

YURI JIVAGO RAMOS

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE *Anastrepha fraterculus* EM  
POMARES DE MAÇÃ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2017

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

T

R175d Ramos, Yuri Jivago, 1977-  
2017 Distribuição espaço-temporal de *Anastrepha fraterculus* em  
pomares de maçã / Yuri Jivago Ramos. – Viçosa, MG, 2017.  
iv, 19f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Marcelo Coutinho Picanço.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Mosca-das-frutas. 2. Maçã. I. Universidade Federal de  
Viçosa. Departamento de Entomologia. Programa de  
Pós-graduação em Defesa Sanitária Vegetal. II. Título.

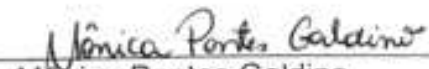
CDD 22 ed. 595.77

YURI JIVAGO RAMOS


**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE *Anastrepha fraterculus* EM  
POMARES DE MAÇÃ**

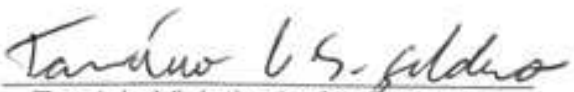
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 27 de fevereiro de 2017.

  
Mônica Pontes Galdino

  
Jander Fagundes Rosado

  
Ricardo Siqueira da Silva

  
Tarcísio Visintin da Silva Galdino  
(Coorientador)

  
Marcelo Coutinho Picanço  
(Orientador)

## SUMÁRIO

|   |      |
|---|------|
| RESUMO .....  | iii  |
| ABSTRACT .....  | iiiv |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 1    |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS .....   | 2    |
| 2.1. Condições experimentais .....  | 2    |
| 2.2. Amostragem de <i>A. fraterculus</i> .....  | 3    |
| 2.3. Dados climáticos .....   | 3    |
| 2.4. Análises estatísticas .....  | 3    |
| 3. RESULTADOS .....   | 4    |
| 3.1. Variação sazonal de <i>A. fraterculus</i> e dos elementos climáticos nos pomares de maçã ..... | 4    |
| 3.2. Distribuição espacial de <i>A. fraterculus</i> nos pomares de maçã .....                       | 8    |
| 4. DISCUSSÃO .....  | 15   |
| 5. CONCLUSÕES .....   | 16   |
| 6. LITERATURA CITADA .....  | 17   |

## RESUMO

RAMOS, Yuri Jivago, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2017. **Distribuição espaço-temporal de *Anastrepha fraterculus* em pomares de maçã.** Orientador: Marcelo Coutinho Picanço. Coorientadores: Tarcísio Visintin da Silva Galdino e Renato de Almeida Sarmento.

Os estudos da dinâmica espaço-temporal das pragas possibilitam determinar as épocas e os locais de maior ataque das pragas e assim, planejar a amostragem e o controle destes organismos. A mosca das frutas *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) constitui uma praga chave nos cultivos de maçã na região neotropical e ela tem importância quarentenária nas outras partes do mundo. Assim, este trabalho teve por objetivo de determinar a distribuição espaço-temporal de *A. fraterculus* em pomares de maçã. Para tanto, a variação sazonal e espacial da densidade dos adultos desta praga foi avaliado, usando armadilhas tipo Mcphail, durante três anos em dois pomares de maçã de grande tamanho (135 e 273 ha). O padrão de distribuição espacial da praga variou ao longo dos anos e em diferentes locais. Os focos de ataque da praga tiveram no início pequeno tamanho e posteriormente eles se estenderam por todo o pomar. As densidades de *A. fraterculus* foram maiores em períodos do ano mais quentes e quando as macieiras possuíam frutos. Em anos de menor pluviosidade foi maior o ataque da praga. Portanto, este trabalho possibilitou o entendimento da dinâmica espaço-temporal das populações de *A. fraterculus* nos pomares de maçã. Conhecimento este que poderá ser utilizado pelos agricultores na tomada de decisão de controle da praga minimizando os custos de produção, reduzindo os danos da praga e o impacto negativo do uso de métodos de controle.

## ABSTRACT

RAMOS, Yuri Jivago, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2017.  
**Spatio-temporal distribution of *Anastrepha fraterculus* in apple orchards.**  
Advisor: Marcelo Coutinho Picanço. Co-advisors: Tarcísio Visintin da Silva Galdino and Renato de Almeida Sarmento.

The studies of the spatio-temporal dynamics of pests enables determining the period and areas of greatest pest attack and, therefore, planning the sampling and controlling of these organisms. The fruit fly *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae), is a key pest in the apple crops in neotropical region, and it is of quarantine importance in other parts of the world. Thus, this work aimed to determine the spatiotemporal distribution of *A. fraterculus* in apple orchards. To do so, the seasonal and spatial variation of adult density was evaluated, using Mcphail-type traps, during three years in two large apple orchards (135 and 273 ha). The spatial distribution pattern of the pest varied over the years in different locations. The pest attack outbreaks had at first small size and subsequently they spread throughout the orchard. The densities of *A. fraterculus* were higher in warmer periods and when apple trees had fruits. In some years of lower rainfall the pest attack was greater. Therefore, this work allowed understanding the spatiotemporal dynamics of *A. fraterculus* populations in apple orchards. This knowledge can be employed by farmers in decision-making system, reducing the production costs, pest damage and negative impact of control methods.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos estudos da dinâmica espaço-temporal das pragas é avaliada a variação sazonal das populações destes organismos e sua distribuição espacial nas lavouras (Rosado et al. 2014, Rosado et al. 2015). Estes estudos possibilitam determinar as épocas e os locais de maior ataque das pragas e assim, planejar a amostragem e controle destes organismos (Barrigossi et al. 2001, Bacca et al. 2006).

Nos estudos de variação sazonal das populações das pragas é possível determinar os fatores ambientais que influenciam o ataque da praga. Entre estes fatores estão os elementos climáticos e as fases fenológicas das plantas (Messina & Jones 1990, Rosado et al. 2014). Entre os elementos climáticos, geralmente a temperatura do ar e as chuvas são aqueles que mais afetam as populações de insetos. A temperatura do ar influencia principalmente a sobrevivência, desenvolvimento e reprodução dos insetos. Já as chuvas causam mortalidade aos insetos e influenciam a sua dispersão (Wellington 1957, Pereira et al. 2007). Nas diferentes fases fenológicas ocorrem modificações morfológicas e fisiológicas nas plantas que influenciam as concentrações de nutrientes e as defesas contra herbívoros. Além disto, nas fases de floração e frutificação as plantas emitem flores e frutos que servem de alimento para herbívoros que se especializaram em utilizá-los (Bernays & Chapman 1994, Gurevitch et al. 2006, Newton et al. 2009).

Os estudos de distribuição espacial das pragas possibilitam o entendimento dos mecanismos de dispersão e colonização das áreas de cultivo por estes organismos (Rosado et al. 2014, Rosado et al. 2015). O padrão de distribuição espacial de pragas nas lavouras pode ser agregado, aleatório ou uniforme. Na distribuição agregada se da na forma de grupos, vários indivíduos são atraídos para o mesmo local do ambiente. A distribuição aleatória se da ao acaso quando a probabilidade de ocorrência de um indivíduo, é independente e igual em qualquer local do espaço. Já na distribuição uniforme, os indivíduos se distribuem mais homoganeamente espaçados (Elliott 1983, Krebs 1989). A ferramenta mais adequada a ser utilizada nos estudos de distribuição espacial das pragas nas lavouras é a geoestatística. Isto ocorre devido a geoestatística possibilitar a determinação direta do padrão de distribuição espacial da praga na lavoura além de gerar mapas que possibilitam a visualização desta

distribuição (Bacca et al. 2006, Gumprecht et al.2009, Rosado et al. 2015).

Entre as espécies de plantas cultivadas a maçã (*Malus domestica* Borkh) tem grande importância sendo a terceira fruta mais consumida no mundo representando 10,19% do consumo mundial de frutas com uma produção anual de 84,63 milhões de toneladas (FAO 2014). Na safra 2014/2015 a cadeia produtiva da cultura da maçã no Brasil obteve uma receita de R\$ 6 bilhões e gerou cerca de 195 mil empregos diretos e indiretos (Kist et al. 2016).

As moscas das frutas (Diptera: Tephritidae) estão entre as principais pragas da maçã no mundo. Suas larvas broqueiam os frutos deixando-os impróprios para o consumo. Após o ataque desta praga os frutos caem ao solo e apodrecem. A espécie mais importante deste grupo de pragas na região neotropical é *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Santos et al. 2015, Bortoli et al. 2016). Ela ocorre nas Américas Central e do Sul, Caribe, México e de forma restrita nos Estados Unidos. Além disto, *A. fraterculus* é praga quarentenária nos demais países do mundo (CABI 2015). No Brasil *A. fraterculus* causa perdas de R\$ 25 milhões por ano aos cultivos de maçã (Kist et al. 2015).

Apesar da importância de *A. fraterculus* como praga da maçã e dos estudos da dinâmica espaço-temporal destes organismos pouco se conhece sobre este assunto. Assim, este trabalho teve por objetivo determinar a distribuição espaço-temporal de *A. fraterculus* em pomares de maçã.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Condições experimentais**

Este trabalho foi conduzido durante três anos (2005 a 2007) em dois pomares de maçã no estado de Santa Catarina. Os locais possuem clima temperado úmido. O primeiro pomar se localiza Monte Carlo-SC, (27°13'20" S e 50°58'44" O e altitude de 942 m), possui 135 ha e no início do trabalho as plantas possuíam sete anos de idade e o espaçamento usado é de 4,0 x 1,4 m. Já o segundo pomar se localiza em Lebon Regis-SC (26°55'48" S e 50°41'32" O e altitude de 980 m), possui 273 ha e no início do trabalho as plantas possuíam 10 anos de idade e o espaçamento usado é de 4,5 x 1,4 m. Nos pomares são adotadas práticas normais de cultivo conforme Freire et al.

(1994). Nos pomares as plantas são das cultivares Gala com 75% da área plantada e Fuji com 25%, plantados em filas alternadas.

## **2.2. Amostragem de *A. fraterculus***

Para amostragem de *A. fraterculus* foram utilizadas armadilhas tipo Mcphail instaladas em plantas de macieira a uma altura de 1,60m do solo. Foram utilizadas 40 armadilhas no local 1 e 70 armadilhas no local 2. Como atrativo alimentar foi utilizada proteína hidrolisada a 5%, a troca do atrativo ocorreu semanalmente, na triagem da armadilha coou-se o líquido em peneiras e contou-se no local os exemplares de mosca-das-frutas capturados. Todas as armadilhas foram georreferenciadas e o monitoramento foi realizado duas vezes por semana para obtenção do número de moscas por armadilha dia (MAD), durante os anos de 2005, 2006 e 2007. Também foi monitorado o estágio fenológico das plantas.

## **2.3. Dados climáticos**

Os dados climáticos foram obtidos a partir de estações climatológicas convencionais instaladas nos próprios locais de estudo. Foram utilizados os dados de: temperatura (máxima, média e mínima em °C) e precipitação pluviométrica (mm) e de fotoperíodo.

## **2.4. Análises estatísticas**

Foram calculadas as médias e erros padrões das densidades de *A. fraterculus* e para os elementos climáticos. A partir destes dados foram confeccionadas curvas de variação sazonal destas características. Também foram calculados as densidades média e máxima da praga, o número de vezes em que a praga atingiu o nível de controle ( $0,5 \text{ adultos. armadilha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ ) (Bortoli et al. 2016), temperatura média do ar, total de chuvas e fotoperíodo (mínimo e máximo) em cada local e ano.

Para verificar os padrões de distribuição espacial da praga foram realizadas análises geoestatísticas utilizando-se o *software* ArcGis (ESRI 2016). As análises foram realizadas data de avaliação da praga em cada pomar. Por meio do semivariograma foi verificada a possível existência de dependência espacial para a praga em questão. A partir deste semivariograma foi observado como se dá a distribuição da praga (agregada,

aleatória ou uniforme). Após isso, foram selecionados os modelos teóricos com os melhores ajustes ao semivariograma (Liebhold et al. 1993). Para cada modelo foi considerada a anisotropia. Após a escolha dos modelos, foi realizada a krigagem ordinária, onde os dados foram interpolados para os locais não amostrados a fim de construir-se os mapas de distribuição espacial (Murphy & Sternitzke 1979, Isaaks & Srivastava 1989, Rosado et al. 2015). Isso foi realizado para os dados coletados ao longo do período de coleta para observar-se, ao longo do tempo, os padrões de dispersão da mosca-das-frutas.

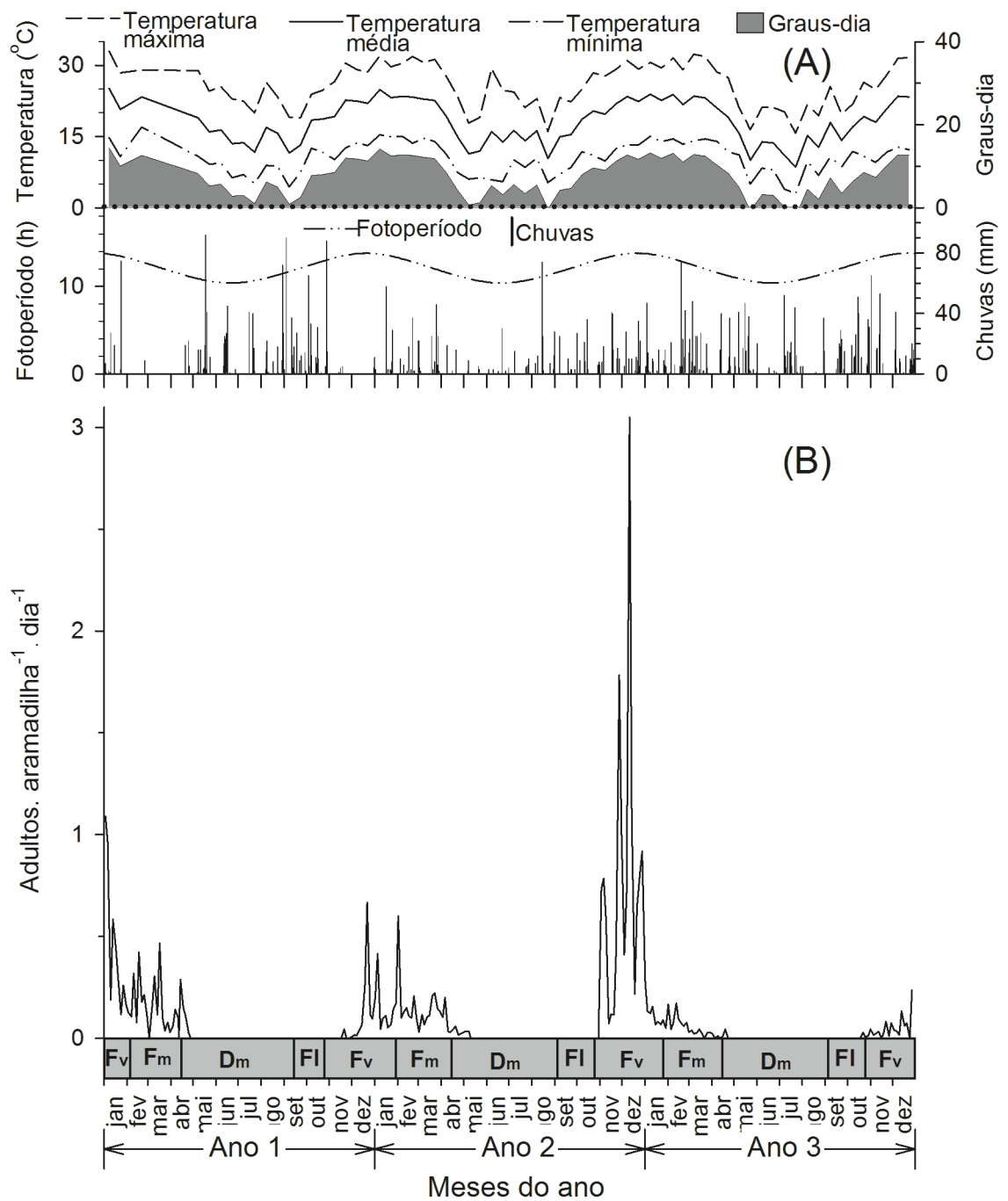
### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Variação sazonal de *A. fraterculus* e dos elementos climáticos nos pomares de maçã**

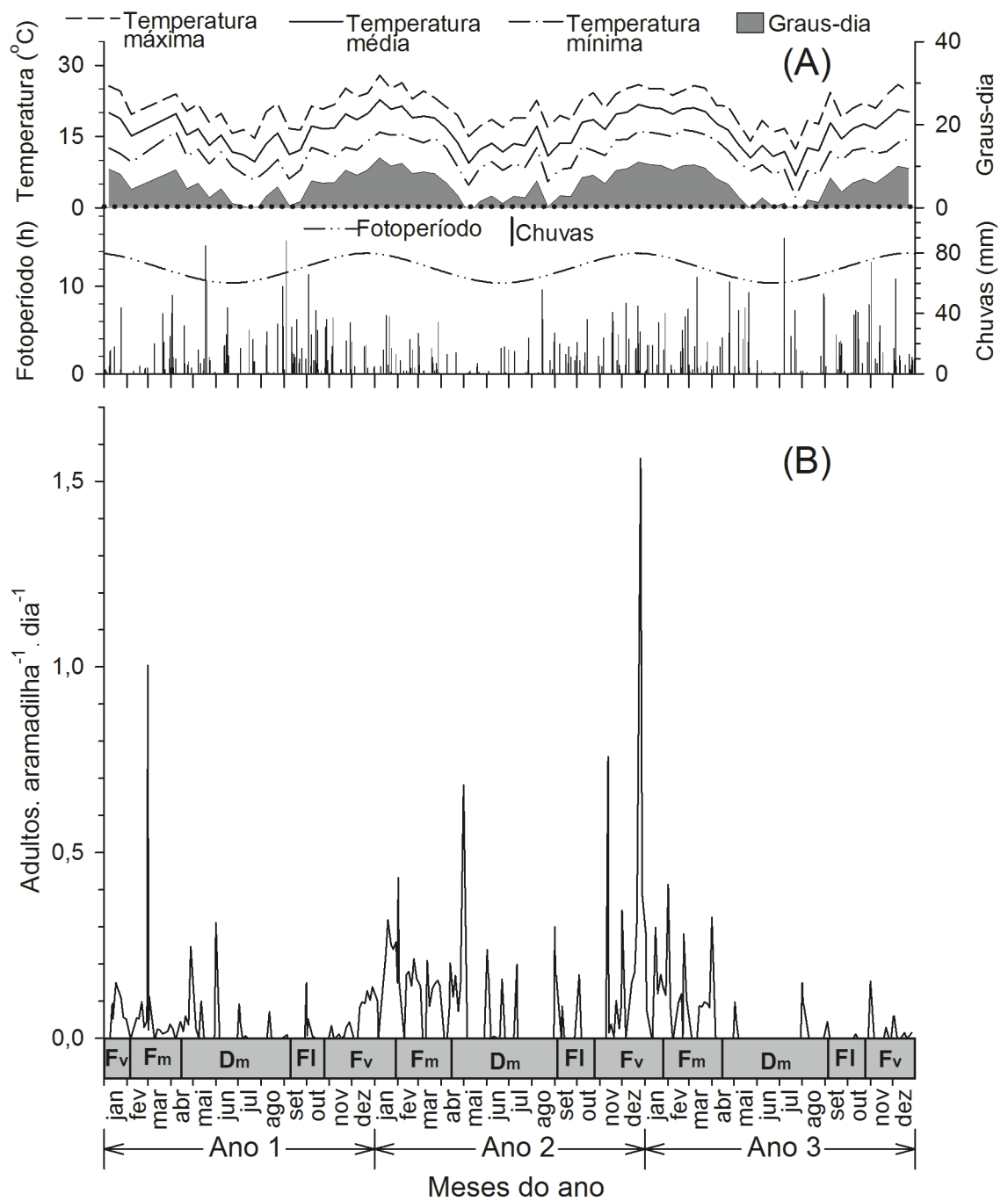
No local 1 o ataque da praga foi do início de novembro ao final de abril e quando as plantas de maçã estavam em fase de frutificação (Figura 1B). Já no local 2 o ataque da praga ocorreu ao longo de todo o ano (Figura 2B).

Nos dois primeiros anos o ataque da praga foi maior no local 1 do que no local 2. Nestes dois primeiros anos a população da praga atingiu o nível de controle nos dois locais. Já no terceiro ano o ataque da praga foi baixo e semelhante nos dois locais e nele a praga não atingiu o nível de dano econômico. No primeiro ano a população da praga atingiu o nível de controle por três vezes no local 1 e uma vez no local 2. No segundo ano a população da praga atingiu o nível de controle oito vezes no local 1 e três vezes no local 2 (Figuras 1A e 2A e Tabela 1).

As chuvas ocorreram durante todo o ano nos dois locais. No primeiro ano a pluviosidade foi maior no local 1 do que no local 2. No segundo e terceiro ano a pluviosidade foi semelhante nos dois locais. No segundo ano a pluviosidade foi menor do que aquela que ocorreu nos dois outros anos (Figuras 1A e 2A e Tabela 1).



**Figura 1.** Variação sazonal (A) dos elementos climáticos e (B) da densidade de *Anastrepha fraterculus* (media  $\pm$  erro padrão) e as fases fenológicas das plantas de maçã em pomar no local 1. Fv = frutos verdes, Fm = frutos maduros, Dm = dormência e FI = floração.



**Figura 2.** Variação sazonal (A) dos elementos climáticos e (B) da densidade de *Anastrepha fraterculus* (media  $\pm$  erro padrão) e as fases fenológicas das plantas de maçã em pomar no local 2. Fv = frutos verdes, Fm = frutos maduros, Dm = dormência e FI = floração.

**Tabela 1.** Densidades de *Anastrepha fraterculus*, temperatura do ar, chuvas anuais e fotoperíodo em dois pomares de maçã durante três anos.

| Características   | Ano 1         |               | Ano 2         |               | Ano3          |               |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | Local 1       | Local 2       | Local 1       | Local 2       | Local 1       | Local 2       |
| Densidade média<br>(adultos. armadilha <sup>-1</sup> . dia <sup>-1</sup> )  | 0,09 ± 0,02   | 0,04 ± 0,01   | 0,20 ± 0,04   | 0,11 ± 0,02   | 0,04 ± 0,01   | 0,04 ± 0,01   |
| Densidade máxima<br>(adultos. armadilha <sup>-1</sup> . dia <sup>-1</sup> ) | 1,09 ± 0,25   | 1,00 ± 0,22   | 3,05 ± 0,41   | 1,56 ± 0,63   | 0,29 ± 0,08   | 0,41 ± 0,11   |
| N <sup>o</sup> de vezes em que a praga atingiu o nível de controle          | 3             | 1             | 8             | 3             | 0             | 0             |
| Temperatura média do ar (°C)  | 17,91 ± 0,22  | 15,63 ± 0,70  | 17,98 ± 0,91  | 16,49 ± 0,78  | 18,07 ± 0,98  | 16,32 ± 0,84  |
| Chuvas (mm. ano <sup>-1</sup> )   | 1354          | 1742          | 1139          | 1219          | 1860          | 1759          |
| Fotoperíodo em horas (mínimo - máximo)                                      | 10,38 - 13,80 | 10,38 - 13,80 | 10,38 - 13,80 | 10,38 - 13,80 | 10,38 - 13,80 | 10,38 - 13,80 |

Na tabela: os números após o sinal de ± representam o erro padrão da média.

No local 1 a temperatura média variou de 8,60 (julho) a 25,13° C (janeiro). Já no local 2 a temperatura média variou de 8,0 (agosto) a 22° C (janeiro). No primeiro ano a temperatura média do ar foi um pouco maior no local 1 do que no local 2. Já nos dois outros anos as temperaturas médias do ar foram semelhantes nos dois locais. O número de graus-dia a serem usados no desenvolvimento de *A. fraterculus* variaram de 0 (julho) a 14,41 (janeiro). O fotoperíodo foi semelhante nos dois locais e ele variou ao longo do ano de 10,38 (junho-julho) a 13,80 horas (dezembro) (Figuras 1A e 2A e Tabela 1).

Foram observadas correlações positivas e significativas ( $P < 0,05$ ) da densidade de *A. fraterculus* com a temperatura do ar, graus-dia a serem usados no desenvolvimento deste inseto e fotoperíodo. Por outro lado, foi observada correlação negativa e significativa ( $P < 0,05$ ) da densidade de *A. fraterculus* com a pluviosidade. Também foram maiores as densidades de *A. fraterculus* nos períodos que as plantas de maçã estavam em frutificação (Figuras 1 e 2 e Tabela 2).

### **3.2. Distribuição espacial de *A. fraterculus* nos pomares de maçã**

Em 197 avaliações (103 no local 1 e 94 no local 2) a distribuição espacial de *A. fraterculus* nos pomares de maçã foi uniforme e estes modelos só apresentaram efeito pepita. Já em 69 avaliações (35 no local 1 e 34 no local 2) os modelos apresentaram graus de dependência espacial de 0,00 a 0,75 o que demonstra que nestas situações a distribuição espacial de *A. fraterculus* nos pomares de maçã foi agregada. Dos modelos de distribuição agregada 55 foram esféricos, quatro foram exponenciais e 10 foram gaussianos (Tabelas 3 e 4).

**Tabela 2.** Correlações de Spearman ( $r$ ) das densidades de *Anastrepha fraterculus* com os elementos climáticos e fases fenológicas das plantas de maçã.

| Variável                                       | $r$   | $z$   | $P$     |
|--|-------|-------|---------|
| Temperatura media do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 0,58  | 5,75  | <0,0001 |
| Graus-dia                                      | 0,58  | 5,75  | <0,0001 |
| Fotoperíodo (horas)                            | 0,53  | 5,24  | <0,0001 |
| Chuvas ( $\text{mm. dia}^{-1}$ )               | -0,18 | -1,83 | 0,0334  |
| Fase fenológica da planta*                     | 0,60  | 5,96  | <0,0001 |

\* As fases fenológicas das plantas foram representadas pelos números 1 (vegetativo), 2 (floração), 3 (frutos verdes) e 4 (frutos maduros).

**Tabela 3.** Características dos modelos de distribuição espacial de adultos de *Anastrepha fraterculus* em pomar de maçã no local 1.

| Data       | Modelo      | C <sub>0</sub> | Alcance (m) | C+C <sub>0</sub> | RSD  |
|------------|-------------|----------------|-------------|------------------|------|
| 03/01/2005 | Esférico    | 0,9693         | 811,91      | 3,66             | 0,21 |
| 06/01/2005 | Esférico    | 0,5963         | 1045,64     | 1,47             | 0,29 |
| 13/01/2005 | Esférico    | 0,1447         | 1529,39     | 0,28             | 0,34 |
| 03/02/2005 | Esférico    | 0,0000         | 1079,57     | 0,08             | 0,00 |
| 10/02/2005 | Gaussiano   | 0,0798         | 327,75      | 0,25             | 0,24 |
| 17/02/2005 | Esférico    | 0,8215         | 980,96      | 1,47             | 0,36 |
| 21/02/2005 | Exponencial | 0,0273         | 1079,57     | 0,21             | 0,12 |
| 24/02/2005 | Gaussiano   | 0,0875         | 1079,57     | 0,54             | 0,14 |
| 07/03/2005 | Esférico    | 0,1762         | 1137,81     | 0,34             | 0,34 |
| 21/03/2005 | Esférico    | 0,0874         | 1027,96     | 0,22             | 0,28 |
| 21/04/2005 | Gaussiano   | 0,0001         | 950,13      | 0,07             | 0,00 |
| 26/12/2005 | Esférico    | 0,0033         | 1029,32     | 0,02             | 0,13 |
| 05/01/2006 | Esférico    | 0,2104         | 353,96      | 0,30             | 0,41 |
| 06/03/2006 | Esférico    | 0,0141         | 565,18      | 0,05             | 0,23 |
| 20/03/2006 | Esférico    | 0,0331         | 550,19      | 0,12             | 0,22 |
| 30/03/2006 | Esférico    | 0,0169         | 672,28      | 0,06             | 0,23 |
| 06/04/2006 | Esférico    | 0,0340         | 1027,79     | 0,06             | 0,37 |
| 03/11/2006 | Gaussiano   | 0,0054         | 1027,79     | 0,24             | 0,02 |
| 09/11/2006 | Esférico    | 0,1006         | 1580,06     | 0,30             | 0,25 |
| 23/11/2006 | Exponencial | 0,0254         | 1029,32     | 0,17             | 0,13 |
| 27/11/2006 | Esférico    | 0,2717         | 1027,79     | 1,69             | 0,14 |
| 30/11/2006 | Gaussiano   | 0,1713         | 1493,40     | 1,04             | 0,14 |
| 07/12/2006 | Esférico    | 0,4931         | 1248,92     | 1,12             | 0,31 |
| 18/12/2006 | Gaussiano   | 0,0175         | 343,74      | 0,14             | 0,11 |
| 28/12/2006 | Gaussiano   | 0,7215         | 1027,79     | 0,99             | 0,42 |
| 15/01/2007 | Esférico    | 0,0000         | 343,74      | 0,01             | 0,00 |
| 22/01/2007 | Esférico    | 0,0083         | 343,74      | 0,02             | 0,29 |
| 25/01/2007 | Esférico    | 0,0122         | 1025,79     | 0,03             | 0,33 |
| 12/02/2007 | Esférico    | 0,0000         | 343,74      | 0,21             | 0,00 |
| 22/02/2007 | Esférico    | 0,0035         | 1026,39     | 0,01             | 0,21 |
| 19/04/2007 | Esférico    | 0,0019         | 327,75      | 0,01             | 0,13 |
| 22/10/2007 | Gaussiano   | 0,0055         | 1368,64     | 0,01             | 0,32 |
| 06/12/2007 | Esférico    | 0,0081         | 1250,70     | 0,02             | 0,35 |
| 17/12/2007 | Gaussiano   | 0,0092         | 1163,08     | 0,03             | 0,26 |
| 27/12/2007 | Esférico    | 0,0554         | 1831,21     | 0,15             | 0,28 |

No cabeçalho: C<sub>0</sub> = efeito pepita, C+C<sub>0</sub> = patamar e RSD = grau de dependência espacial.

**Tabela 4.** Características dos modelos de distribuição espacial de adultos de *Anastrepha fraterculus* em pomar de maçã no local 2.

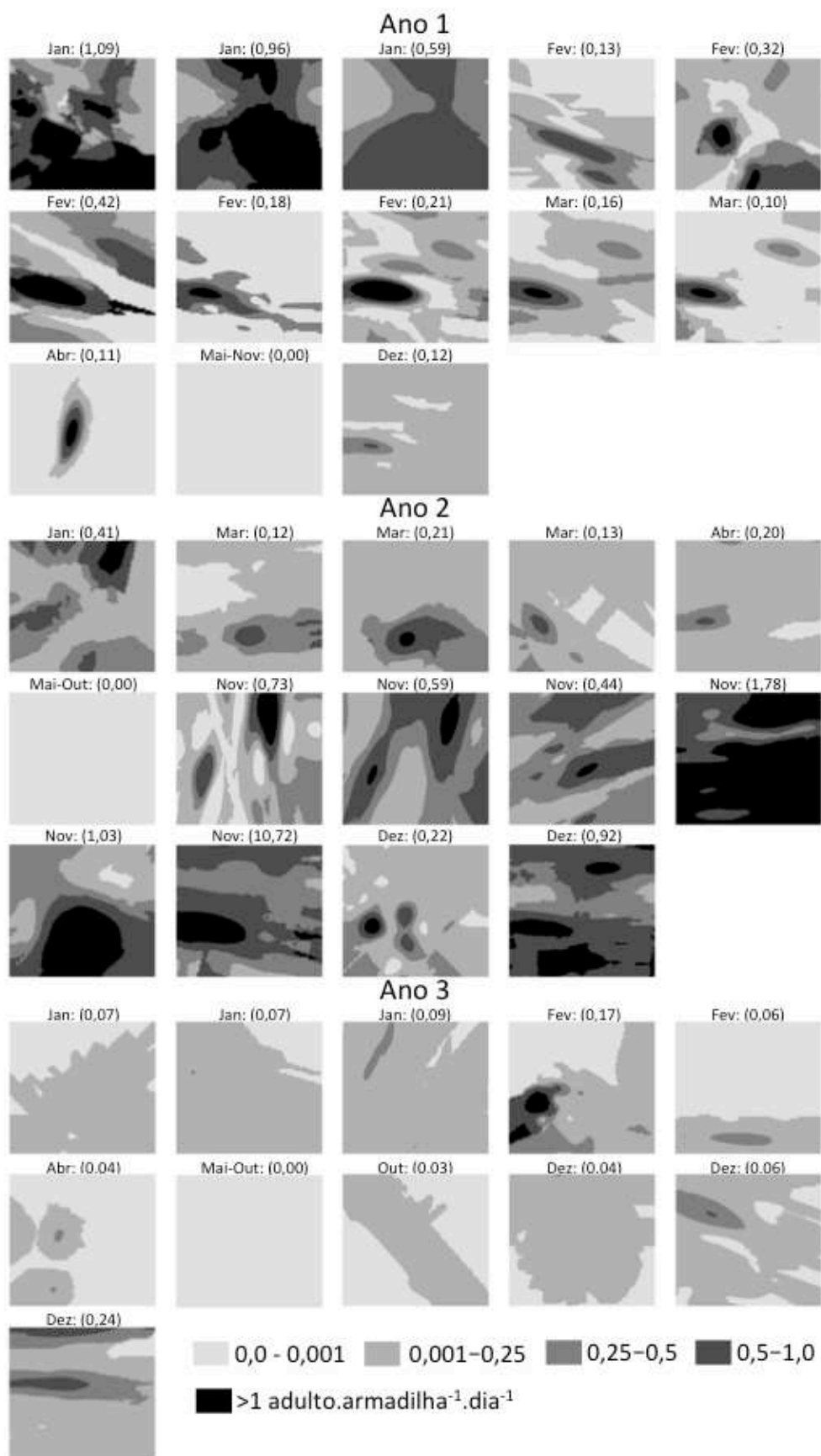
| Data       | Modelo      | C <sub>0</sub> | Alcance (m) | C+C <sub>0</sub> | RSD  |
|------------|-------------|----------------|-------------|------------------|------|
| 03/01/2005 | Esférico    | 2,1243         | 1197,63     | 4,24             | 0,50 |
| 06/01/2005 | Esférico    | 0,0467         | 980,96      | 0,33             | 0,14 |
| 10/01/2005 | Esférico    | 0,0000         | 1163,08     | 0,07             | 0,00 |
| 13/01/2005 | Esférico    | 0,0000         | 1375,64     | 0,03             | 0,00 |
| 14/02/2005 | Esférico    | 0,0021         | 343,74      | 0,02             | 0,13 |
| 14/03/2005 | Esférico    | 0,0022         | 343,74      | 0,01             | 0,41 |
| 14/04/2005 | Esférico    | 0,0000         | 480,78      | 0,03             | 0,00 |
| 21/04/2005 | Esférico    | 0,0000         | 1025,96     | 0,04             | 0,00 |
| 01/12/2005 | Esférico    | 0,0022         | 625,55      | 0,04             | 0,06 |
| 22/12/2005 | Exponencial | 0,0040         | 596,34      | 0,07             | 0,06 |
| 12/01/2006 | Esférico    | 0,1365         | 980,96      | 0,56             | 0,24 |
| 16/01/2006 | Esférico    | 0,0752         | 1368,64     | 0,13             | 0,56 |
| 19/01/2006 | Esférico    | 0,0338         | 980,96      | 0,33             | 0,10 |
| 13/02/2006 | Esférico    | 0,0416         | 1657,40     | 0,07             | 0,57 |
| 16/02/2006 | Esférico    | 0,0346         | 861,28      | 0,12             | 0,30 |
| 27/02/2006 | Esférico    | 0,0367         | 1432,29     | 0,06             | 0,58 |
| 09/03/2006 | Esférico    | 0,0348         | 1541,13     | 0,07             | 0,47 |
| 27/03/2006 | Esférico    | 0,0108         | 343,74      | 0,05             | 0,21 |
| 30/03/2006 | Esférico    | 0,0352         | 1590,79     | 0,07             | 0,53 |
| 06/04/2006 | Esférico    | 0,0691         | 1026,23     | 0,09             | 0,75 |
| 20/04/2006 | Esférico    | 0,0045         | 875,14      | 0,12             | 0,04 |
| 01/05/2006 | Esférico    | 0,0123         | 642,26      | 0,03             | 0,39 |
| 09/11/2006 | Esférico    | 0,0123         | 1416,93     | 0,08             | 0,15 |
| 16/11/2006 | Esférico    | 0,0013         | 1498,15     | 0,03             | 0,04 |
| 23/11/2006 | Esférico    | 0,0143         | 343,74      | 0,12             | 0,12 |
| 27/11/2006 | Esférico    | 0,0014         | 1417,93     | 0,01             | 0,25 |
| 21/12/2006 | Esférico    | 0,0000         | 965,42      | 0,08             | 0,00 |
| 26/12/2006 | Esférico    | 0,0000         | 1511,60     | 11,20            | 0,00 |
| 28/12/2006 | Esférico    | 0,0000         | 1122,62     | 0,78             | 0,00 |
| 02/01/2007 | Gaussiano   | 0,0404         | 677,71      | 0,42             | 0,10 |
| 15/01/2007 | Esférico    | 0,0000         | 468,16      | 0,18             | 0,00 |
| 12/02/2007 | Esférico    | 0,0000         | 556,36      | 0,02             | 0,00 |
| 12/03/2007 | Exponencial | 0,0000         | 1158,03     | 0,01             | 0,00 |
| 13/12/2007 | Esférico    | 0,0000         | 1427,72     | 0,00             | 0,00 |

No cabeçalho: C<sub>0</sub> = efeito pepita, C+C<sub>0</sub> = patamar e RSD = grau de dependência espacial.

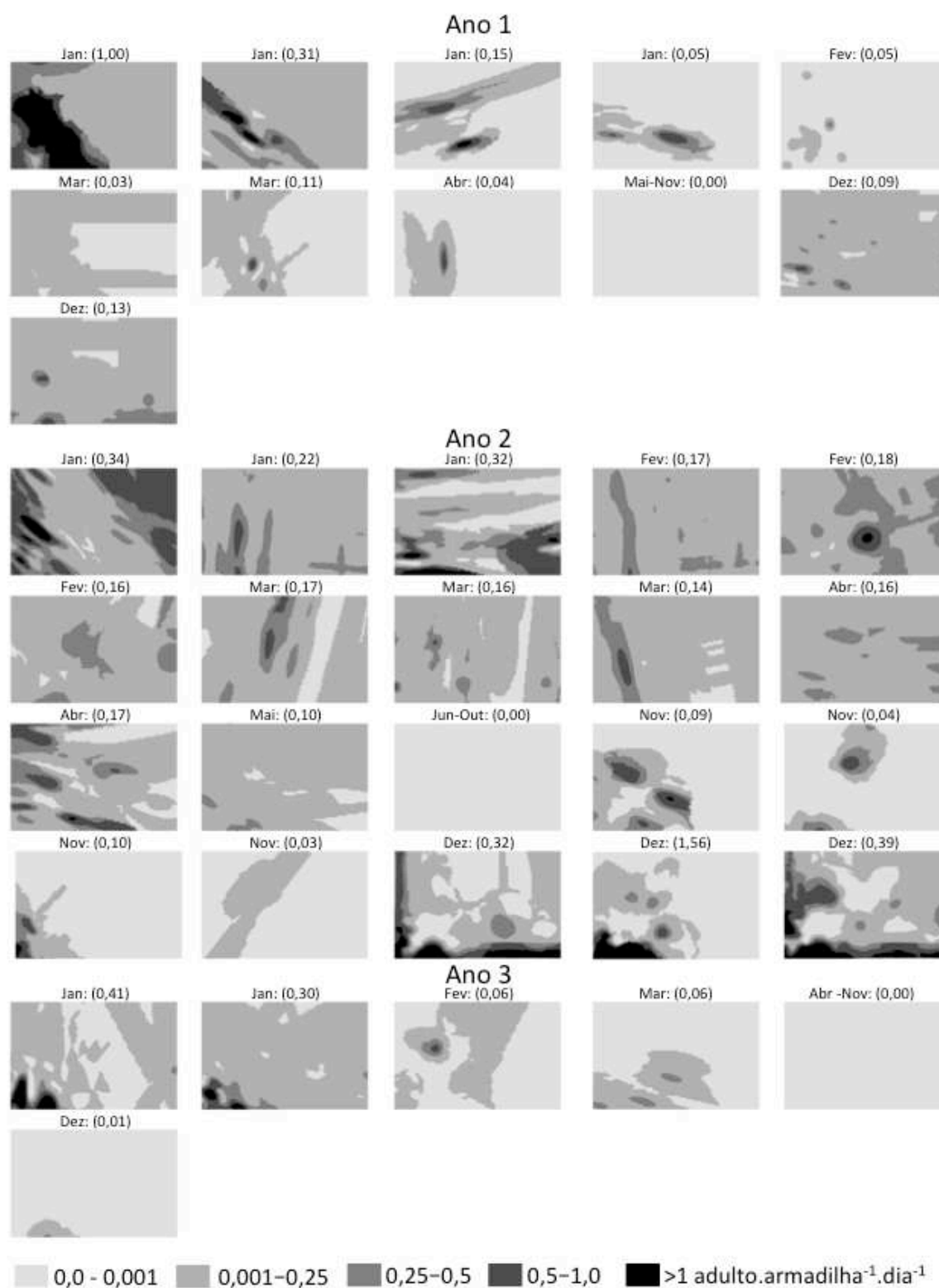
Examinando-se os mapas de distribuição espacial de *A. fraterculus* nas situações de distribuição agregada da praga podem-se observar dois padrões. O primeiro padrão de distribuição espacial foi observado em situações de ocorrência de pico populacional da praga. Já o segundo padrão foi observado em situações de não ocorrência de pico populacional de *A. fraterculus* (Figuras 3 e 4).

O padrão de distribuição espacial de *A. fraterculus* em situações de ocorrência de pico populacional teve três fases. A primeira fase ocorreu no início do ataque da praga. A segunda fase foi observada durante a ocorrência do pico populacional da praga. Já a terceira fase ocorreu durante a diminuição da população da praga no pomar. Neste contexto, no início do ataque de *A. fraterculus* aos pomares de maçã verificou a ocorrência de pequenos focos de ataque da praga. À medida que a densidade da praga aumentava o tamanho dos focos também aumentou e em alguns períodos estes focos ocupavam todo o pomar. Quando a densidade de *A. fraterculus* diminuiu também o tamanho dos focos diminuiu. Com o passar do tempo os focos foram diminuindo até que não mais era detectada a presença da praga no pomar. Este padrão de distribuição espacial foi observado nos dois primeiros anos 1 e 2 no local 1 (Figura 4) e no segundo ano no local 2 (Figura 5).

Já em situações de não ocorrência de pico populacional de *A. fraterculus* os focos da praga foram menores e eles pouco variaram de tamanho durante o período de ocorrência da praga. Esta situação foi observada no primeiro ano no local 2 e no terceiro ano nos dois locais (Figuras 4 e 5). Os alcances dos modelos de distribuição espacial agregada variaram de 327,75 a 1831,21 m (Tabelas 3 e 4).



**Figura 3.** Mapas da distribuição espacial de *Anastrepha fraterculus* em pomar de maçã no local 1. Os números entre parêntesis correspondem à densidade média da praga no pomar (adultos.armadilha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>).



**Figura 4.** Mapas da distribuição espacial de *Anastrepha fraterculus* em pomar de maçã no local 2. Os números entre parênteses correspondem à densidade média da praga no pomar (adultos.armadilha<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>).

#### 4. DISCUSSÃO

Foi observado que a intensidade de ataque de *A. fraterculus* nos pomares de maçã foi influenciada pelos elementos climáticos e fase fenológica da planta. Especificamente da influência dos elementos climáticos foi verificado efeito das chuvas e da temperatura do ar sobre *A. fraterculus*. Foi observado que em épocas de maior temperatura as densidades da praga foram maiores. Como os insetos são organismos pecilotérmicos sua temperatura corporal é influenciada pela temperatura do ambiente (Gullan & Cranston 2014). Neste contexto, as espécies de insetos possuem temperaturas mínimas, ótima e máxima de desenvolvimento. Além disto, segundo o modelo de graus-dia para que uma espécie de inseto complete seu ciclo de vida é necessário que ela acumule uma quantidade de energia calorífera. Segundo Machado et al. (1995) a temperatura mínima de desenvolvimento para *A. fraterculus* é 10,72°C e ela necessita de 430,25 graus-dia para completar seu desenvolvimento.

Com relação às chuvas foi observado que em anos com menor quantidade de chuvas (como aconteceu no primeiro ano no local 1 e no segundo ano nos dois locais) a densidade de *A. fraterculus* nos pomares foi maior. As chuvas têm impacto na mortalidade de insetos (Pereira et al. 2007) e em seus voos (Wellington 1957). Estes efeitos se devem ao impacto mecânico das gotas de chuvas e afogamento (Pereira et al. 2007). Segundo Montoya et al. (2008) chuvas de grande intensidade (120-160 mm. dia<sup>-1</sup>) em condições de semicampo reduziram a emergência de adultos de duas espécies de *Anastrepha*. Entretanto estes autores não verificaram efeito das chuvas na mortalidade dos adultos destas moscas das frutas.

Foi observado neste trabalho que quando as plantas frutificam as densidades de *A. fraterculus* foram maiores. Segundo Kovaleski (2004) não existem populações residentes de *A. fraterculus* nos pomares de maçã devido à baixa adequação destes frutos ao desenvolvimento destes insetos. Este autor também relata que as Myrtaceae existentes nas matas e em cultivos são as fontes de infestação desta praga nos pomares de maçã. Assim, o ataque de *A. fraterculus* à cultura no local 1 possivelmente seja devido à frutificação das macieiras já que este ataque só ocorreu quando as macieiras possuíam frutos. Já no local 2 o ataque de *A. fraterculus* à cultura possivelmente foi devido tanto à existência de frutos nas macieiras como também a existência de outras plantas hospedeiras na circunvizinhança já que a captura dos adultos da praga

pelas armadilhas ocorreu também em períodos em que a cultura não possuía frutos.

O padrão mais usual de colonização dos cultivos pelas pragas é aquele em que este processo se inicia na bordadura das lavouras (Tscharntke et al. 20054, Pedigo & Rice 2014, Rosado et al. 2015). Entretanto, este padrão foi observado em partes neste trabalho já que o ataque de *A. fraterculus* se iniciou tanto na bordadura como no centro dos pomares. Isto ocorreu possivelmente devido a alta capacidade de voo que possuem os Diptera: Tephritidae (Chen et al. 2015) o que possibilita que ele se movimente intensamente.

Foi observado que os focos da praga em cada pomar em anos diferentes ocorreram em locais diferentes do pomar. Além disto, estes focos no início eram de pequeno tamanho e posteriormente eles aumentaram sua dimensão e em alguns momentos eles ocuparam todo o pomar. Estes fatos tem grande importância para os programas de manejo integrado de pragas. Neste contexto, é importante localizar os focos da praga no seu início e controlá-los antes que eles atinjam grande tamanho. Isto fará com o custo de controle da praga seja reduzido, que a praga não cause danos econômicos e que o impacto do uso de inseticidas seja minimizado.

Mesmo em momentos em que a densidade média de *A. fraterculus* foi menor que o nível de controle existiram locais no pomar onde a intensidade de ataque da praga estava acima deste limiar. Assim o agricultor não deve tomar sua decisão de controle só baseando-se na intensidade média da praga no pomar. Nesta decisão ele deve também examinar a existência de focos da praga e controlá-los no seu início.

## **5. CONCLUSÕES**

Este trabalho possibilitou o entendimento da dinâmica espaço-temporal das populações de *A. fraterculus* nos pomares de maçã. O padrão de distribuição de distribuição espacial da praga é variável ao longo dos anos e em diferentes locais. Os focos de ataque da praga têm no início pequeno tamanho e posteriormente eles podem atingir todo o pomar. As densidades de *A. fraterculus* são maiores em períodos do ano mais quentes e quando as macieiras possuem frutos. Em anos de menor pluviosidade é maior o ataque da praga.

## 6. LITERATURA CITADA

- BACCA T., LIMA E.R., PICANÇO M.C., GUEDES R.N.C., VIANA J.H.N. (2006) Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the Coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 119: 39-45, 2006.
- BARRIGOSSI J.A.F., YOUNG L.J., CRAWFORD C.A.G., HEIN G.L., HIGLEY L.G. (2001). Spatial and probability distribution of Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) egg mass populations in dry bean. **Environmental Entomology**, 30: 244-253.
- BERNAYS E.A., CHAPMAN R.F. (1994). **Hostplant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman & Hall. 312p.
- BORTOLI L.C., MACHOTA JR R., GARCIA F.R.M., BOTTON M. (2016). Evaluation of food lures for fruit flies (Diptera: Tephritidae) captured in a citrus orchard of the Serra Gaúcha. **Florida Entomologist** 99: 381-384.
- CABI. (2015). **Crop protection compendium**. Wallingford: CAB International Publishing. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/5648>. Acessado em 19 de fevereiro de 2017.
- CHEN M., CHEN P., YE H., YUAN R., WANG X., XU J. (2015). Flight capacity of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) adult females based on flight mill studies and flight muscle ultrastructure. **Journal of Insect Science** 15: doi: 10.1093/jisesa/iev124.
- ELLIOTT J.M. (1983). **Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates**. London: Freshwater Biological Association. 157p.
- ESRI: Environmental Systems Research Institute. (2016). **ArcGis Professional GIS for the desktop**. Version 10.3.
- FREIRE C.J.S., Camelatto D., Flores-Cantillano R.F., Kovaleski A., Fortes J.F. (1994). **A cultura da maçã**. Brasília: Embrapa. 107p.
- GULLAN P.J., CRANSTON P.S. (2014). **The Insects: An outline of Entomology**. 5ed. Chichester: John Wiley and Sons. 595p.
- GUMPRECHT D., MULLER W.G., RODRIGUEZ-DIAZ J.M. (2009). Designs for detecting spatial dependence. **Geographical Analysis** 41: 127-143.
- GUREVITCH, J., SCHEINER, S.M., FOX G.A. (2006). **The ecology of plants**. 2ed. Sunderland: Sinauer Associates. 518p.
- ISAAKS E.H., SRIVASTAVA R.M. (1989). **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University. 561p.
- KIST B.B. ET AL. (2015). **Brazilian Apple Yearbook**. Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz. 72p.

- KIST B.B. ET AL. (2016). **Brazilian Apple Yearbook**. Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz. 64p.
- KOVALESKI A. (2004). **Maçã: fitossanidade**. Brasília: Embrapa. 85p.
- KREBS C.J. (1989) **Ecological methodology**. New York: Harper and Hall. 654p.
- LIEBHOLD A.M., ROSSI R.E., KEMP W.P. (1993). Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. **Annual Review of Entomology** 38: 303-327.
- MACHADO A.E., SALLES L.A.B., LOECK A.E. (1995). Exigências térmicas de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) e estimativa do número de gerações anuais em Pelotas, RS. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 24: 573-578.
- MESSINA F.J., JONES V.P. (1990). Relationship between fruit phenology and infestation by the apple maggot (Diptera: Tephritidae) in Utah. **Annals of the Entomological Society of America** 83: 742-752.
- MONTOYA P., FLORES S., TOLEDO J. (2008). Effect of rainfall and soil moisture on survival of adults and immature stages of *Anastrepha ludens* and *A. obliqua* (Diptera: Tephritidae) under semi-field conditions. **Florida Entomologist** 91: 643-650.
- MURPHY P.A., STERNITZKE H.S. (1979). Growth and yield for loblolly pine in West Gulf. United States. Department of Agriculture. **Forest Service. Research Paper**. 1: 154-158.
- NEWTON E.L., BULLOCK J.M., HODGSON D.J. (2009). Glucosinolate polymorphism in wild cabbage (*Brassica oleracea*) influences the structure of herbivore communities. **Oecologia** 160: 63-76.
- PEDIGO L.P., RICE M.E. (2014). **Entomology and pest management**. 6ed. Long Grove: Waveland Press. 784p.
- PEREIRA E.J.G., PICANÇO M.C., BACCI L., DELLA LUCIA T.M.C., SILVA E.M. AND FERNANDES F.L. (2007) Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. **Biocontrol Science and Technology** 17: 441-455.
- ROSADO J.F., PICANÇO M.C., SARMENTO R.A., PEREIRA R.M., PEDRO-NETO M., GALDINO T.V.S., ERASMO E.A.L. (2015). Geostatistics as a tool to study mite dispersion in physic nut plantations. **Bulletin of Entomological Research**, 105: 381-389.
- ROSADO J.F., SARMENTO R.A., PEDRO-NETO M., GALDINO T.V., MARQUES R.V., ERASMO E.A., PICANÇO M.C. (2014). Sampling plans for pest mites on physic nut. **Experimental and Applied Acarology** 63: 521-534.
- SANTOS J.P.D., REDAELLI L.R., SANT'ANA J., HICKEL E.R. (2015). Susceptibility of apple tree genotypes to *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in different infestation conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 37: 90-95.

TSCHARNTKE T., RAND T.A., BIANCHI F.J. (2005). The landscape context of trophic interactions: insect spillover across the crop-noncrop interface. **Annales Zoologici Fennici** 62: 421-432.

WELLINGTON W.G. (1957). The synoptic approach to studies of insects and climate. **Annual Review of Entomology** 2: 143-162.