anchinha e aos meus filhos Sadique, Atija, Jaime e Jaqueline pelo amor, paciência e confiança em mim.

Aos meus pais Chamuene e Muanema por amor, educação, carinho e por me incentivar sempre a estudar.

Aos demais familiares e aos irmãos em Cristo pelo consolo e encorajamento em momentos adversos ao longo desses anos fora do País.

E, finalmente, a todos que contribuíram para realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

António Chamuene, filho de Chamuene Jamal e de Muanema Santique Mucussete, Natural de Angoche-Nampula, nascido em 17 de junho de 1970.

Em dezembro de 1989, concluiu o ensino médio geral na Escola Pré-Universitária 1º de Maio de Nampula em Moçambique.

No período de 1991 a 1996 formou-se em Engenheiro Agrônomo pelo Instituto Agrário de Kazaquistão na ex-União Soviética.

Em Novembro de 1997, após retornar ao País, ingressou-se ao então Instituto Nacional de Investigação Agronómica (INIA), atual Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) e foi afeto no Centro de Investigação e Multiplicação de Sementes de Algodão de Namialo, onde exerceu as atividades de pesquisa em manejo de integrado de pragas de culturas e de transferência de tecnologias agrárias, como formador de técnicos de extensão agrária e de produtores familiares em escolas na machamba do camponês em Moçambique.

Em fevereiro de 2005, ingressou-se no curso de Mestrado em Desenvolvimento Agrário, Opção de Produção e Proteção Vegetal, na Universidade Eduardo Mondlane em Maputo-Moçambique, tendo concluído este nível em novembro de 2007.

Em agosto de 2011, ingressou-se no curso de Doutorado em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa-MG no Brasil, tendo concluído com êxito os seus estudos em julho de 2015.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vi
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1. Fatores que afetam o ataque de insetos-praga aos cultivos.....	1
2. Uso de tabelas de vida ecológicas nos estudos de fatores que afetam o ataque de insetos-praga aos cultivos .....	3
3. Importância de <i>Aphis gossypii</i> e fatores que afetam o seu ataque ao algodoeiro .....	5
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
CAPÍTULO 1 .....	15
TABELAS DE VIDA ECOLÓGICAS DE <i>Aphis gossypii</i> NO ALGODOEIRO.....	15
RESUMO .....	15
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
2.1. Criação de <i>A. gossypii</i> .....	19
2.2. Instalação dos experimentos .....	19
2.3. Estabelecimento das coortes de <i>A. gossypii</i> .....	20
2.4. Avaliação dos fatores de mortalidade de <i>A. gossypii</i> .....	21
2.5. Construção e análise das tabelas de vida .....	22
3. RESULTADOS.....	24
3.1. Fatores de mortalidade de <i>A. gossypii</i> .....	24
3.2. Estádios críticos de mortalidade de <i>A. gossypii</i> .....	27
3.3. Fatores chave de mortalidade de <i>A. gossypii</i> .....	32
4. DISCUSSÃO.....	34
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
CAPÍTULO 2 .....	39
IMPACTO DAS FASES FENOLÓGICAS DAS PLANTAS E DO ALGODÃO Bt-RR NOS FATORES DE MORTALIDADE DE <i>Aphis gossypii</i> .....	39
RESUMO .....	39
ABSTRACT .....	40
1. INTRODUÇÃO.....	41
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1. Criação de <i>A. gossypii</i> .....	44
2.2. Condução dos experimentos .....	44
2.3. Avaliação dos fatores de mortalidade de <i>A. gossypii</i> .....	45
2.4. Análise dos dados.....	45
3. RESULTADOS.....	46
4. DISCUSSÃO.....	53
5. LITERATURA CITADA .....	57
CONCLUSÕES GERAIS .....	60

## RESUMO

CHAMUENE, António, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Impacto do algodão Bt-RR e fenologia das plantas nos fatores chave de mortalidade de *Aphis gossypii***. Orientador: Marcelo Coutinho Picanço. Coorientador: Paulo Geraldo Berger.

A fenologia das plantas e a introdução de novas cultivares podem afetar os fatores de mortalidade das pragas. Entre os genótipos mais utilizados nos cultivos de algodão (*Gossypium hirsutum*) estão as cultivares transgênicas com toxinas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (culturas Bt) e com resistência ao herbicida glifosato (culturas RR). A partir de 2008 tem aumentado a área de plantio de cultivares com essas duas características (algodão Bt-RR). O pulgão *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) é uma praga importante da cultura do algodão. Nos programas de manejo integrado de pragas é importante a determinação dos estádios críticos e dos fatores chave de mortalidade das pragas devido a eles regularem o tamanho das populações destes organismos. Entretanto, até o momento não existem estudos de determinação dos estádios críticos e fatores chave de mortalidade para *A. gossypii* e do impacto do algodão Bt-RR sobre estes fatores. Diante disso, esta tese teve por objetivos: (i) identificar e quantificar os fatores de mortalidade natural de *A. gossypii*, (ii) determinar os estádios críticos e os fatores chave de mortalidade para *A. gossypii* e (iii) determinar o impacto das fases fenológicas das plantas e do algodão Bt-RR nos fatores de mortalidade natural de *A. gossypii*. Para tanto, foi conduzida pesquisa de campo durante dois anos (2013 e 2014) em duas etapas. Na primeira etapa foram identificados e quantificados os fatores de mortalidade natural de *A. gossypii* em cultivo de algodão não transgênico usando tabelas de vida ecológicas. Na segunda etapa foram quantificados os fatores de mortalidade de *A. gossypii* em algodão Bt-RR e não transgênico nas fases vegetativa, floração e frutificação. O estágio crítico de mortalidade de *A. gossypii* foi ninfas, sobretudo, de primeiro e quarto ínstar. Os predadores, principalmente os Coleoptera: Coccinellidae, seguido pelas chuvas foram os fatores chave de mortalidades de *A. gossypii*. O algodão Bt-RR e não transgênico tiveram impacto semelhante sobre os fatores de mortalidade de *A. gossypii*. Em plantas em frutificação foi menor predação de *A. gossypii* do que em plantas nas fases vegetativa e floração. Em plantas em fase vegetativa a mortalidade de *A. gossypii* pelas chuvas foi maior do que em plantas em floração e frutificação. Nos períodos chuvosos foi menor a predação de *A. gossypii*.

## ABSTRACT

CHAMUENE, António, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Impact of Bt-RR cotton and plant phenology in the *Aphis gossypii* mortality key factors.** Adviser: Marcelo Coutinho Picanço. Co-adviser: Paulo Geraldo Berger.

The plant phenology and the introduction of new cultivars may affect the mortality factors of the pests. Among the genotypes used in cotton, crops (*Gossypium hirsutum*) are the transgenic cultivars with toxins from the bacterium *Bacillus thuringiensis* (Bt crops) and, with resistance to the herbicide glyphosate (RR crops). From 2008, it has increased the cultivars planted area with these two characteristics (Bt-RR cotton). The cotton aphid *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) is an important pest of cotton crop. In the integrated pest management programs, it is important to determine the critical stages and key factors of mortality of the pests because they regulate the populations size of these organisms. However, so far no studies that determine the critical stages and key factors of mortality for *A. gossypii* and the impact of Bt-RR cotton on these factors. Therefore, this thesis aimed to: (i) identify and quantify the natural mortality factors of *A. gossypii*, (ii) determine the critical stages and mortality key factors for *A. gossypii* and, (iii) determine the impact of plant phenological stages and Bt-RR cotton on the natural mortality factors of *A. gossypii*. Thus, were conducted a field research for two years (2013 and 2014) in two steps. In the first step identified and quantified the natural mortality factors of *A. gossypii* in non-transgenic cotton cultivar using ecological life tables. In the second step were quantified the mortality factors of *A. gossypii* in Bt-RR cotton and non-transgenic cotton at the vegetative, flowering and fruiting phenological stages. The critical mortality stage of *A. gossypii* was nymphs, mainly, the first and fourth instars. Predators, especially the Coleoptera: Coccinellidae, followed by rainfall were the key mortality factors of the *A. gossypii*. The Bt-RR cotton and non-transgenic cotton had a similar impact on the mortality factors of *A. gossypii*. The plants at fruiting stage the predation of *A. gossypii* was lower than at vegetative and flowering stages. At the vegetative plants stage the mortality of *A. gossypii* by rain was higher than at flowering and fruiting plant stages. During rainfall periods, the predation of *A. gossypii* was lower.

## INTRODUÇÃO GERAL

### 1. Fatores que afetam o ataque de insetos-praga aos cultivos

O ataque de insetos-praga aos cultivos é afetado por fatores bióticos e abióticos (Wallner 1987, Karban & Baldwin 2007, Kant et al. 2015). Dentre os principais fatores bióticos estão os inimigos naturais e a planta hospedeira (Karban & Baldwin 2007). Os elementos climáticos são os principais fatores abióticos que influenciam as populações de insetos herbívoros nos cultivos (Willmer 1982).

Os principais inimigos naturais dos insetos herbívoros são os predadores, parasitóides e entomopatógenos (Hajek 2004). Os predadores são, normalmente, generalistas e eles atacam, matam e podem se alimentam de várias presas durante seu ciclo de vida (Hajek et al. 2004). Os parasitóides são, geralmente, especialistas e eles matam apenas um inseto durante seu ciclo de vida (Stary et al. 2007). Os entomopatógenos são microrganismos que causam doenças aos insetos. Os principais entomopatógenos de insetos são fungos, bactérias, vírus e nematoides. Os fungos geralmente são os principais entomopatógenos de pulgões (Hajek 2004, Alves 2008).

A planta hospedeira tem grande influência sobre as populações dos insetos herbívoros (Schoonhoven 2005, Kant et al. 2015). As plantas possuem nutrientes, compostos de defesa e características morfológicas que afetam os insetos herbívoros (Bernays & Chapman 1994). As características das plantas variam em função da sua fase fenológica e de genótipos (Schoonhoven 2005). As plantas influenciam as populações de insetos herbívoros por afetar a sua reprodução, desenvolvimento, crescimento, mortalidade e comportamento (Karban & Baldwin 2007). Entre as mortalidades de insetos herbívoros

causadas pela planta hospedeira estão os distúrbios fisiológicos ocorridos durante as mudas desses insetos (Cornell & Hawkins 1995).

As características das plantas cultivadas variam, grandemente, em função do genótipo e da sua fase fenológica (Bernays & Chapman 1994, Schoonhoven 2005). Uma das maiores transformações feitas nas plantas cultivadas é a inserção de genes provenientes da bactéria *Bacillus thuringiensis* e que codificam a síntese de toxinas que conferem resistência a insetos praga e a herbicidas (Fitt & Wilson 2000). Estas plantas podem afetar de forma direta ou indireta populações de pragas alvo e não alvos (Hagenbucher et al. 2013). A fase fenológica das plantas pode afetar, também, as populações de insetos-praga e de seus inimigos naturais, já que as características das plantas variam ao longo do seu desenvolvimento (Schoonhoven et al. 2005).

Os elementos climáticos podem influenciar direta ou indiretamente o ataque de insetos às plantas. A influência direta ocorre quando os elementos climáticos interferem na oviposição, alimentação, crescimento, desenvolvimento, reprodução, sobrevivência e migração dos insetos (Willmer 1982). Já a influência indireta ocorre quando os elementos climáticos influenciam nas populações dos inimigos naturais e na planta hospedeira (Willmer 1982). Os principais elementos climáticos que afetam à dinâmica populacional dos insetos são a temperatura do ar, as chuvas e os ventos (Pereira et al. 2007, Semeão et al. 2012).

A temperatura do ar influencia a mortalidade, desenvolvimento, crescimento, reprodução e dispersão dos insetos (Willmer 1982). As populações dos insetos são muito influenciadas pela temperatura por serem organismos pecilotérmicos, ou seja, a temperatura do seu corpo varia em função da temperatura do ambiente. Altas temperaturas podem causar a morte

por dessecação, enquanto temperaturas baixas prolongam o ciclo de vida ou causam o seu congelamento (Campbell et al. 1974).

As chuvas podem influenciar as populações dos insetos por causarem mortalidades destes organismos e fornecerem água necessária para eles executarem suas funções vitais. Há relatos das chuvas causando morte de insetos devido ao impacto mecânico de suas gotas, afogamento ou derrubando-os ao solo (Pereira et al. 2007, Semeão et al. 2012). As chuvas, também, podem reduzir as populações de insetos por limitar sua movimentação, dificultando os encontros com seus parceiros sexuais (Bacca et al. 2006). As chuvas podem ter efeitos sobre insetos-praga por influenciarem o tamanho das populações de inimigos naturais (Semeão et al. 2012) e por causarem mudanças fisiológicas e bioquímicas na planta hospedeira (Hopkins & Memmott 2003, Semeão et al. 2012, Rosado et al. 2013).

Os ventos afetam a migração dos insetos, podendo transportá-los a grandes distancias, realizando a sua dispersão para novas áreas (Pereira et al. 2007, Rosado et al. 2013). Por outro lado, ventos fortes podem derrubar os insetos ao solo ou mesmo dificultar sua fixação nas plantas hospedeiras, causando a sua morte (Pereira et al. 2007, Semeão et al. 2012).

## **2. Uso de tabelas de vida ecológicas nos estudos de fatores que afetam o ataque de insetos-praga aos cultivos**

As tabelas de vida ecológicas são ferramentas muito úteis em programas de manejo integrado de pragas. Elas avaliam de forma qualitativa e quantitativa os fatores de mortalidade natural de uma população (Harcourt 1961, Naranjo & Ellsworth 2005). Além disto, as tabelas de vida ecológicas possibilitam a determinação dos estádios críticos e dos fatores chave de mortalidade de uma espécie. Os estádios críticos são aqueles que determinam

o tamanho das populações. Já, os fatores chave de mortalidade são aqueles mais importantes no estágio crítico de mortalidade (Morris 1963, Podoler & Rogers 1975).

Assim, as tabelas de vida ecológicas quantificam as mortalidades dos diferentes estádios e identificam suas causas em cada um dos estádios do indivíduo, determinando os fatores chave de mortalidade, responsáveis por boa parte das mudanças nas densidades populacionais ao longo das gerações (Varley & Gradwell 1960). Essas informações são extremamente importantes para o desenvolvimento de eficientes sistemas de manejo de pragas.

As tabelas de vida têm sido desenvolvidas para insetos (Morris & Miller 1954, Podoler & Rogers 1975, Cornell & Hawkins 1995) e suas análises fornecem contribuições sobre sua dinâmica e regulação populacional em sistemas ecológicos (Varley et al. 1973, Southwood & Reader 1976) e geram informações extremamente relevantes a respeito de uma espécie (Harcourt 1969, Varley et al. 1973, Silveira Neto et al. 1976).

Os estádios críticos e os fatores chave de mortalidade são determinados por meio de análises de correlação entre as mortalidades parciais ( $k$ ) e a mortalidade total ( $K$ ) (Varley et al. 1973). Adicionalmente a esta análise é utilizado o método gráfico (Varley et al. 1973). É considerado como estágio crítico de mortalidade aquele que apresentar correlação positiva ( $r > 0$ ) e significativa ( $P < 0,05$ ) com a mortalidade total ( $K$ ). Em caso de mais de um estágio apresentar correlação positiva e significativa, então são realizadas análises de regressão linear entre as mortalidades parciais destes estádios com a mortalidade total. Neste contexto, os estádios críticos mais importantes são aqueles que apresentarem maior inclinação (maior coeficiente angular). A diferença entre as inclinações é verificada pelo intervalo de confiança. Em seguida, são determinados os fatores chave de mortalidade somente para os

estádios críticos mais importantes através dos mesmos procedimentos utilizados para o estágio crítico de mortalidade (Podoler & Rogers 1975). Assim, a determinação do fator-chave permite a identificação dos fatores de mortalidade mais responsáveis pelas alterações na densidade populacional entre as gerações (Semeão et al. 2012, Rosado et al. 2013).

### **3. Importância de *Aphis gossypii* e fatores que afetam o seu ataque ao algodoeiro**

O pulgão *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) é uma praga cosmopolita e polífaga, que ataca mais de 90 espécies de plantas cultivadas e não cultivadas pertencentes a diversas famílias (Ebert & Cartwright 1997, Van Emden & Harrington 2007, Carletto et al. 2009). Essa praga ataca principalmente o algodoeiro, hortaliças e plantas ornamentais (Van Emden & Harrington 2007, CABI 2015). Devido a sua reprodução rápida, no início dos cultivos, esta praga pode causar grandes danos às plantas devido à sucção de seiva, introdução de toxinas, transmissão de vírus e contaminação de fibra por fumagina (Ebert & Cartwright 1997, Van Emden & Harrington 2007, Carletto et al. 2009).

A sucção de seiva causa retorcimento das plantas e redução do seu crescimento. A movimentação dos insetos entre as plantas pode levar a transmissão de vírus e outros fitopatógenos. As excreções açucaradas (*honeydew*) desse pulgão servem de alimento para fungos (fumagina), que cobre a superfície das plantas reduzindo, assim, a fotossíntese (Gullan & Cranston 2014). Na fase de aparecimento dos capulhos, estas excreções açucaradas e a fumagina depreciam a fibra, afetando sua utilização industrial (Van Emden & Harrington 2007, Elégbédén et al. 2014).

Antes da década de 1970 *A. gossypii* era considerado uma praga secundária da cultura do algodão. Porém, a partir desse período este inseto tem sido considerado como uma das principais pragas mais importantes da cultura do algodoeiro no mundo inteiro (Slosser et al. 2004). Isto ocorreu devido ao aumento da intensidade de ataque desta praga nos cultivos e da sua importância como vetor de doenças viróticas (Slosser et al. 2004, Giroto et al. 2013). O aumento da intensidade de ataque do *A. gossypii* aos cultivos de algodão se deve ao uso inadequado de inseticidas o que causa impacto negativo sobre as populações de inimigos naturais dessa praga (Talebi et al. 2008). Já o aumento da importância de *A. gossypii* como vetor de viroses se deve ao cultivo de variedades de algodão altamente produtivas e de boa qualidade de fibra, não obstante, mais suscetíveis a estes fitopatógenos (Giroto et al. 2013).

O ciclo de vida de *A. gossypii* é rápido, com duração de 15 dias, em temperaturas de 25-27°C. Nestas condições cada fêmea pode parir quatro ninfas por dia, tendo um total de 75 ninfas (Ebert & Cartwright 1997). Na faixa de temperaturas de 27-28°C, o seu ciclo de vida tem duração de desenvolvimento de estágio ninfal ao adulto em 5,04 dias em média. Os adultos medem cerca de 1-2 mm de comprimento e cor verde escura a preto. As ninfas são amarelo-claras e passam por quatro instares. A parte posterior do abdome é escurecida e mais pálida que os sífúnculos (Ebert & Cartwright 1997). Apresentam policromismo, ou seja, sua coloração varia de verde escuro ao amarelo-claro, em função da fonte de alimento, de densidade populacional e de temperatura. Em altas infestações e temperaturas elevadas eles têm menor tamanho e tomam a cor amarelo-pálida. Os sífúnculos são escuros em relação à cauda. Os indivíduos alados são os responsáveis pela dispersão da espécie. Eles surgem quando a densidade do inseto é alta em situações de estresse,

como falta de alimento e variações de temperatura (Van Emden & Harrington 2007).

O seu ciclo de vida é afetado por fatores como temperatura e planta hospedeira (Ebert & Cartwright 1997). No clima tropical ocorre reprodução por partenogênese produzindo somente fêmeas vivíparas aladas e ápteras. Já nas regiões temperadas, no final do outono e começo do inverno, as fêmeas deixam de se reproduzir por partenogênese e ocorre a reprodução bissexuada, dando origem a machos e fêmeas ovíparas (Van Emden & Harrington 2007). Nas outras estações são produzidas fêmeas por partenogêneses.

Os pulgões como o *A. gossypii* possuem relações específicas com as suas plantas hospedeiras. Existe uma sincronia entre o ciclo biológico do inseto e a busca e exploração de suas plantas hospedeiras (Schoonhoven et al. 2005). Esta espécie apresenta adaptação a diferentes espécies de plantas, como o algodoeiro, melão, melancia, pimenta, pepino, batata, cajueiro, tomate e plantas ornamentais (Carletto et al. 2009, CABI 2015). Também apresenta maior grau de especialização dos tecidos de plantas hospedeiras para se alimentar, principalmente, a partir do mesófilo foliar. Para tanto, este inseto apresenta adaptações morfológicas e fisiológicas associadas com o seu modo particular de alimentação em plantas que, ao mesmo tempo, são espécies hospedeiras específicas (Van Emden & Harrington 2007, Gullan & Cranston 2014).

Este inseto utiliza seus estiletes para sondagens na superfície da folha, combinando com a segregação de saliva aquosa para dissolver substâncias químicas e inibir líquidos nessa superfície da folha. Desta forma, o *A. gossypii* consegue determinar as características físicas e verificar, simultaneamente, as defesas químicas da planta (Carletto et al. 2009, Gullan & Cranston 2014). Esse comportamento lhe permite detectar as diferenças no teor de carboidratos

da parede celular, ceras epicuticulares e presença ou ausência de metabólitos secundários para determinar se o hospedeiro é ou não adequado para exploração. Se a planta é inadequada, os adultos alados partem em busca de outro local ou hospedeiro mais adequado (Schoonhoven et al. 2005). Contudo, as relações de *A. gossypii* com seus hospedeiros parecem estar mais relacionadas com a quantidade de aminoácidos circulantes no floema, os quais são dependentes da quantidade de nitrogênio disponível à planta (Kirchner et al. 2013). Portanto, a qualidade da planta hospedeira é essencial para a sobrevivência de *A. gossypii*, sendo a composição química da seiva, característica da superfície do local de alimentação e anatomia da planta os principais elementos de referências para o ataque deste inseto (Schoonhoven et al. 2005, Carletto et al. 2009).

*A. gossypii* possui modificações na estrutura básica das suas peças bucais em estiletos, que lhes permitem contornar as estratégias defensivas da planta para se alimentar seletivamente de partes ricas em nutrientes no floema por longo período de tempo (Schoonhoven et al. 2005, Gullan & Cranston 2014). A seiva do floema do algodoeiro contém muita a sacarose, maior parte da qual é ingerida e, depois, convertida em oligossacarídeos pelo *A. gossypii* (Carletto et al. 2009). Portanto, o algodoeiro é uma das principais plantas hospedeiras com maior influência no desempenho biológico de *A. gossypii* (Ebert & Cartwright 1997, Carletto et al. 2009, Elégbédén et al. 2014).

Os principais fatores que influenciam o ataque de *A. gossypii* ao algodoeiro são os inimigos naturais, os elementos climáticos e a planta hospedeira (Van Emden & Harrington 2007).

Os inimigos naturais ou agentes de controle biológico, tais como predadores, parasitoides e entomopatógenos, são responsáveis pela mortalidade natural no agroecossistema e, conseqüentemente, pelo nível de

equilíbrio das pragas (Debach 1974, Hajek 2004). Os principais predadores de *A. gossypii* são as joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae), larvas de sirfídeos (Diptera: Syrphidae), larvas de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae), percevejos predadores (Hemiptera: Anthocoridae) e aranhas (Araneae: Araneidae) (Hajek 2004). Os parasitóides mais encontrados parasitando o *A. gossypii* são vespas das famílias Braconidae e Aphelinidae. Na Família Braconidae as espécies mais importantes são *Aphidius colemani*, *ervi*, *matricariae*, *rosae*; *Aphelinus gossypii* e *Lysiphlebus testaceipes*. Na família Aphelinidae, as espécies mais frequentes são *Aphytis maculicornis*, *Aphytis melinus* e *Centrodoras* sp. (Starý et al. 2007). Entre os fungos entomopatogênicos, as espécies mais comuns são *Neozygites frenesii*, *Entomophthora* sp., *Metarhizium anisopliae* e *Lecanicillium* sp. (Alves 2008).

Os elementos climáticos como chuva, temperatura e vento atuam como importantes fatores de mortalidades de insetos nos agroecossistemas (Campbell et al. 1974, Pereira et al. 2007, Semeão et al. 2012) por interferirem na sua oviposição, alimentação, crescimento, desenvolvimento, reprodução e migração (Wallner 1987, Hopkins & Memmott 2003). A chuva pode causar a morte do inseto por meio de danos mecânicos causados pelo impacto das gotas e por afogamento (Bacca et al. 2006, Pereira et al. 2007). A temperatura pode interferir no metabolismo dos insetos (Campbell et al. 1974, Gullan & Cranston 2014). Temperaturas altas podem causar morte por dessecação, enquanto temperaturas baixas podem prolongar o ciclo de vida ou causar o seu congelamento (Van Emden & Harrington 2007). O vento pode transportar os insetos a grandes distâncias, realizando a sua dispersão para novas áreas e podem causar mortalidades ao derruba-los das plantas (Pereira et al. 2007). Os elementos climáticos têm influência sobre as populações dos inimigos naturais (Semeão et al. 2012) e sobre as estruturas fisiológicas e bioquímicas na planta

hospedeira, afetando indiretamente as densidades populacionais de insetos herbívoros (Schoonhoven et al. 2005, Van Emden & Harrington 2007).

A planta hospedeira exerce influência no ataque de insetos herbívoros. Os compostos de metabolismo secundário, tais como terpenos, compostos fenólicos e alcaloides desempenham importante papel de defesa da planta contra o ataque de herbívoros (Schoonhoven et al. 2005). A presença de características físicas como tricomas glandulares e de características químicas, como compostos de defesa nas plantas tornam as mais resistentes contra a herbivoria e patógenos (Bernays & Chapman 1994). Em algodão, muitos estudos têm relacionado à indução de metabólitos secundários com a redução da herbivoria (Powel et al. 2006). Cultivares de algodão com alto teor de gossipol e outros terpenóides afetam negativamente o desenvolvimento, comportamento, reprodução e sobrevivência dos insetos (Elégbédén et al. 2014).

Estádios fenológicos da planta hospedeira exercem influência sobre o ataque de insetos herbívoros (Kirchner et al. 2013). A idade fisiológica da planta envolve o aumento de biomassa, mudanças estruturais na planta, na alocação de alocação de nutrientes e de defesas entre partes vegetativas e reprodutivas ou entre folhas novas e velhas (Bernays & Chapman 1994). Essas variações têm influência na variação temporal e espacial da qualidade da planta como recurso alimentar do inseto (Schoonhoven et al. 2005) e na composição de aleloquímicos com efeitos sobre o desempenho biológico, a mobilidade e comportamento de insetos (Carletto et al. 2009).

Por outro lado, as variedades geneticamente modificadas de algodoeiro, que produzem proteínas Cry derivadas do *Bacillus thuringiensis* (Bt) são resistentes aos principais lepidópteros praga (Wu et al. 2008). Entretanto, nessas variedades são relatados vários casos de aumento de populações de

insetos sugadores. O aumento de ataque de sugadores ao algodão transgênico (Bt) pode estar relacionado com as mudanças em compostos químicos ou morfológicos das plantas, que interferem na atração ou repelência desses insetos (Hagenbucher et al. 2013).

Contudo, ainda não há estudos relatando a determinação de estádios críticos e fatores chave de mortalidades para *A. gossypii*. Assim, estudos sobre os principais fatores de mortalidade natural desta praga em campo, podem gerar informações que possibilitem o entendimento das relações entre a praga e a planta hospedeira juntamente com os seus inimigos naturais e elementos climáticos. Essas informações são importantes para desenvolvimento de programas de manejo integrado mais eficientes de *A. gossypii* na cultura do algodoeiro.

Nesse contexto, esta tese teve como objetivo determinar impacto do algodão Bt-RR e fases fenológicas das plantas nos fatores chave de mortalidade de *A. gossypii*. No primeiro capítulo da tese foram determinados os estádios críticos e os fatores chave de mortalidade de *A. gossypii* em algodão não transgênico usando tabelas de vida ecológicas. No segundo capítulo foi avaliado o impacto dos estádios fenológicos das plantas e do algodão Bt-RR sobre os fatores de mortalidade natural de *A. gossypii*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves S.B. **Controle microbiano de insetos**. 2ed., Piracicaba: FEALQ, 2008.
- Bacca T., Lima E.R., Picanço M.C., Guedes R.N.C., Viana J.H.N. Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the Coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 119: 39-45, 2006.
- Bernays E.A., Chapman R.F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman and Hall, 312p, 1994.
- CABI. **Crop protection compendium**. Disponível em: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/6204>. Acessado em 22/06/2015
- Campbell A., Frazer B.D., Gilbert N., Gutierrez A.P., Mackauer M. Temperature requirements of some aphids and their parasites. **Journal of Applied Ecology** 11: 431-438, 1974.
- Carletto J., Lombart E., Chavigny P., Brevault T., Lapchin L., Vanlerberghe-Masutti F. Ecological specialization of the aphid *Aphis gossypii* Glover on cultivated host plants. **Molecular Ecology** 18: 2198-2212, 2009.
- Cornell H.V., Hawkins B.A. Survival patterns and mortality sources of herbivorous insects: some demographic trends. **The American Naturalist** 145: 563-593, 1995.
- Debach P. **Biological Control by Natural Enemies**. Cambridge University Press, 323p, 1974.
- Ebert T.A., Cartwright B. Biology and ecology of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). **Southwest Entomology** 22: 116-153, 1997.
- Elégbédén M.T., Glitho I.A., Akogbéto M., Dannon E.A., Mehinto J.T., Kpindou O.K.D., Tamò M. Influence of cotton plant on development of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science** 4: 40-46, 2014.
- Fitt G.P., Wilson, L.J. **Genetic engineering in IPM: Bt cotton**. In Emerging Technologies for Integrated Pest Management: Concepts, Research and Implementation; Kennedy G.G., Sutton T.B., Eds., APS Press: St. Paul, MN, 108-125, 2000.
- Giroto L., Marangoni M.S., Matos J.N., Galbieri R., Almeida W.P., Mehta, Y.R. Identification of phenotypic and genotypic variability among the isolates of *Ramularia areola* of Brazilian Cotton. **American Journal of Plant Sciences** 4: 1893-1898, 2013.
- Gullan P.J., Cranston P.S. **The Insects: An Outline of Entomology** 5th Edition, 624p, 2014.

Hagenbucher S., Wäckers F.L., Wettstein F.E., Olson D.M., Ruberson J.R., Romeis J. Pest tradeoffs in technology: Reduced damage by caterpillars in Bt cotton benefits aphids. **Proceedings of the Royal Society B** 280: 1-9, 2013.

Hajek A. **Natural Enemies**. An Introduction to Biological Control. Cambridge University Press, Cambridge, 378p, 2004.

Harcourt D.G. The development and use of life tables in study of natural insect populations. **Annual Review of Entomology** 14: 22p, 1969.

Harcourt D.G. The development and use of life tables in the study of natural insect populations. **Annual Review of Entomology** 6: 175-196, 1961.

Hopkins G.W., Memmott J. Seasonality of a tropical leafmining moth: leaf availability versus enemy-free space. *Ecological Entomology* 28: 687-693. 2003.

Kant M.R, Jonckheere W., Knecht B., Lemos F., Liu J., Schimmel B.C.J., Villarroel C.A., Ataide L.M.S., Dermauw W., Glas J.J., Egas M., Janssen A., Van Leeuwen T., Schuurink R.C., Sabelis M.W., Alba J.M. Mechanisms and ecological consequences of plant defence induction and suppression in herbivore communities. **Annals of Botany** 115: 1015-1051, 2015.

Karban R., Baldwin I.T. Induced responses to herbivory. University of Chicago Press, Chicago. **Plant Journal** 52: 374-381, 2007.

Kirchner S.M., Hiltunen L., Doring T.F, Viratanen E., Palohuhta J.P.; Valkonen N.D., Jari P.T. Seasonal Phenology and Species Composition of the Aphid Fauna in a Northern Crop Production Area. **PLoS ONE** 8: 1-12, 2013.

Morris R.F. Miller C.A. The development of life tables for the spruce budworm. **Canadian Journal of Zoology** 32: 283-301, 1954.

Morris R.F. Predictive population equations based on key factors. **Memoirs of the Entomological Society of Canada** 32: 16-21, 1963.

Naranjo S.E., Ellsworth P.C. Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 116: 93-108, 2005.

Pereira E.J.G., Picanço M.C., Bacci L., Lucia T.M.C.D.; Silve É.M.; Fernandes, F. L. Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. **Biocontrol Science and Technology** 17: 441-455, 2007.

Podoler H., Rogers D. New method for identification of key factors from life-table data. **Journal of Animal Ecology** 44: 114p, 1975.

Powell G., Tosh C.R., Hardie J. Host plant selection by aphids: behavioral, evolutionary, and applied perspectives. **Annu Rev Entomol.** 51: 309-330. 2006.

Rabinovich J.E. **Ecología de poblaciones animales**. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, 114p, 1978.

Rosado J.F., Bacii L., Martins J.C., Silva, G.A., Gontijo L.M., Picanço M.C. Natural biological control of green scale (Hemiptera: Coccidae): A field life table study. **Biocontrol Science and Technology** 1: 1-21, 2013.]

Ruesink W.G., Onstad D.W. **Systems analysis and modeling in pest management**. In: Metcalf R.L., Luckmann W.H. (Ed.). Introduction to insect pest management. 3ed. New York: John Wiley 393-419, 1994.

Schoonhoven L.M., Van Loon J.J.A., Dike M. **Insect-plant biology**, 2ed., Oxford University, 421p, 2005.

Semeão A.A., Martins J.C., Picanço M.C., Bruckner C.H., Bacci L., Rosado J.F. Life tables for the guava psyllid *Triozyda limbata* in southeastern Brazil. **BioControl** 57: 779-788, 2012.

Silveira Neto S., Nakano O., Barbin D., Villa Nova N.A. **Manual de Ecologia dos Insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 419p, 1976.

Slosser J.E.M., Parajulee D., Hendrix T., Pinchak W. Cotton aphid (Homoptera: Aphididae) abundance in relation to cotton leaf sugars. **Environ. Entomol.** 33: 690-699, 2004

Southwood T.R.E., Reader P.M. Population census data and key factor analysis for the viburnum whitefly, *Aleurotrachelus jelinekii*, on three bushes. **Journal of Animal Ecology** 45: 313-325, 1976.

Stary P., Sampaio M.V., Bueno V.H.P. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. **Rev. Bras. Entomol.** 51: 107-118, 2007.

Talebi K., Kavousi A., Sabahi Q. Impacts of pesticides on arthropod biological control agents. **Pest Technology** 2: 87-97, 2008.

Van Emden H.F., Harrington R. **Aphids as crop pests**. London: CABI, 717p, 2007.

Varley G.C., Gradwell G.R. Hassell M.P. **Insect Population Ecology: An Analytical Approach**. London: Blackwell Scientific Publications, 212p, 1973.

Wallner W.E. Factors affecting insect population dynamics: differences between outbreak and non outbreak species. **Annual Review of Entomology** 32: 317-340, 1987.

Willmer P.G. Microclimate and the environmental physiology of insects. **Advances in Insect Physiology** 16: 1-57, 1982.

Wu K.M., Lu Y.H., Feng H.Q., Jiang, Y.Y., Zhao J.Z. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton. **Science** 321: 1676-1678, 2008.

## CAPÍTULO 1

### TABELAS DE VIDA ECOLÓGICAS DE *Aphis gossypii* NO ALGODOEIRO

#### RESUMO

As tabelas de vida ecológicas são ferramentas utilizadas nos estudos de dinâmica populacional de artrópodes pragas. Elas avaliam de forma quantitativa e qualitativa os fatores de mortalidade natural e determinam os estádios e fatores chave de mortalidade, os quais regulam a intensidade de ataque da praga à cultura. O pulgão *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) é uma praga importante na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). Assim, este trabalho teve como objetivos determinar os fatores de mortalidade natural de *A. gossypii* e os estádios críticos e os fatores chave de mortalidade desta praga no algodoeiro. Para tanto, foi avaliado os fatores de mortalidade natural de *A. gossypii* durante dois anos (2013 e 2014) em cultivo de algodão não transgênico em plantas nas fases vegetativa, floração e frutificação. A mortalidade total de *A. gossypii* variou de 77,88 a 94,31% nas plantas em floração do primeiro ao segundo anos. Os fatores de mortalidade foram predação, chuvas e parasitismo. Os predadores foram larvas e adultos de Coccinellidae, larvas de Syrphidae, larvas de Chrysopidae; ninfas e adultos de Anthocoridae e Araneidae. Os parasitóides foram os Braconidae e Aphelinidae. As ninfas foram o estágio crítico de mortalidade de *A. gossypii* em todas as situações, com exceção de plantas em floração no 2º ano. Os fatores chave de mortalidade de *A. gossypii* foram a predação e as chuvas. Portanto, o tamanho da população desta praga pode ser regulado pelas mortalidades de ninfas de primeiro e quarto ínstars.

**Palavras-chave:** *Aphis gossypii*, estágio crítico de mortalidade, fator chave de mortalidade, controle biológico, predação, chuvas.

## CHAPTER 1: ECOLOGICAL LIFE TABLES of *Aphis gossypii* IN COTTON

### ABSTRACT

The ecological life tables are useful tools used in the studies of the population dynamics of arthropod pests. They quantitatively and qualitatively evaluate the natural mortality factors and, determine the mortality stages and key factors, which regulate the intensity of pest attack on crop. The aphid *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) is an important pest of the cotton (*Gossypium hirsutum*). This work aimed to determine the natural mortality factors of *A. gossypii* and, the mortality critical stages and key factors of this cotton pest. Therefore, were evaluated the natural mortality factors of *A. gossypii* for two years (2013 and 2014) in non-transgenic cotton crop of plants at the vegetative, flowering and fruiting stages. The total mortality of *A. gossypii* ranged from 77.88 to 94.31% of plants at flowering stage for the first and second years. The mortality factors were predation, rainfall and parasitism. The predators were Coccinellidae larvae and adults, Syrphidae larvae, the larvae Chrysopidae; Anthocoridae nymphs and adults, and Araneidae. The parasitoids were the Braconidae and Aphelinidae. The nymphs were mortality critical stage of *A. gossypii* in all cases, except of plants at flowering in the second year. The key mortality factors of *A. gossypii* were predation and rainfall. Thus, the population size of this pest can be regulated by the mortality of first and fourth instars nymph.

**Keywords:** *Aphis gossypii*, critical stage of mortality, key mortality factor, biological control, predation, rainfall.

## 1. INTRODUÇÃO

As tabelas de vida ecológicas representam uma maneira sintética numericamente as mortalidades específicas por idade de uma espécie (Podoler & Rogers 1975, Rabinovich 1978) e são úteis para a compreensão da dinâmica populacional de uma espécie (Semeão et al. 2012ab, Rosado et al. 2014). Essa ferramenta permite quantificar as mortalidades e identificar as suas causas para cada estágio de vida do indivíduo (Varley et al. 1973).

As tabelas de vida ecológicas são obtidas em condições de campo, por meio de amostragens de todas as fases de desenvolvimento do inseto (Semeão et al. 2012ab, Rosado et al. 2014). As informações geradas nas tabelas de vida são importantes para a elaboração de programas de manejo integrado de pragas por determinar os fatores naturais que regulam a dinâmica populacional dos insetos nos agroecossistemas (Rabinovich 1978, Picanço 2000).

A dinâmica populacional dos insetos, em condições naturais, é determinada pela sua interação com os fatores bióticos e abióticos. Dentre esses fatores destacam-se os inimigos naturais, os elementos climáticos e características da planta hospedeira. A determinação destes fatores e a quantificação da intensidade de atuação deles sobre as populações de organismos praga permite que ações para seu controle sejam maximizadas nos agroecossistemas (Picanço et al. 2000, Semeão et al. 2012ab). Neste sentido, a construção de tabelas de vida ecológicas possibilita a avaliação quantitativa e qualitativa desses fatores sobre os organismos (Harcourt 1969, Podoler & Rogers 1975).

A identificação e quantificação das causas de mortalidade possibilitam a determinação dos estádios críticos e os fatores chave de mortalidade do organismo em estudo. O estágio crítico de mortalidade é aquele que determina o tamanho da população, enquanto que o fator chave de mortalidade é aquele que causa maior mortalidade relativa dentro do estágio crítico (Morris 1963, Harcourt 1969, Varley et al. 1973, Podoler & Rogers 1975, Rabinovich 1978).

*Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) é o pulgão-praga mais importante, que ataca a cultura do algodoeiro, *Gossypium hirsutum* L. (Malvales: Malvaceae). Este inseto causa sérios prejuízos econômicos ao algodoeiro devido a redução capacidade produtiva, mortalidade de plantas e depreciação da qualidade de fibras (Michelotto & Busoli 2006, Van Emden & Harrington 2007, Furtado et al. 2009). Os prejuízos advêm da sucção de seiva, injeção de toxinas e transmissão de viroses (mosaico das nervuras e vermelhão do algodoeiro) às plantas (Corrêa et al. 2005), como consequência a perda de produção pode ser superior a 40% (Van Emden & Harrington 2007).

Os adultos de *A. gossypii* medem cerca de 1 mm, são de coloração verde escura a preto, enquanto as ninfas são de coloração amarelo-clara e passam por quatro ínstares (Xia et al. 1999, Van Emden & Harrington 2007). O ciclo de vida dos pulgões é bastante rápido, com duração média de 15 dias em temperaturas em torno de 25-27°C. Nestas condições, cada fêmea pode dar origem a cerca de 70-80 ninfas, com média de quatro descendentes por dia (Van Emden & Harrington 2007).

As características da planta variam em função da sua fase fenológica. As características morfológicas, químicas e bioquímicas das plantas e os fatores climáticos podem afetar o desempenho biológico dos insetos herbívoros e os fatores de mortalidade natural destes organismos.

Assim, este capítulo teve por objetivo identificar e quantificar os fatores de mortalidade natural de *A. gossypii* e determinar os estádios críticos e os fatores chave de mortalidade desta praga na cultura do algodão não transgênico.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Criação de *A. gossypii***

Para estabelecimento da criação foram coletadas colônias de *A. gossypii* em lavouras comerciais de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.) na região de Viçosa, MG. Os indivíduos de *A. gossypii* utilizados nos experimentos foram obtidos da criação mantida no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV. Para a criação, os insetos foram mantidos em plantas de algodão para manutenção e alimentação. Na sala de criação a temperatura do ar foi de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $75 \pm 5\%$  e fotoperíodo de 12 horas. As plantas utilizadas na criação foram cultivadas em vasos de 10 litros de acordo com Freire (2007) sem a aplicação de pesticidas.

### **2.2. Instalação dos experimentos**

As tabelas de vida foram conduzidas em uma em área de 600 m<sup>2</sup> na Estação Experimental Diogo Alves de Melo do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG (20°48'45''S, 42°56'15''W, altitude 600m). Foi utilizada variedade de algodão não transgênica FM910 descrita por Beltrão et al. (2008).

Os fatores em estudo foram anos de cultivo (dois anos) e estádios das plantas (vegetativo, floração e frutificação). Os cultivos foram realizados

durante dois anos. No primeiro ano o cultivo foi realizado de 08/01/2013 até 12/05/2013. No segundo ano o cultivo foi realizado de 20/01 a 02/06/2014. O espaçamento usado foi de 0,2 m x 1m e durante os cultivos foram empregadas práticas culturais segundo Freire (2007) sem aplicação de pesticidas.

Em cada um dos dois anos de cultivo foram estabelecidas tabelas de vida ecológicas para *A. gossypii* em três estádios fenológicos do algodoeiro: vegetativo, floração e frutificação. Para a montagem das tabelas de vida ecológicas foram estabelecidas coortes de *A. gossypii* (conjuntos de indivíduos nascidos em uma mesma data) em plantas de algodão.

### **2.3. Estabelecimento das coortes de *A. gossypii***

As coortes foram estabelecidas com 100 ninfas de primeiro ínstar por planta considerada de parcela experimenta. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 12 repetições. Cada repetição foi constituída por uma planta de algodão contendo uma coorte de *A. gossypii*. As plantas foram selecionadas aleatoriamente e cada coorte foi constituída por 100 ninfas de primeiro ínstar de *A. gossypii*.

Antes do estabelecimento das coortes foi realizada a assepsia nas plantas usadas nos experimentos para retirada dos pulgões existentes. Para o estabelecimento das coortes de *A. gossypii* um dia antes do início dos experimentos 100 fêmeas ápteras adultas, tinham sido transferidas para uma planta do algodoeiro com auxílio de pincel. As fêmeas estavam colocadas em cinco folhas do terço mediano do dossel das plantas de algodão. Após 24 horas, as fêmeas foram removidas, deixando-se em cada planta 100 ninfas de

primeiro ínstar paridas pelas fêmeas. Se uma planta possuísse mais de 100 ninfas, os indivíduos em excesso eram removidos.

Durante um ciclo de vida de *A. gossypii* foram monitoradas as causas de mortalidade natural deste inseto. Devido a mobilidade dos pulgões no monitoramento era efetuado em toda planta experimental.

#### **2.4. Avaliação dos fatores de mortalidade de *A. gossypii***

Os fatores de mortalidade de *A. gossypii* foram monitorados desde o primeiro até as fêmeas adultas entrarem em reprodução. Portanto, logo que cada fêmea parisse a primeira ninfa, esta era removida da planta, pois não fazia parte da coorte estabelecida. As causas de mortalidade em cada estágio de desenvolvimento do pulgão foram monitoradas diariamente em cada parcela experimental. Durante as avaliações eram anotados a quantidade de pulgões mortos, a causa de mortalidade e o estágio em que o pulgão foi morto.

Os pulgões que desapareceram logo após uma chuva, foram chuva foram considerados mortos por esse fator. A mortalidade dos pulgões por predação foi determinada por meio da observação dos predadores predando os pulgões. Também foram considerados mortos por predação os pulgões desaparecidos das plantas na ausência de chuvas. Além disso, em outras plantas, os predadores observados foram coletados, montados e enviados para Sistematas especialista para identificação.

Os pulgões mumificados foram considerados mortos por parasitóides (Kavallieratos et al. 2006, Sunil & Poorani 2015). Para identificação das espécies dos parasitóides os pulgões mumificados foram removidos da planta

e colocados em tubo de Eppendorf de 1,5 mL. Os tubos de Eppendorf foram levados para laboratório e monitorados diariamente até que o parasitóide emergisse do pulgão. Os adultos dos parasitóides emergidos foram separados por morfoespécie, mantidos em álcool 70% e enviados para Sistematas especialista para identificação.

## **2.5. Construção e análise das tabelas de vida**

As tabelas de vida ecológicas foram construídas conforme Semeão et al. (2012ab) e Rosado et al. (2014). Foi confeccionada uma tabela de vida para cada parcela experimental em cada fase fenológica das plantas por ano de cultivo. No total, foram confeccionadas 72 tabelas de vida, incluindo doze repetições, três fases fenológicas das plantas e dois anos de cultivo. Estas tabelas foram constituídas das seguintes variáveis:  $x$  = estágio do ciclo de vida de *A. gossypii* (ninfas de 1º ínstar, 2º ínstar, 3º ínstar e 4º ínstar) e adultos (iniciais e reprodutivos). Adultos iniciais são aqueles que chegaram no estágio adultos pré-reprodutivos, enquanto que, adultos reprodutivos são os que chegam a parir ninfas.  $dx_F$  = fator de mortalidade (predação, parasitismo e chuvas),  $L_x$  = número de insetos vivos no início de cada estágio,  $dx$  = número de insetos mortos num estágio ou mortos por um fator neste estágio e  $100q_x$  = mortalidade (%), onde  $100q_x = 100 dx/L_x$ . Foram representadas duas tabelas de vida ecológicas médias de *A. gossypii* para cada ano de cultivo de algodão.

A verificação dos efeitos dos estádios fenológicos e dos anos foi feita análise de variância, seguida da separação das médias pelo teste de Tukey ( $P < 0, 05$ ).

Para determinação do estágio crítico de mortalidade de *A. gossypii*, inicialmente, foram calculados os valores dos fatores de mortalidade parcial ( $k$ ) e dos fatores de mortalidade total ( $K$ ), onde  $K = \sum (k)$ . Nestes cálculos foram usadas as seguintes fórmulas:  $k = \log (L_x) - \log (L_{x+1})$ , onde  $x$  = o estágio em análise e  $x+1$  = estágio seguinte do ciclo de vida de *A. gossypii*. Os estágios críticos e os fatores chave de mortalidade foram identificados por meio de análises de correlação entre as mortalidades parciais ( $k$ ) e a mortalidade total ( $K$ ) (Varley et al. 1973). Foi considerado como estágio crítico de mortalidade aquele que apresentou correlação positiva e significativa ( $P < 0,05$ ) com a mortalidade total. Quando mais de um estágio apresentou correlação positiva e significativa, foram realizadas análises de regressão linear entre as mortalidades parciais destes estágios com a mortalidade total. O estágio crítico de mortalidade é aquele que apresenta curva de mortalidade com maior coeficiente angular. A verificação se os coeficientes angulares das curvas eram significativamente diferentes foi feita usando as médias e os erros padrões desta característica (Podoler & Rogers 1975, Semeão et al. 2012, Rosado et al. 2014).

Se no estágio crítico existisse apenas uma causa de mortalidade de *A. gossypii*, esta causa foi considerada o fator chave de mortalidade nesta situação. Quando no estágio crítico existisse mais de uma causa de mortalidade de *A. gossypii*, a determinação do fator chave foi realizada de forma semelhante à descrita para a determinação do estágio crítico (Varley et al. 1973, Podoler & Rogers 1975, Semeão et al. 2012ab, Rosado et al. 2014).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Fatores de mortalidade de *A. gossypii*

Foi verificado efeito significativo da fenologia das plantas ( $F_{2; 33} = 6,19$ ;  $P = 0,0052$ ), ano de cultivo do algodoeiro ( $F_{1; 33} = 22,36$ ;  $P < 0,0001$ ) e a interação entre fenologia das plantas versus ano de cultivo ( $F_{2; 33} = 9,97$ ;  $P = 0,0004$ ) na mortalidade total de *A. gossypii*.

A mortalidade durante todo o ciclo de vida de *A. gossypii* variou de 77,88 a 94,31% (plantas em floração no primeiro e segundo ano, respectivamente). Os fatores de mortalidade observados foram predação, chuvas e parasitismo (Tabelas 1 e 2). Os predadores observados encontrados foram joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae), larvas de sirfideos (Diptera: Syrphidae), larvas de *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae), ninfas e adultos de percevejos predadores (Hemiptera: Anthocoridae) e aranhas (Araneae: Araneidae). Os parasitóides observados foram vespas (Hymenoptera: Braconidae e Aphelinidae).

**Tabela 1.** Tabelas de vida ecológicas para *Aphis gossypii* em plantas de algodoeiro nas fases vegetativa, floração e frutificação no primeiro ano de cultivo.

x/dxF	Plantas em fase vegetativa			Plantas em floração			Plantas em frutificação		
	Lx	dx	100qx	Lx	dx	100qx	Lx	dx	100qx
Ninfas de 1º instar	100,00 ± 0,00	20,92 ± 1,66	20,92	100,00 ± 0,00	28,31 ± 5,80	28,31	100,00 ± 0,00	29,75 ± 6,22	29,75
Predação		20,92 ± 1,66	20,92		28,31 ± 5,80	28,31		29,75 ± 6,22	29,75
Chuvas		0,00 ± 0,00	0,00		0,00 ± 0,00	0,00		0,00 ± 0,00	0,00
Ninfas de 2º instar	79,08 ± 1,66	23,51 ± 2,22	29,73	71,69 ± 5,80	5,12 ± 2,57	7,14	70,25 ± 6,22	26,97 ± 5,38	38,39
Predação		19,29 ± 2,17	24,40		5,12 ± 2,57	7,14		26,97 ± 5,38	38,39
Chuvas		4,22 ± 1,01	5,34		0,00 ± 0,00	0,00		0,00 ± 0,00	0,00
Ninfas de 3º instar	55,56 ± 2,61	16,68 ± 2,39	30,02	66,57 ± 5,82	21,57 ± 4,23	32,39	43,28 ± 4,55	14,20 ± 2,85	32,81
Predação		16,68 ± 2,39	30,02		21,57 ± 4,23	32,39		14,20 ± 2,85	32,81
Chuvas		0,00 ± 0,00	0,00		0,00 ± 0,00	0,00		0,00 ± 0,00	0,00
Ninfas de 4º instar	38,88 ± 2,58	17,96 ± 1,58	46,19	45,01 ± 4,90	16,06 ± 4,19	35,68	29,08 ± 3,03	5,01 ± 1,73	17,22
Predação		14,59 ± 1,15	37,52		16,06 ± 4,19	35,68		5,01 ± 1,73	17,22
Chuvas		3,37 ± 0,68	8,66		0,00 ± 0,00	0,00		0,00 ± 0,00	0,00
Adultos iniciais	20,92 ± 1,82	4,32 ± 0,95	20,64	28,95 ± 2,56	6,83 ± 1,21	23,58	24,07 ± 2,44	4,26 ± 1,78	17,69
Predação		3,24 ± 0,80	15,48		6,83 ± 1,21	23,58		3,49 ± 1,34	14,50
Parasitismo		1,08 ± 0,78	5,16		0,00 ± 0,00	0,00		0,77 ± 0,54	3,19
Adultos em reprodução	16,61 ± 1,38			22,12 ± 2,78			19,81 ± 2,26		
Mortalidade total (%)	83,39 ± 1,38			77,88 ± 2,78			80,19 ± 2,26		

No cabeçalho: x = estádios do ciclo de vida,  $dxF$  = fator de mortalidade, Lx = número de insetos vivos (média ± erro padrão) no início de cada estágio, dx = número de insetos mortos (média ± erro padrão) num estágio ou mortos por um fator neste estágio e 100qx (mortalidade aparente (%)) =  $100 \cdot dx/Lx$ . Os valores na tabela representam uma média de 12 coortes de *A. gossypii*.

**Tabela 2.** Tabelas de vida ecológicas para *Aphis gossypii* em plantas de algodoeiro nas fases vegetativa, floração e frutificação no segundo ano de cultivo.

x/dxF	Plantas em fase vegetativa			Plantas em floração			Plantas em frutificação		
	Lx	dx	100qx	Lx	dx	100qx	Lx	dx	100qx
Ninfas de 1º instar	100,00±0,00	59,10±5,82	59,10	100,00±0,00	46,96±5,55	46,96	100,00±0,00	37,06±5,92	37,06
Predação		0,00±0,00	0,00		46,96±5,55	46,96		37,06±5,92	37,06
Chuvas		59,10±5,82	59,10		0,00±0,00	0,00		0,00±0,00	0,00
Ninfas de 2º instar	40,90±5,82	14,03±3,91	34,30	53,04±5,55	29,11±4,21	54,88	62,94±5,92	13,85±3,24	22,01
Predação		14,03±3,91	34,30		29,11±4,21	54,88		13,85±3,24	22,01
Chuvas									
Ninfas de 3º instar	26,87±4,67	2,80±0,67	10,42	23,93±4,00	11,57±3,19	48,34	49,08±4,70	18,90±3,74	38,50
Predação		2,80±0,67	10,42		11,57±3,19	48,34		18,90±3,74	38,50
Chuvas									
Ninfas de 4º instar	24,07±4,97	5,64±1,38	23,43	12,36±1,72	3,23±0,88	26,15	30,18±3,10	8,09±2,14	26,80
Predação		5,64±1,38	23,43		3,23±0,88	26,15		5,45±2,40	18,05
Chuvas		0,00±0,00	0,00		0,00±0,00	0,00		2,64±0,95	8,75
Adultos iniciais	18,43±4,76	3,19±0,87	17,31	9,13±1,52	3,44±0,66	37,73	22,09±2,57	4,32±0,99	19,54
Predação		3,19±0,87	17,31		3,27±0,62	35,86		2,43±0,87	10,99
Chuvas		0,00±0,00	0,00		0,17±0,17	1,86		1,89±0,81	8,55
Adultos em reprodução	15,24±4,13			5,69±1,26			17,78±2,06		
Mortalidade total (%)	84,76±4,13			94,31±1,26			82,22±2,06		

No cabeçalho:  $x$  = estádios do ciclo de vida,  $dxF$  = fator de mortalidade,  $Lx$  = número de insetos vivos (média ± erro padrão) no início de cada estágio,  $dx$  = número de insetos mortos (média ± erro padrão) num estágio ou mortos por um fator neste estágio e  $100qx$  = mortalidade aparente (%). Os valores na tabela representam uma média de 12 coortes de *A. gossypii*.

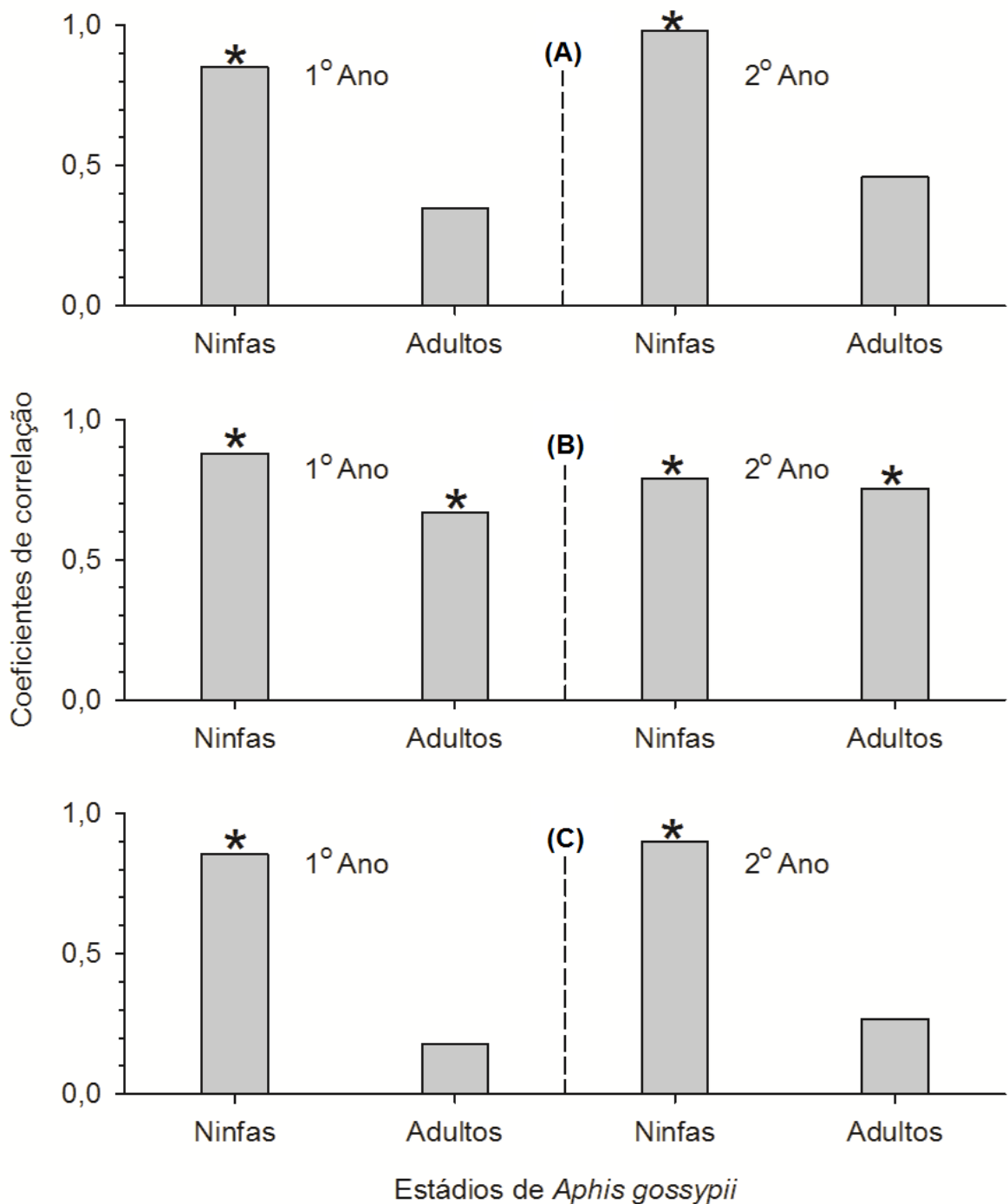
### 3.2. Estádios críticos de mortalidade de *A. gossypii*

Em todas as fases fenológicas estudadas a mortalidade de ninfas apresentou correlação positiva e significativa ( $P < 0,05$ ) com a mortalidade total de *A. gossypii*. A mortalidade de adultos só apresentou correlação significativa ( $P < 0,05$ ) com a mortalidade total de *A. gossypii* em plantas na fase de floração (Figura 1).

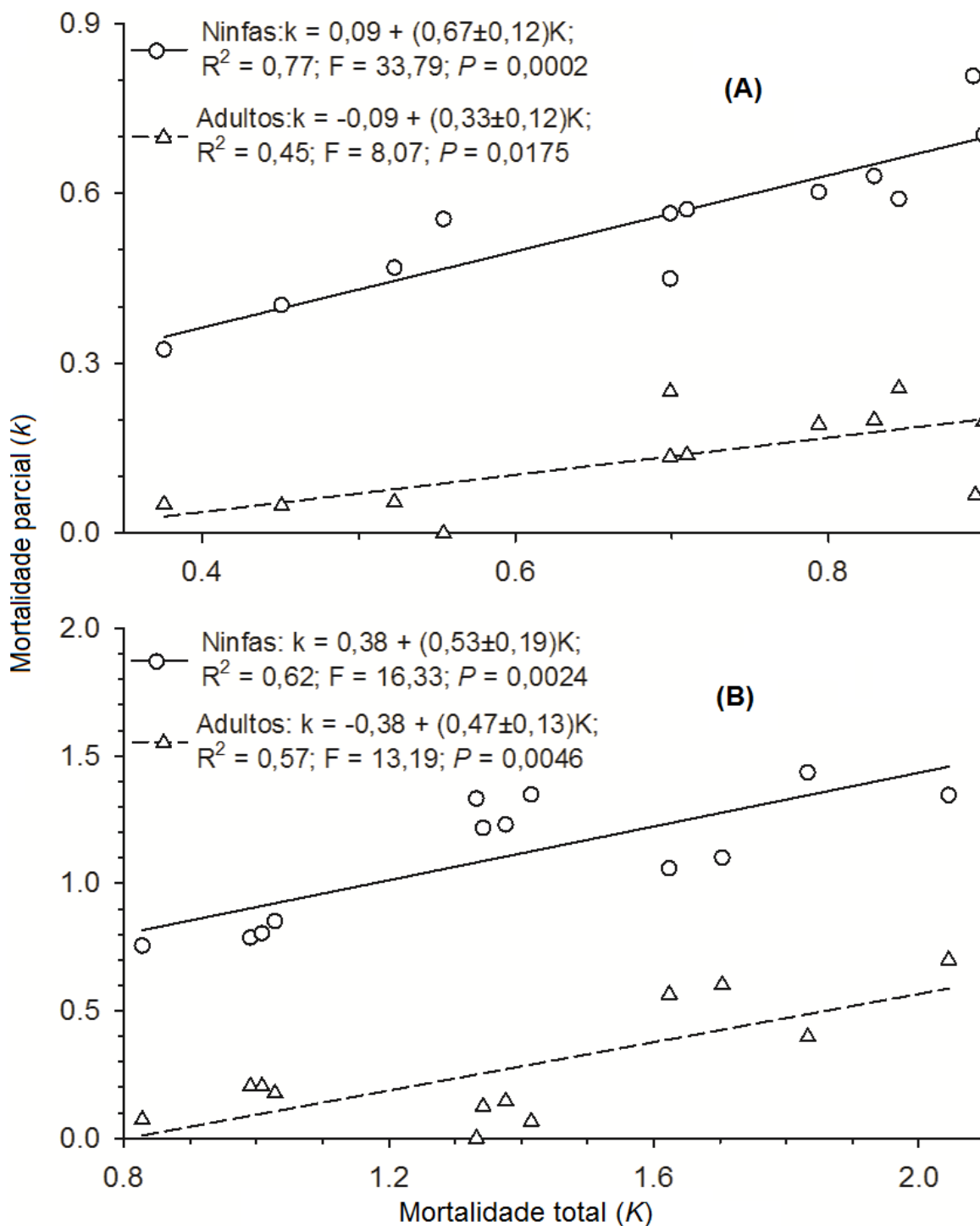
No primeiro ano, em plantas na floração, a curva de mortalidade de ninfas apresentou maior coeficiente angular ( $0,67 \pm 0,12$ ) do que a curva de mortalidade de adultos ( $0,33 \pm 0,12$ ) (Figura 2A). Já, plantas em floração no segundo ano as curvas de mortalidades de ninfas ( $0,53 \pm 0,19$ ) e adultos ( $0,47 \pm 0,13$ ) apresentaram coeficientes angulares semelhantes (Figura 2B). Portanto em plantas em floração no segundo ano tanto as ninfas como o adulto foram estádios críticos de mortalidade de *A. gossypii*. Já nas demais situações a ninfa foi o crítico de mortalidade de *A. gossypii*.

No primeiro ano em plantas na fase vegetativa e de frutificação só as mortalidades no 3º e 4º ínstar apresentaram correlações significativas ( $P < 0,05$ ) com a mortalidade total de ninfas (Figuras 3A e 3C). Nessas plantas em estágio vegetativo as curvas de mortalidades no 3º ( $0,45 \pm 0,16$ ) e 4º ínstar ( $0,41 \pm 0,17$ ) apresentaram coeficientes angulares semelhantes (Figura 4B). Já nas plantas em floração no primeiro ano somente a curva de mortalidade do 4º ínstar foi significativa ( $F_{1; 10} = 7,87$ ;  $P = 0,0186$ ) (Figura 4C). Portanto, no primeiro ano em plantas na fase vegetativa o 3º e 4º ínstars foram os estádios críticos de mortalidade da praga. Já nas plantas em floração no primeiro ano o 4º ínstar foi o estágio crítico de mortalidade de *A. gossypii*.

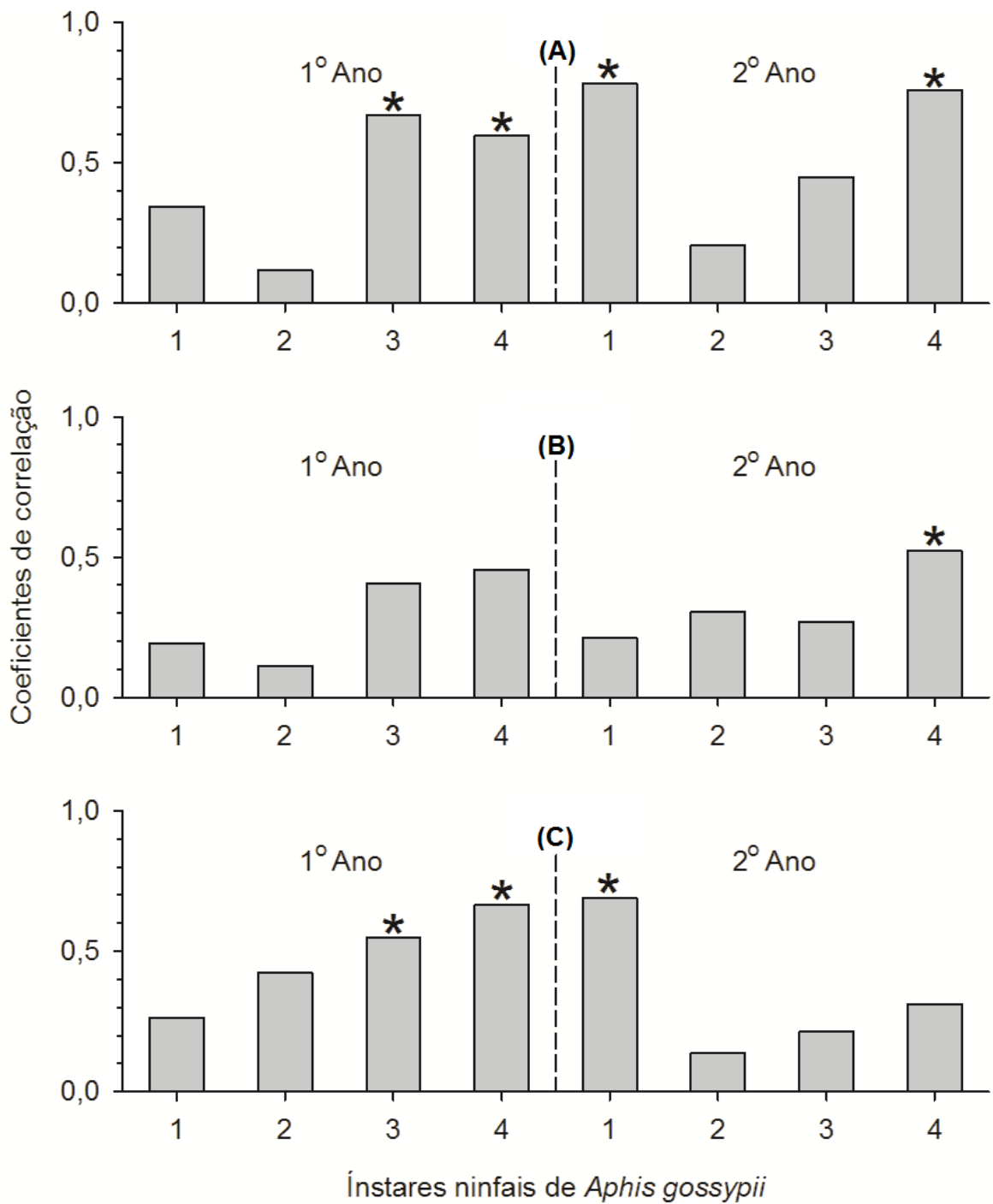
Em plantas nas fases de floração e frutificação, no segundo, ano só as mortalidades no 1º e 4º ínstars, respectivamente, apresentaram correlações significativas ( $P < 0,05$ ) com a mortalidade de ninfas (Figuras 3B e 3C). Portanto, os estádios críticos de mortalidade de *A. gossypii* em plantas em floração e frutificação no segundo ano foram o 1º e 4º ínstar, respectivamente.



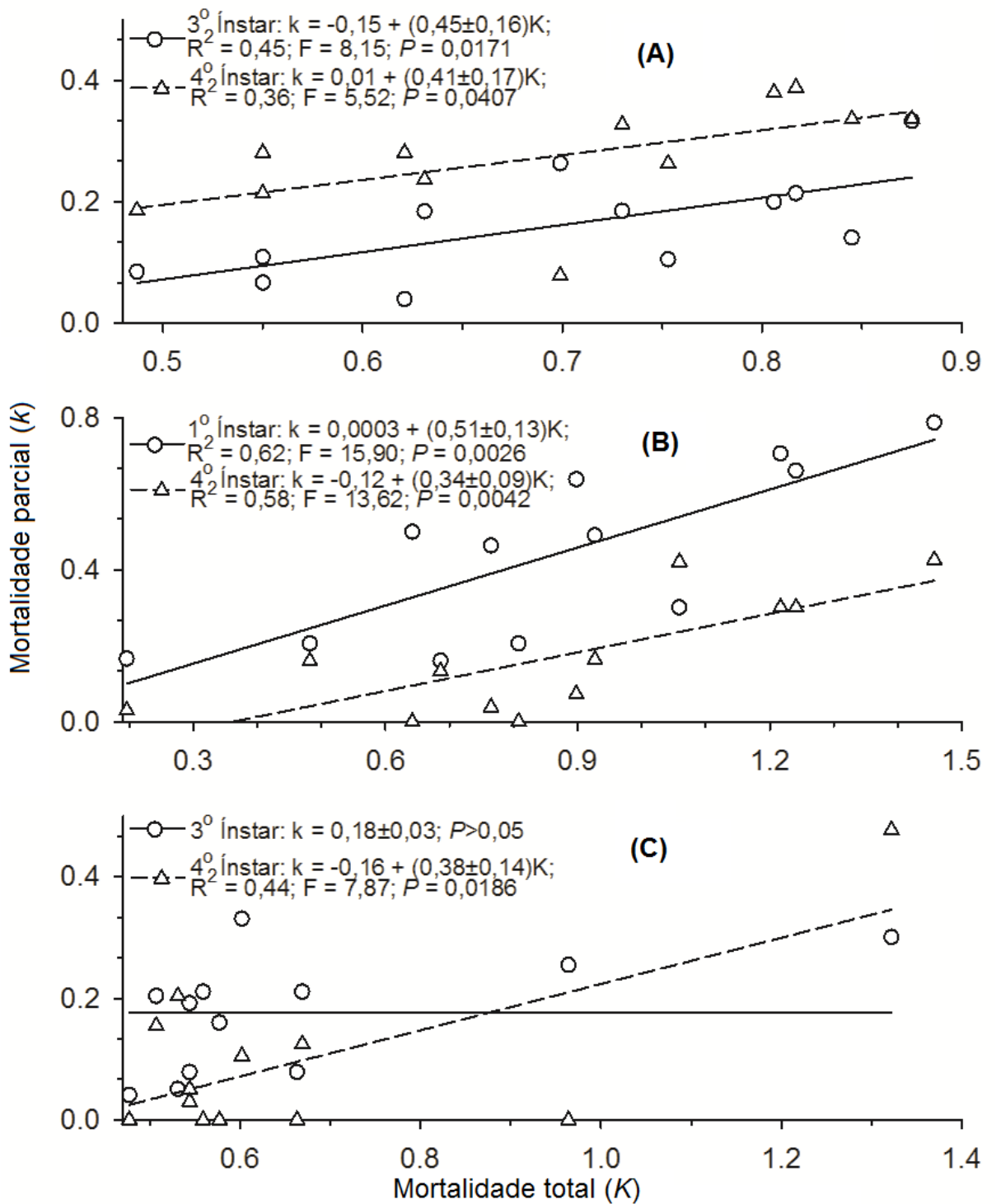
**Figura 1.** Determinação dos estádios críticos de mortalidade de *Aphis gossypii* no algodoeiro: coeficientes de correlação entre os fatores parciais de mortalidades de ninfas e adultos com o fator de mortalidade total no ciclo de vida do inseto em plantas nas fases (A) vegetativa, (B) floração e (C) frutificação em dois anos de cultivo. \* Correlação significativa segundo o teste t a  $P < 0,05$ .



**Figura 2.** Determinação dos estádios críticos de mortalidade de *Aphis gossypii* no algodoeiro: curvas de regressão linear dos fatores parciais de mortalidades de ninfas e adultos em função do fator de mortalidade total no ciclo de vida em plantas na fase de floração no (A) primeiro e (B) segundo ano de cultivo. Os números entre parêntesis são a média  $\pm$  erro padrão do coeficiente angular das curvas.



**Figura 3.** Determinação dos estádios críticos de mortalidade de *Aphis gossypii* no algodoeiro: coeficientes de correlação entre os fatores parciais de mortalidades do 1º, 2º, 3º e 4º instar ninfal com o fator de mortalidade total de ninfas em plantas nas fases (A) vegetativa, (B) floração e (C) frutificação em dois anos de cultivo. \* Correlação significativa pelo teste t a  $P < 0,05$ .



**Figura 4.** Determinação dos estádios críticos de mortalidade de *Aphis gossypii* no algodoeiro: curvas de regressão linear dos fatores parciais de mortalidades de ínstars ninfais em função do fator de mortalidade total no estágio ninfal em plantas nas fases (A) vegetativa no primeiro ano e (B) vegetativa no segundo ano de cultivo e (C) frutificação no primeiro ano de cultivo. Os números entre parêntesis são a média  $\pm$  erro padrão do coeficiente angular das curvas.

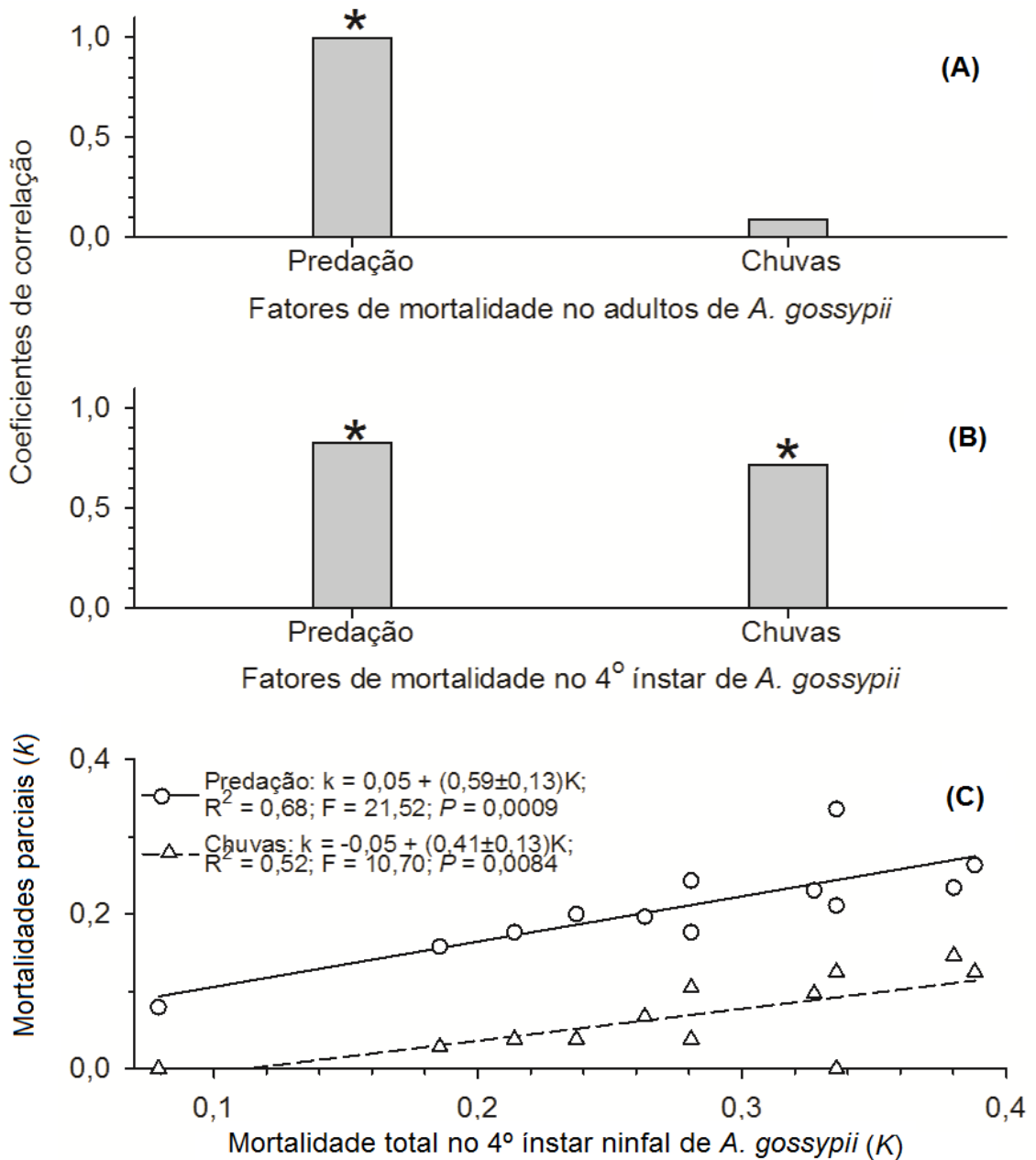
No primeiro ano em plantas no estágio vegetativo só as mortalidades no 1º e 4º ínstar apresentaram correlações significativas ( $P < 0,05$ ) com a mortalidade de ninfas (Figura 3A). Os coeficientes angulares das curvas de mortalidade nestes ínstars ( $0,45 \pm 0,16$  e  $0,41 \pm 0,17$ ) foram semelhantes (Figura 4A). Portanto, nesta situação o 1º e 4º ínstar foram os estádios críticos de mortalidade de *A. gossypii*.

Em plantas em floração no primeiro ano as mortalidades de nenhum dos quatro ínstars apresentou correlação significativa ( $P > 0,05$ ) com a mortalidade de ninfas (Figura 3B). Portanto nesta situação todo o estágio ninfal foi o estágio crítico de mortalidade de *A. gossypii*.

### **3.3. Fatores chave de mortalidade de *A. gossypii***

Nos seguintes estádios críticos de mortalidade de *A. gossypii*: 1º ínstar (plantas em frutificação no segundo ano), 3º ínstar (plantas na fase vegetativa no primeiro ano), 4º ínstar (plantas nas três fases fenológicas no segundo ano) e todo estágio ninfal (plantas em floração no primeiro ano) a única causa de mortalidade deste pulgão foi a predação. Portanto, nestas situações a predação foi o fator chave de mortalidade de *A. gossypii* (Tabelas 1 e 2).

Em plantas em floração no segundo ano e no estágio vegetativo no primeiro ano quando os estádios críticos de mortalidade de *A. gossypii* foram respectivamente os adultos (Figura 2B) e 4º ínstar ninfal (Figura 4A). As causas de mortalidade deste pulgão foram a predação e as chuvas (Tabelas 1 e 2). Para os adultos em plantas em floração no segundo ano somente a predação apresentou correlação positiva e significativa ( $P < 0,05$ ) com a mortalidade total de *A. gossypii* (Figura 5A). Portanto, neste caso, a predação foi o fator chave de mortalidade de *A. gossypii*. Para o 4º ínstar em plantas na fase vegetativa no primeiro ano as mortalidades causadas por chuvas e predação apresentaram correlações positivas e significativas ( $P < 0,05$ ) com a mortalidade total (Figura 5B) e as curvas de mortalidade destes dois fatores apresentaram coeficientes de angulares semelhantes ( $0,41 \pm 0,13$  e  $0,59 \pm 0,13$ ) (Figura 5C). Portanto, nesta situação, a predação e as chuvas foram os fatores chave de mortalidade de *A. gossypii*.



**Figura 5.** Determinação dos fatores chave de mortalidade de *Aphis gossypii* no algodoeiro: Coeficientes de correlação entre os fatores parciais das mortalidades causadas por predação e chuvas com o fator de mortalidade total de (A) adultos em plantas em floração no segundo ano de cultivo e (B) no 4º ínstar ninfal em plantas no estágio vegetativo no primeiro ano de cultivo. \*Correlação significativa pelo teste t a  $P < 0,05$ . (C) Curvas de regressão linear dos fatores parciais das mortalidades causadas por predação e chuvas em função do fator de mortalidade total no 4º ínstar ninfal em plantas em fase vegetativa no primeiro ano de cultivo. Os números entre parêntesis são a média  $\pm$  erro padrão do coeficiente angular das curvas.

#### 4. DISCUSSÃO

Os predadores e parasitóides observados neste trabalho também foram verificados por outros autores como inimigos naturais de *A. gossypii*. Nesse contexto Leite et al. (2006), Leite et al. (2007), Van Emden & Harrington (2007) e Obrycki et al. (2009) também observaram *Harmonia axyridis* (Pallas), *Cycloneda sanguinea* (L.), *Scymnus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae), *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) e Araneidae predando *A. gossypii*. Davis et al. (2006) e Van Emden & Harrington (2007) também observaram *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) e *Aphelinus* spp. (Hymenoptera: Aphidiidae) parasitando *A. gossypii*. Já Scorsetti et al. (2007) e Vu et al. (2007) também observaram fungos entomopatogênicos *Pandora delphacis* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) e *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) causando mortalidade a *A. gossypii*.

Entretanto, neste trabalho é relatada pela primeira vez a morte de *A. gossypii* causada pelas chuvas. As chuvas podem causar a mortalidade de *A. gossypii* de duas formas. A primeira devido ao impacto das gotas de chuva que derrubaram as ninfas e adultos de *A. gossypii* das plantas. Esta ação das gotas de chuva foi maior nos indivíduos que se encontravam nas partes mais apicais da planta, sobretudo em plantas de menor tamanho. Isto ocorreu devido ao fato de que nestas situações os pulgões ficam mais expostos à ação das gotas de chuva. A segunda forma com que as chuvas causaram morte a *A. gossypii* foi devido às gotas que caíam sobre o solo e causaram respingo de lama nas folhas e matando alguns pulgões presentes no terço inferior das plantas em folhas mais próximas do solo.

A mortalidade no estágio ninfal pode controlar o tamanho da população de *A. gossypii*, já que as ninfas sempre foram o estágio crítico de mortalidade deste pulgão. Este fato está relacionado à maior duração deste estágio de ciclo de vida deste inseto e aos indivíduos mais jovens serem mais suscetíveis aos fatores de mortalidade (Semeão et al. 2012ab, Rosado et al. 2014). Neste contexto, nos estágios do ciclo de vida dos insetos de maior duração, a mortalidade é também maior por ficarem maior tempo expostos aos fatores de mortalidade (Semeão et al. 2012ab, Rosado et al. 2014). Especificamente, o estágio ninfal de *A. gossypii* tem duração média de 8,64 dias, enquanto os adultos levam 0,68 dia para entrar em reprodução (Patil & Patel 2013) assim as ninfas deste pulgão ficam por mais tempo expostas a ação dos inimigos naturais e as chuvas. Por outro, os insetos nos estágios iniciais do seu ciclo de vida são mais suscetíveis às intempéries ambientais por terem menor superfície específica do que os indivíduos mais velhos (Semeão et al. 2012ab, Rosado et al. 2014).

O tamanho da população de *A. gossypii* foi determinado pelas mortalidades ocorridas no primeiro e quarto ínstar ninfal. Portanto, nos programas de manejo integrado na cultura do algodão os métodos de controle devem ser eficientes tanto no controle de ninfas de pequeno (ninfas de primeiro ínstar) como de tamanho maior (ninfas de quarto ínstar).

Assim, no estágio ninfal, o tamanho da população de *A. gossypii* foi regulado pela predação e pelas chuvas, sobretudo pela predação, pois, estes foram os fatores chave de mortalidade desta praga. Então, a predação e a ação das chuvas sobre *A. gossypii* devem ser pontos chaves no planejamento de programas de manejo integrado deste pulgão. Entre as práticas que podem ser usadas para o aumento da predação de *A. gossypii* está o uso de sistema

de tomada de decisão de controle, seletividade de inseticidas e o aumento da diversidade de plantas nos agroecossistemas. O uso de sistemas de tomada de decisão de controle de pragas compostos de planos de amostragem e índices de tomada de decisão reduzem a aplicação de inseticidas preservando assim as populações de inimigos naturais (Bastos et al. 2006). A manutenção de diversidade vegetal, também, preserva as populações de inimigos naturais, já que as flores fornecem néctar e pólen que serve de alimento para os inimigos naturais (Paula et al. 1997). Por outro, o uso de seletividade de inseticidas possibilita o controle eficiente das pragas e a preservação das populações de inimigos naturais (Bacci et al. 2009).

As chuvas foram um fator importante de mortalidade de *A. gossypii* na cultura do algodão. Por conseguinte, em épocas e locais de maior pluviosidade pode ser menor o ataque desta praga à cultura. Em épocas e locais secos o ataque desta praga deve ser mais elevado. Por isso, em épocas e locais de baixa incidência de chuvas os agricultores devem prever um maior ataque da praga e, assim, realizarem amostragens frequentes para que o controle da praga seja efetuado de imediato ao atingir os níveis de controle.

Em conclusão, os resultados obtidos neste trabalho possibilitaram a identificação dos fatores de mortalidade natural de *A. gossypii* na cultura do algodão. O tamanho da população de *A. gossypii* foi regulado, principalmente, pelas mortalidades ocorridas no primeiro e quarto ínstar ninfal. Os predadores e as chuvas foram os fatores que determinaram o tamanho das populações de *A. gossypii*. Por isso, práticas de cultivo que visem à preservação destes inimigos naturais devem ser adotadas. Também, chuvas como importantes fatores de mortalidade de *A. gossypii*, elas devem ser monitoradas e utilizadas para prever locais e épocas de maior ataque da praga.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Awamack C.S., Leather, S.R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology** 47: 817-844, 2002.

Bacci L., Picanço M.C., Rosado J.F., Silva G.A. Conservation of natural enemies in brassica crops: comparative selectivity of insecticides in the management of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae) **Applied Entomology and Zoology** 44: 103-113, 2009

Bastos C.S, Picanço M.C., Silva T.B.M. Sistemas de amostragem e tomada de decisão no manejo integrado de pragas do algodoeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras** 10: 1119-1146, 2006.

Beltrão N.E.M., Azevedo D.M.P. **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2ed. Brasília: Embrapa. 2008.

Corrêa R.L., Silva T.F., Simões-Araújo J.L., Barroso P.A.V., Vidal M.S., Vaslin M.F.S. Molecular characterization of a virus from the family Luteoviridae associated with cotton blue disease. **Archives of Virology** 150: 1357-1367, 2005.

Freire E.C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA, 2007.

Furtado R.F., Silva F.P., Lavôr M.T.F.C., Bleicher E. Susceptibilidade de cultivares de *Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch a *Aphis gossypii* Glover. **Revista Ciência Agronômica** 40: 461-464, 2009.

Harcourt, D.G. The development and use of life tables in the study of natural insect populations. **Annual Review of Entomology** 6: 175-196, 1961.

Karban R., Baldwin I.T. **Induced responses to herbivory**. Chicago: University of Chicago, 2007.

Kavallieratos N.G., Tomanovic Z., Sarlis G.P., Fasseas C., Emmanouel N.E. A review of the genus *Aphidius* Nees in Greece (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) with the description of a new species. **Journal of Natural History**, 40: 1179-1197, 2006.

Leite G.L.D, Picanço M.C., Zanuncio J.C., Ecole C.C. Factors affecting herbivory of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) e *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) on the eggplant (*Solanum melongena*). **Brazilian Archives of Biology & Technology** 49: 361-369 2006.

Leite G.L.D., Picanço M.C., Zanuncio J.C., Gusmão M.R. Factors affecting colonization e abundance of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) on okra plantations. **Ciência e Agrotecnologia** 31: 337-343 2007.

Michelotto M.D., Busoli A.C. Efeito da época de inoculação do vírus do mosaico das nervuras por *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) no desenvolvimento e na produção do algodoeiro. **Neotropical Entomology** 35: 251-256, 2006.

- Morris R.F. Predictive population equations based on key factors. **Memoirs of the Entomological Society of Canada** 32: 16-21, 1963.
- Obrycki J.J., Harwood J.D., Kring T.J., O'neil R.J. Aphidophagy by Coccinellidae: Application of biological control in agroecosystems. **Biological Control** 51: 244-254, 2009.
- Paula S.V., Picanço M.C., Vilela E.F., Fontes P.C.R. Incidência de insetos vetores de fitovírus em tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) circundado por faixas de culturas. **Revista Brasileira de Entomologia** 41: 555-558, 1997.
- Patil S.J., Patel B.R. Biology of aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) glover infesting isabgol crop. **Medicinal Plant Research** 3: 52-56, 2013.
- Picanço M.C., Gusmão M.R., Galvan T.L. Manejo integrado de pragas de hortaliças. In: Zambolim L. (Ed.). **Manejo integrado de doenças, pragas ervas daninhas**. Viçosa: UFV, 2000. p.275-324.
- Podoler H., Rogers D. New method for identification of key factors from life-table data. **Journal of Animal Ecology** 44: 85-114, 1975.
- Rabinovich J.E. **Ecologia de poblaciones animales**. Washington: OEA, 1978.
- Rosado J.F., Bacci L., Martins J.C., Silva G.A., Gontijo L.M., Picanço M.C. Natural biological control of green scale (Hemiptera: Coccidae): a field life-table study. **Biocontrol Science and Technology** 24: 190-202, 2014.
- Scorsetti A.C., Humber R.A., Garcia J.J., Lastra C.C.L. Natural occurrence of entomopathogenic fungi (Zygomycetes: Entomophthorales) of aphid (Hemiptera: Aphididae) pests of horticultural crops in Argentina. **Biocontrol** 52: 641-655, 2007.
- Semeão A.A., Martins J.C., Picanço M.C., Bruckner C.H., Bacci L., Rosado J.F. Life tables for the guava psyllid *Triozoida limbata* in southeastern Brazil. **BioControl** 57: 779-788, 2012a.
- Semeão A.A., Martins J.C., Picanço M.C., Chediak M., Silva E.M., Silva G.A. Seasonal variation of natural mortality factors of the guava psyllid *Triozoida limbata*. **Bulletin of Entomological Research** 102: 719-729, 2012b.
- Sunil J., Poorani J. **Aphids of Karnataka**. Disponível em: <http://www.nbair.res.in/Aphids/index.php>. Acessado em 22/06/2015.
- Van Emden H.F., Harrington R. **Aphids as crop pests**. London: CABI, 2007.
- Varley G.C., Gradwell G.R., Hassell M.P. **Insect population ecology: An analytical approach**. London: Blackwell, 1973.
- Vu H., Hong S., Kim K. Selection of entomopathogenic fungi for aphid control. **Journal of Bioscience and Bioengineering** 104: 498-505, 2007.
- Xia J.Y., Van Der Werf W., Rabbinge R. Influence of temperature on bionomics of cotton aphid *Aphis gossypii* on cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 90: 25-35, 1999.

## CAPÍTULO 2

### IMPACTO DAS FASES FENOLÓGICAS DAS PLANTAS E DO ALGODÃO Bt-RR NOS FATORES DE MORTALIDADE DE *Aphis gossypii*

#### RESUMO

Os fatores de mortalidade natural estão entre as principais forças envolvidas na regulação das populações de insetos praga. A introdução de novas variedades de plantas pode afetar os fatores de mortalidade das pragas. Entre os genótipos mais utilizados nos cultivos estão às variedades transgênicas com toxinas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (culturas Bt) e com resistência ao herbicida glifosato (culturas RR). Nos últimos anos houve aumento do cultivo de variedades com estas duas características (Bt-RR). O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) está entre as principais culturas com plantio de variedades Bt-RR. O pulgão *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) é uma importante praga do algodão. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o impacto das fases fenológicas das plantas e do algodão Bt-RR nos fatores de mortalidade natural de *A. gossypii*. Para tanto, foi conduzido experimento de campo durante dois anos para quantificação dos fatores de mortalidade de *A. gossypii* em algodão Bt-RR e não transgênico nas fases vegetativa, floração e frutificação. Os fatores de mortalidade de *A. gossypii* foram os predadores, chuvas, parasitóides, fungos e distúrbios fisiológicos. A predação, sobretudo pelos Coleoptera: Coccinellidae foi a principal causa de mortalidade de *A. gossypii* seguida pelas chuvas. O algodão Bt-RR e não-Bt tiveram impacto semelhante nos fatores de mortalidade de *A. gossypii*. A predação de *A. gossypii* em plantas na fase de floração foi maior do que em plantas em fases vegetativa e frutificação. A mortalidade de *A. gossypii* causada por chuvas em plantas no estágio vegetativo foi maior do que em plantas em floração e frutificação.

**Palavras-chave:** Algodão transgênico, fases fenológicas das plantas, *Aphis gossypii*, predação, chuvas.

## CHAPTER 2: IMPACT OF PLANTS PHENOLOGICAL STAGES AND Bt-RR COTTON IN MORTALITY FACTORS *Aphis gossypii*

### ABSTRACT

The natural mortality factors are among the main forces involved in the regulation of the insect pest populations. The introduction of new varieties of plants can affect the mortality factors of the pests. Among the genotypes used in the crops are genetically modified varieties, with toxins from the bacterium *Bacillus thuringiensis* (Bt crops) and with resistance to the glyphosate herbicide (RR crops). In recent years, there has been increased crop varieties with these two characteristics (Bt-RR). Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is one of the main crops with planted Bt-RR varieties. The aphid *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) is an important pest of cotton. The objective of this study was to determine the impact of phenological stages of plants and Bt-RR cotton on the natural mortality factors of *A. gossypii*. Therefore, a field experiment conducted for two years to quantify the mortality factors of *A. gossypii* in Bt-RR cotton and non-transgenic cotton at vegetative, flowering and fruiting stages. The mortality factors of *A. gossypii* were predators, rainfall, parasites, fungi and physiological disturbance. The predation, especially by Coleoptera: Coccinellidae was the main mortality cause of *A. gossypii* followed by rainfall. The Bt-RR and non-Bt-RR cotton had a similar impact on mortality factors of *A. gossypii*. The predation of *A. gossypii* on plants at flowering stage was higher than on plants at vegetative and fruiting stages. The mortality of *A. gossypii* caused by rainfall on plants at vegetative stage was higher than on plants at flowering and fruiting stages.

**Keywords:** Transgenic cotton, plants phenological stages, *Aphis gossypii*, predation, rainfall.

## 1. INTRODUÇÃO

No primeiro capítulo deste trabalho foram identificados e quantificados os fatores de mortalidade de *A. gossypii*. E, em seguida, foram determinados os estádios críticos e os respectivos fatores chave de mortalidade dessa praga. No segundo capítulo são abordadas as principais forças que exercem influências sobre os fatores de mortalidade natural de *A. gossypii*.

Os fatores de mortalidade natural estão entre as principais forças envolvidas na regulação das populações de insetos praga nos agroecossistemas (Crawley 1989). Entre os principais fatores de mortalidade dos insetos praga estão a planta hospedeira, os elementos climáticos e os inimigos naturais (Walker & Jones 2001, Leite et al. 2006, Leite et al. 2007, Rosado et al. 2014ab). Entre os inimigos naturais, os predadores, parasitóides, entomopatógenos, competidores e parasitas são os principais causadores de mortalidade aos insetos praga (Van Emden & Harrington 2007).

Entre os elementos climáticos, a temperatura e as chuvas são aqueles que, geralmente, mais afetam as populações de artrópodes praga (Ahmed et al. 2013, Rosado et al. 2015). As chuvas podem atuar de forma direta e indireta sobre as populações de insetos. De forma direta as chuvas podem causar a morte dos insetos devido ao impacto de suas gotas e por afogamento (Pereira et al. 2007a). De forma indireta as chuvas podem afetar os insetos devido às mudanças fisiológicas, bioquímicas e morfológicas nas plantas (Semeão et al. 2012ab) e favorecem aos fungos entomopatogênicos (Van Emden & Harrington 2007).

As plantas também têm grande influência sobre a abundância dos artrópodes herbívoros devido as suas características químicas, bioquímicas e

morfológicas (Schoonhoven et al. 2005). As características das plantas variam em função do seu genótipo e da sua fase fenológica (Bednarz & Nichols 2005).

Entre os genótipos de plantas mais utilizados nos cultivos estão às plantas transgênicas cuja área cultivada ocupou 181,5 milhões de hectares no ano de 2014 em 28 países (James 2014). As duas principais características usadas nas plantas transgênicas são a resistência ao herbicida glifosato (culturas RR) e a produção de toxinas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (culturas Bt) (James 2014). A partir de 2008 houve um aumento do cultivo de variedades que possuam estas duas características (culturas Bt-RR) (James 2014).

As principais espécies com variedades transgênicas cultivadas são a soja, o milho e o algodão. Para o algodoeiro mais de 90% da área cultivada com variedades transgênicas é constituída de culturas Bt e Bt-RR (James 2014). Os genótipos de algodão que possuem genes provenientes de *B. thuringiensis* codificam a produção de toxinas que conferem resistência a insetos, sobretudo aos lepidópteros praga (Perlak et al., 2001). Entre as variedades de algodão Bt resistentes aos lepidópteros estão aquelas que codificam a toxina Cry1Ac (Perlak et al., 2001). A maioria dos trabalhos sobre o impacto das culturas de algodão transgênico abordam variedades Bt ou RR e, pouco, relatam sobre cultivares que possuam estas duas características (algodão Bt-RR). Ademais, os trabalhos existentes envolvendo inimigos naturais abordam o impacto das plantas transgênicas sobre a densidade ou desempenho biológico de inimigos naturais (Naranjo 2010). Contudo, até ao momento não existem trabalhos que aborde o impacto de plantas Bt-RR sobre

o controle natural de pragas pelos diversos fatores como os inimigos naturais, a planta hospedeira e os elementos climáticos.

As características das plantas variam ao longo das suas fases fenológicas (Bednarz & Nichols 2005). Em diferentes fases fenológicas as plantas variam sua arquitetura e características químicas e bioquímicas. Estas características podem influenciar de forma direta e indireta no controle natural dos insetos herbívoros. A ação direta destas características nos insetos herbívoros se dá pela sua influência sobre o seu desempenho biológico. Já o seu efeito indireto se dá através da ação dos inimigos naturais e dos elementos climáticos (Schoonhoven et al. 2005).

O pulgão *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) é uma importante praga do algodão por causar danos diretos e indiretos à cultura (Godfrey et al. 2000). Os danos diretos se devem a sucção de seiva e introdução de toxinas no floema das plantas. Já os efeitos indiretos são devidos a transmissão de viroses (Godfrey et al. 2000) e ao desenvolvimento de fumagina (hifas de fungos) sobre as excreções açucaradas do pulgão (Godfrey et al. 2000). Quando ocorre a abertura dos capulhos a deposição de fumagina sobre as fibras deprecia este produto (Godfrey et al. 2000).

Considerando que o ataque de *A. gossypii* às culturas pode variar com a idade das plantas e com os genótipos (Leite et al. 2006), neste capítulo o objetivo foi determinar o impacto das fases fenológicas das plantas e do algodão Bt-RR nos fatores de mortalidade natural de *A. gossypii*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Criação de *A. gossypii*

Os indivíduos de *A. gossypii* utilizados nos experimentos foram obtidos da criação realizada no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFV conforme descrito no primeiro capítulo desta tese.

### 2.2. Condução dos experimentos

Este trabalho foi realizado na Estação Experimental Diogo Alves de Melo da UFV, Viçosa, MG (20°48'45"S, 42°56'15"W e altitude de 600m). O cultivo das plantas de algodão foi realizado empregando-se práticas normais para sua condução conforme Freire (2007). Durante os cultivos não foi empregado nenhum pesticida e o espaçamento usado foi de 0,2 x 1m.

Os fatores em estudo foram: os anos agrícolas de 2013 (ano 1) e 2014 (ano 2), dois genótipos de algodão (não transgênico e Bt-RR) e três fases fenológicas das plantas (vegetativa, floração e frutificação). Os genótipos usados foram às variedades de algodão NuOpal Bollgard® (Bt-RR) e FM910 (não transgênica), obtidas da Monsanto, D&PL Brazil. A variedade transgênica NuOpal Bollgard® possui genes que codificam a toxina Cry1Ac que lhe confere resistência a lagartas e, também, possui genes que a torna resistente ao herbicida glifosato (Comai et al. 1985).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 12 repetições. Cada parcela experimental foi constituída por área de 20 m<sup>2</sup> (cinco fileiras contendo 20 plantas cada uma). Em cada parcela uma planta foi selecionada ao acaso. A planta selecionada foi infestada com uma coorte de

100 ninfas de primeiro ínstar de *A. gossypii*. A infestação das plantas pelo pulgão foi realizada conforme descrito no primeiro capítulo desta tese.

### **2.3. Avaliação dos fatores de mortalidade de *A. gossypii***

As causas de mortalidade de *A. gossypii* foram monitoradas até que as fêmeas deste pulgão entrassem em reprodução. Assim que cada fêmea parisse a primeira ninfa ela era removida da planta. As causas de mortalidade do pulgão foram monitoradas diariamente em cada parcela experimental. Durante as avaliações eram anotados a quantidade de pulgões mortos e causa de mortalidade (predação, chuvas, parasitóides, distúrbios fisiológicos e fungos). As avaliações de mortalidades por predação, chuvas e parasitóides foram realizadas conforme descrito no capítulo 1 desta tese. Os pulgões escurecidos e aderidos à planta foram considerados mortos por distúrbios fisiológicos (Darvas et al. 1992, Rosado et al. 2014a). Os pulgões que apresentavam micélios sobre o corpo foram considerados mortos por fungos (Shah & Pell 2003, Rosado et al. 2014a). Os pulgões mortos por fungos foram enviados a especialista para identificação.

### **2.4. Análise dos dados**

A partir dos dados do número de pulgões mortos foram calculadas as mortalidades de *A. gossypii* (totais e por cada fator de mortalidade). Para cada genótipo de algodão, estágio das plantas e ano de cultivo os dados de mortalidade de *A. gossypii* em função dos fatores causadores (predação, chuvas, fungos, distúrbios fisiológicos e parasitismo) foi realizada à análise de variância e as médias das mortalidades foram comparadas pelo teste Tukey a

$P < 0,05$ . Os dados de mortalidade total de *A. gossypii* e de mortalidade deste pulgão por cada fator foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a  $P < 0,05$  (SAS 2002).

### 3. RESULTADOS

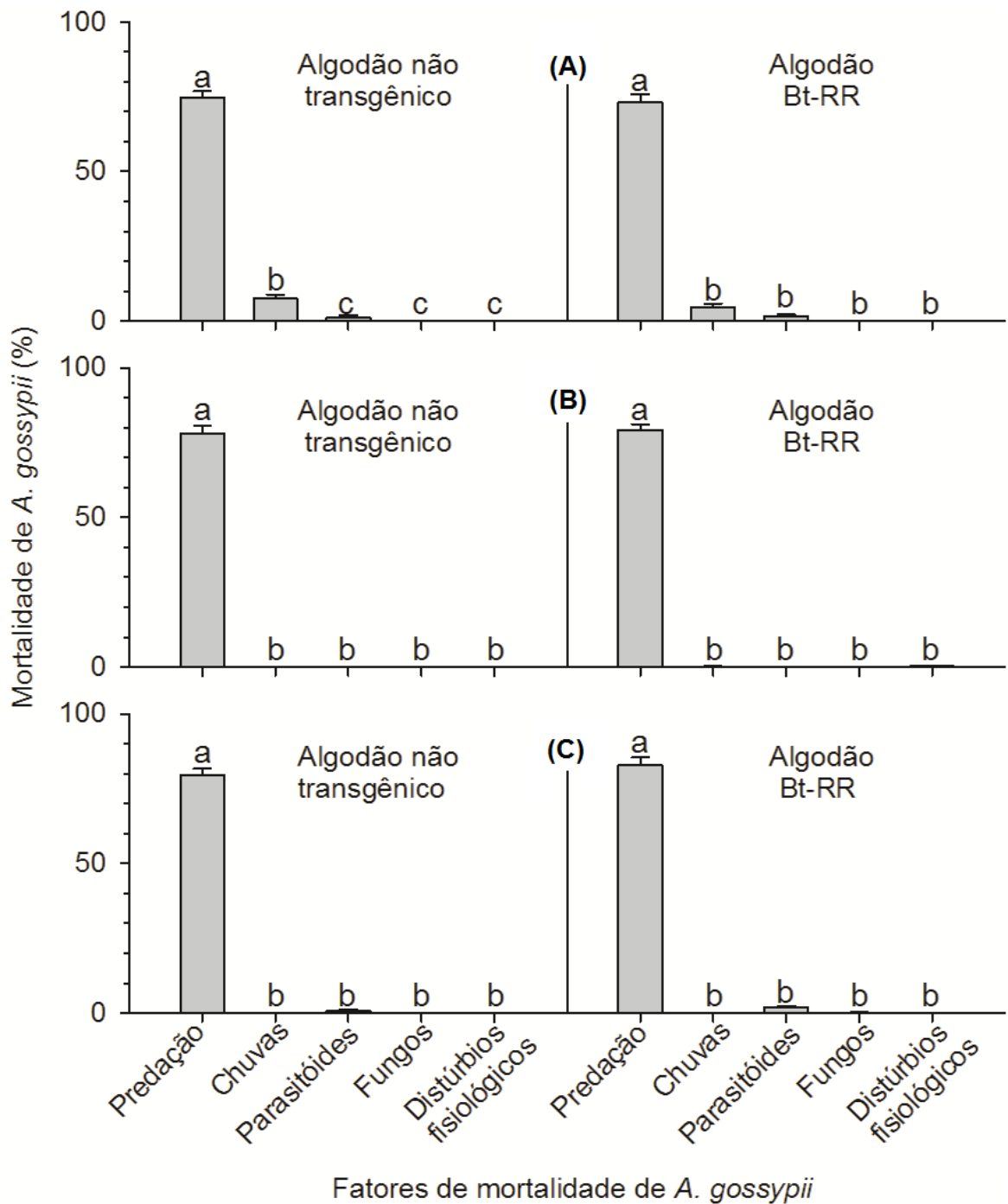
Os fatores de mortalidade natural de *A. gossypii* foram predadores (25,66 a 95,10%), chuvas (0 a 59,10%), parasitóides (0 a 1,84%), fungos entomopatogênicos (0 a 0,17%) e distúrbios fisiológicos durante as mudas (0 a 0,34%), respectivamente, no primeiro e segundo ano do estudo. A predação foi a principal causa de mortalidade de *A. gossypii* em todas as situações, exceto em plantas de algodão não transgênico em estágio vegetativo no segundo ano de cultivo. A chuva foi a principal causa de mortalidade de *A. gossypii* nas duas variedades (algodão Bt-RR e não transgênico) em estágio vegetativo no segundo ano de cultivo. Também foi verificada morte de *A. gossypii* por chuvas em baixa intensidade (0,07 a 7,59%) em plantas de algodão Bt-RR em fase vegetativa e em floração no primeiro ano de cultivo e em plantas de algodão Bt-RR e não transgênico em frutificação no segundo ano de cultivo. Foi observada morte de *A. gossypii* por himenópteros parasitóides somente em plantas de algodão Bt-RR e não transgênico em floração no primeiro ano de cultivo. Foi observada a morte de *A. gossypii* por fungos entomopatogênicos somente em plantas de algodão Bt-RR em de frutificação no primeiro ano de cultivo. Também se observou morte de *A. gossypii* por distúrbios fisiológicos durante as mudas em plantas de algodão não transgênico nas fases vegetativa e frutificação no primeiro ano de cultivo (Figuras 1 e 2).

Não foram verificados efeitos significativos ( $P > 0,05$ ) dos genótipos de algodão, fases fenológicas das plantas e interação entre estes fatores sobre a predação, mortalidade por chuvas, parasitismo, distúrbios fisiológicos nas mudas e mortalidade por fungos entomopatogênicos de *A. gossypii*. Também não foram verificados efeitos significativos ( $P > 0,05$ ) do ano de cultivo e das interações deste fator com o genótipo de algodão e a fenologia das plantas sobre o parasitismo, distúrbios fisiológicos nas mudas e mortalidade por fungos entomopatogênicos de *A. gossypii*.

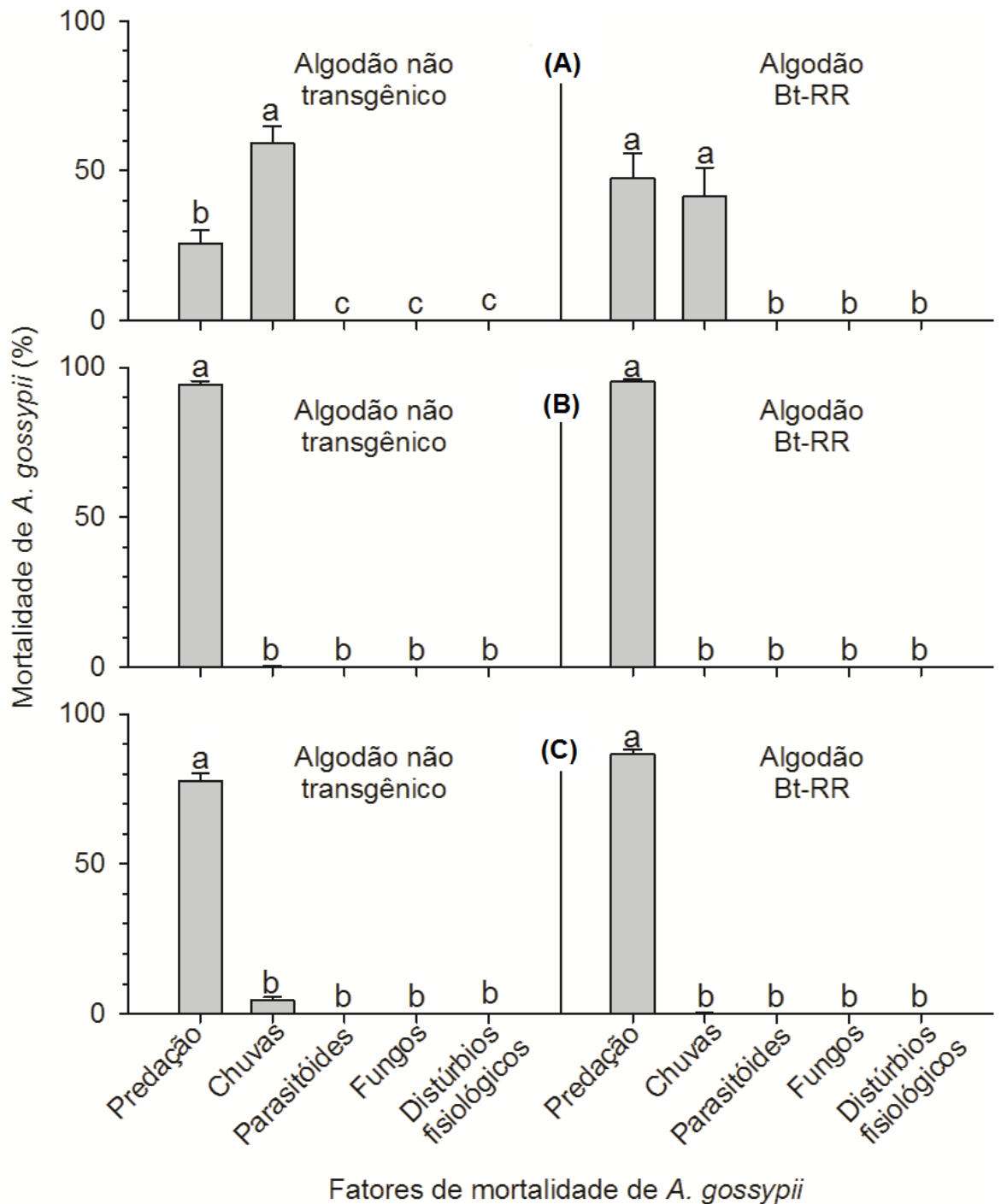
Entretanto, foi verificado efeito significativo ( $P < 0,05$ ) do ano de cultivo e das interações deste fator com o genótipo de algodão e a fenologia das plantas sobre a predação e mortalidade por chuvas de *A. gossypii*.

Em plantas em estágio vegetativo a predação de *A. gossypii* foi maior no primeiro do que no segundo ano de cultivo tanto no algodão Bt-RR como no não transgênico (Figura 3A e 4A). Nas plantas em floração a predação de *A. gossypii* foi maior no segundo ano do que primeiro ano de cultivo, tanto em algodão Bt-RR como em não transgênico (Figura 3B e 4B). Por outro lado, nas plantas em frutificação a predação foi semelhante nos dois anos tanto no algodão Bt-RR como não transgênico (Figura 3B e 4B).

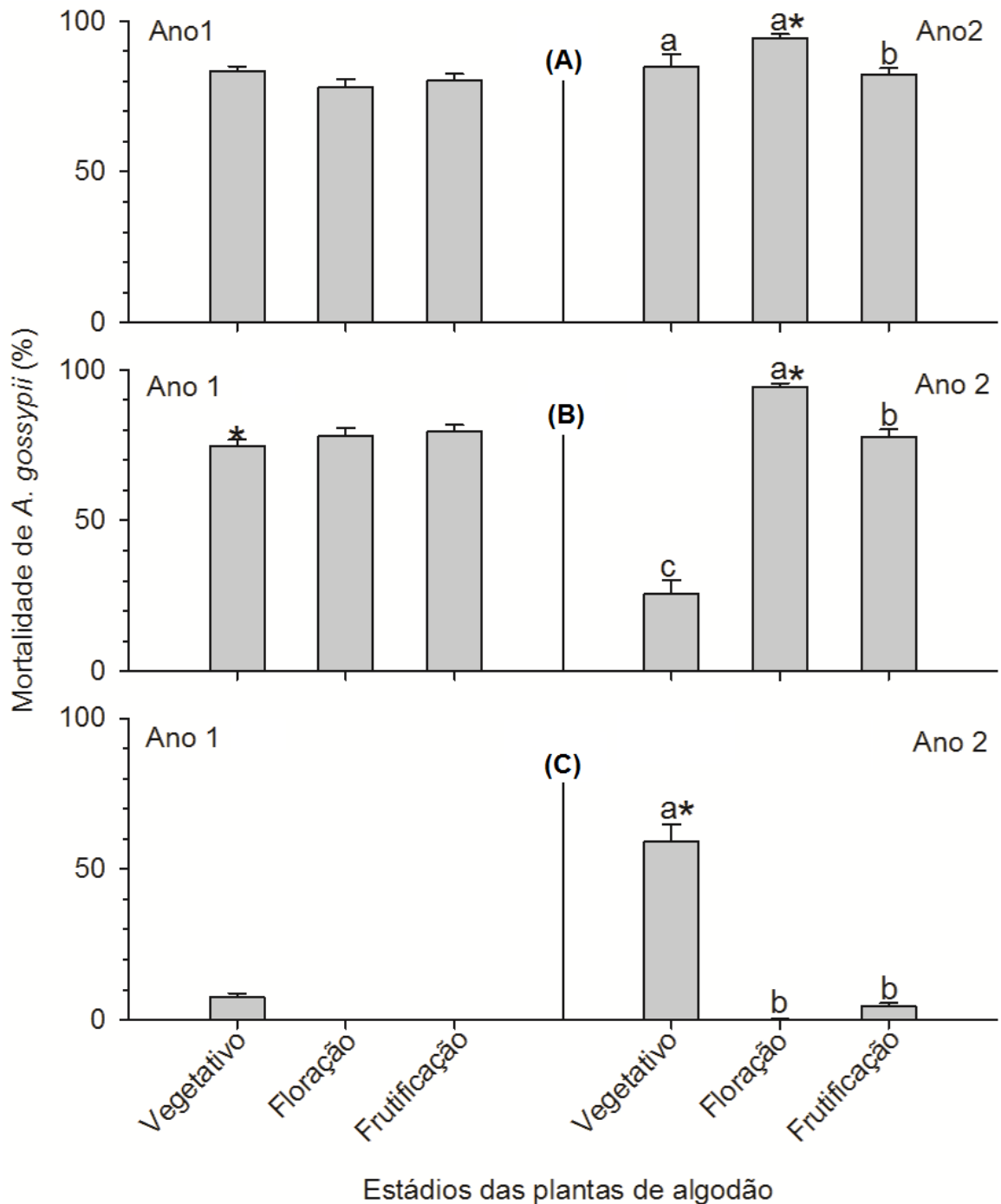
A mortalidade de *A. gossypii* por chuvas foi maior no segundo do que primeiro ano de cultivo tanto em plantas em na fase vegetativa nos dois genótipos (Figura 3C e 4C) como no algodão Bt-RR em frutificação (Figura 4C). Já a mortalidade de *A. gossypii* por chuvas nos dois anos foi semelhante tanto em plantas em floração nos dois genótipos (Figura 3C e 4C) como no algodão Bt-RR em frutificação (Figura 4C). A maior mortalidade total de *A. gossypii* ocorre em função da predação e das chuvas ( $F = 3453,6$ ;  $P < 0,0001$ ) (Figura 5A). E mortalidade por predação diminui em função da mortalidade causada por chuvas ( $F = 588,5$ ;  $P < 0,0001$ ) (Figura 5B).



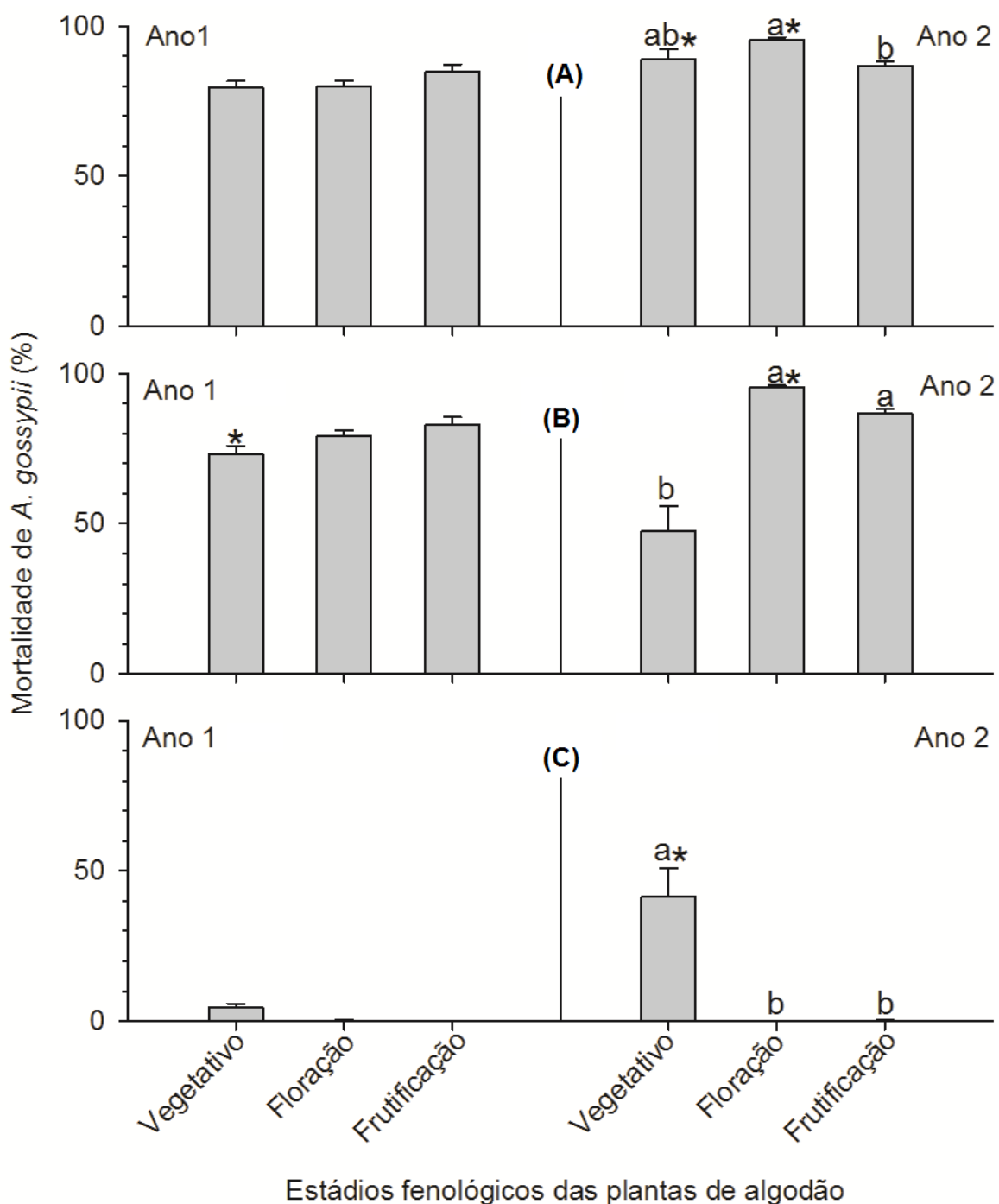
**Figura 1.** Fatores de mortalidade de *Aphis gossypii* em plantas de algodão não transgênico e algodão Bt-RR nas fases (A) vegetativa, (B) floração e (C) frutificação no primeiro ano de cultivo. Os histogramas seguidos pela mesma letra minúscula possuem médias que não diferem, entre si, pelo teste Tukey a  $P < 0,05$ .



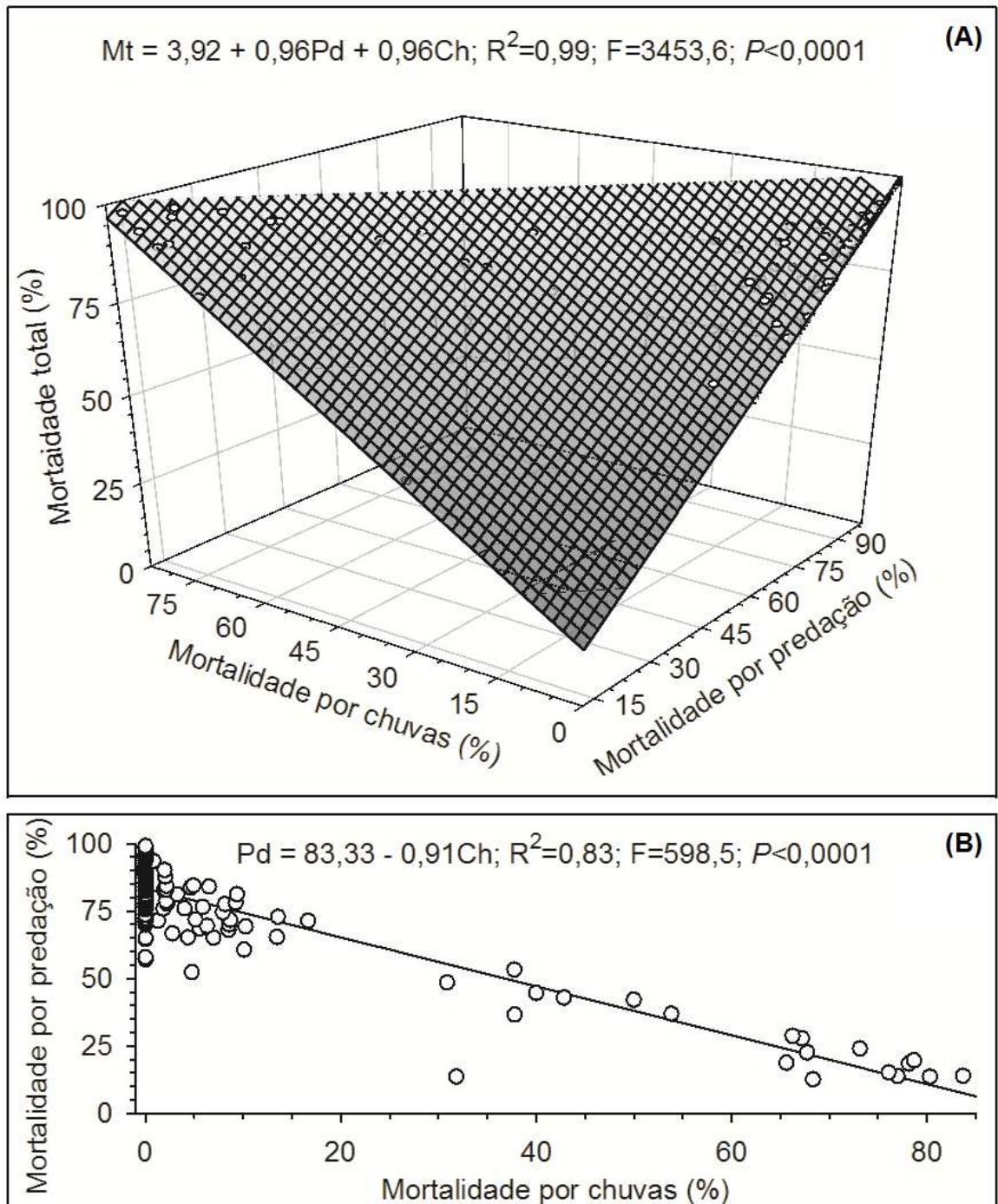
**Figura 2.** Fatores de mortalidade de *Aphis gossypii* em plantas de algodão não transgênico e algodão Bt-RR nas fases (A) vegetativo, (B) floração e (C) frutificação no segundo ano de cultivo. Os histogramas seguidos pela mesma letra minúscula possuem médias que não diferem, entre si, pelo teste Tukey a  $P < 0,05$ .



**Figura 3.** Mortalidades (média  $\pm$  erro padrão) (A) total e causadas por (B) predação e (C) chuvas a *Aphis gossypii* em função das fases fenológicas das plantas e anos de cultivo em algodão não transgênico. As letras minúsculas foram usadas nas comparações entre as fases fenológicas das plantas. As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem, entre si, pelo teste Tukey a  $P < 0,05$ . O asterisco (\*) foi usado nas comparações entre os anos de cultivo, sendo que média maior neste ano do que no outro, pelo teste F a  $P < 0,05$ .



**Figura 4.** Mortalidades (média  $\pm$  erro padrão) (A) total e causadas por (B) predação e (C) chuvas a *Aphis gossypii* em função da fase fenológica das plantas e anos de cultivo em algodão Bt-RR. As letras minúsculas foram usadas nas comparações entre as fases fenológicas das plantas. As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem, entre si, pelo teste Tukey a  $P < 0,05$ . O asterisco (\*) foi usado nas comparações entre os anos de cultivo, indicando média maior neste ano do que no outro, pelo teste F a  $P < 0,05$ .



**Figura 5.** (A) Mortalidade total (Mt) de *Aphis gossypii* em função das mortalidades causadas por predação (Pd) e chuvas (Ch). (B) Mortalidade de *A. gossypii* por predação (Pd) em função da mortalidade causada por chuvas (Ch).

#### 4. DISCUSSÃO

O fato da mortalidade natural de *A. gossypii* ter sido semelhante no algodão Bt-RR e no não transgênico indica que estes genótipos têm impacto semelhante sobre o desempenho biológico desse inseto. Naranjo (2010) observou essa semelhança nas populações de *A. gossypii* entre variedades de algodão Bt-RR e não transgênico em condições de campo. Este fato também tem implicações em programas de manejo integrado de pragas. Portanto, o manejo de *A. gossypii* deve ser efetuado de forma semelhante entre as variedades de algodão Bt-RR e não transgênico, pela realização de amostragem e utilização de níveis de controle (Bastos et al. 2006) e métodos de controle adequados (Fitt & Wilson 2005).

Neste trabalho foi verificada interação entre a fase fenológica das plantas e o ano de cultivo sobre a mortalidade natural de *A. gossypii*. Assim, houve uma tendência de maior ação dos fatores de mortalidade natural de *A. gossypii* em plantas nas fases vegetativa e floração, sobretudo devido à predação.

A maior mortalidade de *A. gossypii* por predadores em plantas em floração ocorreu, possivelmente, devido a atração que as flores exercem sobre os inimigos naturais. As flores contêm néctar e pólen, que são fonte de carboidratos, proteínas e vitaminas e estes nutrientes funcionam como suplemento de alimentação para os inimigos naturais (Honěk 1982, Lundgren et al. 2005).

As chuvas causaram maior mortalidade a *A. gossypii* em algodão na fase vegetativa devido à localização dos pulgões no seu dossel das plantas e ao seu menor tamanho neste estágio. As plantas de menor tamanho possuem

poucas folhas e, assim, os pulgões ficam mais expostos ao impacto de gotas das chuvas, que os derrubam das plantas. Além disto, foi verificado que nas plantas em fase vegetativa os pulgões ficavam, principalmente, nas folhas mais apicais. Essa localização deixa os pulgões mais expostos às gotas das chuvas que os derrubam das plantas.

Pelo fato dos predadores seguidos pela ação das chuvas terem sido os principais fatores de mortalidade natural de *A. gossypii*, isso tem implicações nos programas de manejo integrado das pragas do algodão. Assim, para a redução da intensidade de ataque de *A. gossypii* à cultura de algodão é necessário à preservação das populações de predadores, sobretudo dos Coleoptera: Coccinellidae que foram os principais inimigos naturais desta praga.

Para a preservação das populações de Coccinellidae é necessário o uso da seletividade de inseticidas, do sistema de tomada de decisão de controle e o aumento da diversidade de plantas nos agroecossistemas (Cottrell & Yeargan 1998, Bastos et al. 2006, Bacci et al. 2009). Neste contexto, o uso de inseticidas seletivos, como pirimicarbe (Gusmão et al. 2000), dimetoato e paratiom metílico (Bacci et al. 2009), contribui para a preservação destes predadores. Para aumento da diversidade de plantas nos agroecossistemas podem ser utilizadas faixas circundantes de plantas floríferas ao redor dos talhões de cultivo (Paula et al. 1998), manutenção de plantas daninhas (Cottrell & Yeargan 1998) e a preservação de matas (Honěk 1982). Estas plantas podem fornecer alimento (néctar e pólen) e abrigo para os Coccinellidae (Lundgren et al. 2005). Por outro lado, o uso de sistema de decisão contribui para diminuição de aplicações de inseticidas, o que, também, preserva as populações de inimigos naturais (Miranda et al. 1998, Bastos et al. 2006).

Pelo fato das chuvas terem sido um importante fator de regulação das populações de *A. gossypii* na cultura do algodoeiro indica que em períodos e locais chuvosos deve ser menor o ataque desta praga à cultura. As chuvas mataram os pulgões que se encontravam tanto na parte apical das plantas como na parte basal destas. Os pulgões que se encontravam na parte apical do dossel morreram por terem sido derrubados da planta pelas gotas das chuvas. E os pulgões que se encontravam na parte basal das plantas morreram devido ao respingo de lama nestas folhas. Portanto, este é primeiro estudo que relata de chuvas como fator importante causador de mortalidade de *A. gossypii* na cultura do algodoeiro.

A maior mortalidade de *A. gossypii* por chuvas ocorrida no segundo ano pode ter sido devido a maior intensidade pluviométrica naquele em relação ao primeiro ano. Pois, chuvas de maior intensidade possuem gotas de maior tamanho (Norris et al. 2002, Pereira et al. 2007a) e, portanto, de maior energia cinética (Norris et al. 2002). Foi observado que as chuvas de maior intensidade causaram maior mortalidade aos pulgões de duas formas. A primeira, atingindo com suas gotas de maior tamanho os pulgões que se encontravam na parte apical das plantas e, a segunda, respingando maior quantidade de lama sobre as folhas baixas, onde se encontrava outra parte destes insetos.

Além dos predadores e das chuvas, os distúrbios fisiológicos, fungos entomopatogênicos e parasitóides também causaram morte a *A. gossypii*, porém estes três últimos fatores causaram baixa mortalidade a este pulgão. Os distúrbios fisiológicos na muda causaram morte de *A. gossypii*, no último ínstar (4º ínstar). A morte de insetos por distúrbios fisiológicos durante as mudas está relacionada com a qualidade nutricional e fitoquímicos de defesa da planta (Semeão et al. 2012ab, Rosado et al. 2014a). Portanto, os fitoquímicos

presentes nas plantas de algodão podem estar relacionados com as mortes de *A. gossypii* por este fator. Segundo Ebert & Cartwright (1997) o gossipol presente nas plantas de algodão causa mortalidade a *A. gossypii*. Entretanto, muitas variedades desta cultura possuem baixa concentração deste fitoquímico (Cai et al. 2004) e, portanto, causam baixa mortalidade a este pulgão.

Neste trabalho foi verificado que em períodos chuvosos foi menor a predação de *A. gossypii*. Foi observado durante este trabalho que no momento de ocorrência das chuvas os predadores não realizaram predação de *A. gossypii*. Também foi observado que durante a ocorrência das chuvas os predadores se deslocavam para as partes mais internas da planta. Este comportamento dos predadores, possivelmente, é uma forma se protegerem das chuvas, já que o impacto de suas gotas pode causar a morte de insetos (Norris et al. 2002).

Em conclusão, neste trabalho foi determinado o impacto do algodão Bt-RR e das fases fenológicas das plantas nos fatores de mortalidade de *A. gossypii*. A predação, sobretudo por Coleoptera: Coccinellidae, foi a principal causa de mortalidade de *A. gossypii* seguida pelas chuvas. O algodão Bt-RR e não transgênico tiveram impacto semelhante sobre os fatores de mortalidade de *A. gossypii*. Em plantas na fase vegetativa é maior a mortalidade de *A. gossypii* por chuvas. Já em plantas em floração é maior a predação de *A. gossypii*. Porém, em períodos chuvosos é menor a predação de *A. gossypii*.

## 5. LITERATURA CITADA

Ahmed N., Holmquist B., Nasrin S., Ali M.P., Bari M.N., Begum M.A., Rabbi M.F. Impact of climate change on rice insect pests and their natural enemies. In: **Proceedings of International Conference on Climate Change Impact and Adaptation (I3CIA-2013)**. Bangladesh: CCCSR, 15-17, 2013.

Bacci L., Picanço M.C., Rosado J.F., Silva G.A., Crespo A.L.B., Pereira E.J.G. Conservation of natural enemies in brassica crops: comparative selectivity of insecticides in the management of *Brevicoryne brassicae*. (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae). **Applied Entomology and Zoology** 44: 103-113, 2009.

Bastos C.S, Picanço M.C., Silva T.B.M. Sistemas de amostragem e tomada de decisão no manejo integrado de pragas do algodoeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas** 10: 1119-1146, 2006.

Bednarz C.W. Nichols R.L. Phenological and morphological components of cotton crop maturity. **Crop Science** 45: 1497-1503, 2005.

Cai Y., Zhang H., Zeng Y., Mo J., Bao J., Miao C., Chen, F. An optimized gossypol high-performance liquid chromatography assay and its application in evaluation of different gland genotypes of cotton. **Journal of Biosciences** 29: 67-71, 2004.

Carvalho M.C.S., Ferreira G.B., Staut L.A. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: Freire, E.C. (Ed). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: Abrapa, 581-648, 2007.

Comai L., Sen L.C., Stalker D.M. An altered agroA gene product confers resistance to the herbicide glyphosate. **Science** 221: 370-371, 1985.

Cottrell T.E., Yeargan K.V. Influence of a native weed, *Acalypha ostryaefolia* (Euphorbiaceae), on *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) population density, predation, and cannibalism in sweet corn. **Environmental Entomology** 27: 1375-1385, 1998.

Crawley M.J. Insect herbivores and plant population dynamics. **Annual Review of Entomology** 34: 531-562, 1989.

Darvas B., Polgár L., El-Din M.H.T., Eröss K., Wing K.D. Developmental disturbances in different insect orders caused by an ecdysteroid agonist, RH 5849. **Journal of Economic Entomology** 85: 2107-2112, 1992.

Ebert T.A., Cartwright B. Biology and ecology of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). **Southwestern Entomologist** 22: 116-153, 1997.

Fitt G.P., Wilson L. Integration of Bt cotton in IPM systems: an Australian perspective. In: **Proceedings of the Second International Symposium on Biological Control of Arthropods**. Davos: ISBCA. 381-388, 2005

Godfrey L., Rosenheim J., Goodell P. Cotton aphid emerges as major pest in SJV cotton. **California Agriculture** 54: 26-29, 2000.

Gusmão M.R., Picanço M., Leite G.L.D., Moura M.F. Seletividade de inseticidas a predadores de pulgões. **Horticultura Brasileira** 18: 130-133, 2000.

Honěk A. Factors which determine the composition of field communities of adult aphidophagous Coccinellidae (Coleoptera). **Zeitschrift für Angewandte Entomologie** 94: 157-168, 1982.

James C. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2014. **ISAAA Brief n.49**. Ithaca: ISAAA, 2014.

Leite G.L.D., Picanço M.C., Zanuncio J.C., Ecole C.C. Factors affecting herbivory of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) e *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) on the eggplant (*Solanum melongena*). **Brazilian Archives of Biology & Technology** 49: 361-369 2006.

Leite G.L.D., Picanço M.C., Zanuncio J.C., Gusmão M.R. Factors affecting colonization e abundance of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) on okra plantations. **Ciência e Agrotecnologia** 31: 337-343 2007.

Lundgren J.G, Huber A., Wiedenmann R.N. Quantification of consumption of corn pollen by the predator *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) during anthesis in an Illinois cornfield. **Agricultural and Forest Entomology** 7: 53-60, 2005.

Miranda M.M.M., Picanço M.C., Leite G.L.D., Zanuncio J.C., Clercq P. Sampling and non-action levels for predators and parasitoids of virus vectors and leaf miners of tomato in Brazil. **Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschap** 63: 519-523, 1998.

Naranjo S.E. Impacts of Bt transgenic cotton on integrated pest management. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 59: 5842-5851, 2010.

Norris R.J., Memmott J., Lovell D.J. The effect of rainfall on the survivorship and establishment of a biocontrol agent. **Journal of Applied Ecology** 39: 226-234, 2002.

Paula S.V., Picanço M.C., Vilela E.F., Fontes P.C.R. Incidência de insetos vetores de fitovírus em tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Solanaceae) circundando por faixas de culturas. **Revista Brasileira de Entomologia** 41: 555-558, 1998.

Pereira E.J.G., Picanço M.C., Bacci L., Crespo A.L.B., Guedes R.N.C. Seasonal mortality factors of the Coffee leafminer *Leucoptera coffeella*. **Bulletin of Entomological Research** 97: 421-432, 2007a.

Pereira E.J.G., Picanço M.C., Bacci L., Lucia T.M.C.D.; Silve E.M.; Fernandes, F.L. Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. **Biocontrol Science and Tecnologia** 17: 441-455, 2007b.

Perlak F.J., Oppenhuizen M., Gustafson K., Voth R., Sivasupramaniam S., Heering D., Carey B., Ihrig R.A., Roberts J.K. Development and commercial use of Bollgard® cotton in the USA: Early promises versus today's reality. **The Plant Journal** 27: 489-501, 2001.

Rosado J.F., Bacci L., Martins J.C., Silva G.A., Gontijo L.M., Picanço M.C. Natural biological control of green scale (Hemiptera: Coccidae): a field life-table study. **Biocontrol Science and Technology** 24: 190-202, 2014a.

Rosado J.F., Sarmiento R.A., Pedro-Neto M., Galdino T.V., Marques R.V., Erasmo E.A., Picanço M.C. Sampling plans for pest mites on physic nut. **Experimental and Applied Acarology** 63: 521-534, 2014b.

Rosado J.F., Picanço M.C., Sarmiento R.A., Silva R.S., Pedro-Neto M., Carvalho M.A., Silva L.C.R. Seasonal variation in the populations of *Polyphagotarsonemus latus* and *Tetranychus bastosi* in physic nut (*Jatropha curcas*) plantations. **Experimental and Applied Acarology** 66: 415-26, 2015a.

Rosado J.F., Picanço M.C., Sarmiento R.A., Pereira R.M., Pedro-Neto M., Galdino T.V., Erasmo E.A. Geostatistics as a tool to study mite dispersion in physic nut plantations. **Bulletin of Entomological Research** 1-7, 2015b.

Shah, P. A., & Pell, J. K. Entomopathogenic fungi as biological control agents. **Applied microbiology and biotechnology** 61: 413-423, 2003.

SAS Institute. **SAS for Windows Version 9.0**. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA, 2002.

Schoonhoven L.M., Van Loon J.J.A., Dike M. **Insect-plant biology**, 2ed., Oxford University, 421p, 2005.

Semeão A.A., Martins J.C., Picanço M.C., Bruckner C.H., Bacci L. Rosado J.F. Life tables for the guava psyllid *Triozoida limbata* in southeastern Brazil. **BioControl**, Dordrecht, 1: 1-10, 2012a.

Semeão, A.A. Martins J.C., Picanço M.C., Chediak M., da Silva E.M., Silva G.A. Seasonal variation of natural mortality factors of the guava psyllid *Triozoida limbata*. **Bulletin of Entomological Research** 1: 1-11, 2012b.

Van Emden H.F., Harrington R. **Aphids as crop pests**. London: CABI, 2007.

Walker M., Jones, T.H. Relative roles of top-down and bottom-up forces in terrestrial tritrophic plant-insect herbivore-natural enemy systems. **Oikos** 93: 177-187, 2001.

## CONCLUSÕES GERAIS

O algodão Bt-RR e não transgênico têm impacto semelhante sobre os fatores de mortalidade de *A. gossypii*. Os fatores de mortalidade desta praga são predadores, chuvas, parasitismo, fungos e distúrbios fisiológicos. A predação e as chuvas são os fatores chave de mortalidade, que regulam o tamanho da população de *A. gossypii*. Em períodos chuvosos a predação é menor.

Em plantas na fase vegetativa, os estádios críticos de mortalidade de *A. gossypii* são as ninfas, sobretudo, de primeiro e quarto ínstars. Na fase de floração os seus estádios críticos de mortalidade são todos ínstars ninfais. Na fase de frutificação as ninfas, sobretudo as do quarto ínstar, são o estágio crítico de mortalidade.

De forma geral, a ação de predadores é maior em plantas nas fases floração, seguida da fase vegetativa. Na fase de frutificação a predação não é fator importante de mortalidade de *A. gossypii*.

Assim, os programas de manejo integrado de *A. gossypii* devem ser efetuados de forma semelhante entre o algodão Bt-RR e o não transgênico. Para tanto, devem ser adotadas medidas de controle, baseadas na amostragem e na utilização de nível de controle, de modo a preservar os inimigos naturais, sobretudo, predadores nas plantas em fases vegetativa e floração.