

DIARLY SEBASTIÃO DOS REIS

**IDENTIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE CURCULIONÍDEOS EM  
ABACATEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

RIO PARANAÍBA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2017

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

T

Reis, Diarly Sebastião dos, 1992-  
R375i Identificação e Distribuição Espacial de Curculionídeos em  
2017 Abacateiro / Diarly Sebastião dos Reis. – Rio Paranaíba, MG,  
2017.  
vii, 40f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Ézio Marques da Silva.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Coleoptera. 2. Geoestatística. 3. *Heilipus catagraphus*.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Instituto de Ciências  
Agrárias. Programa de Pós Graduação em Agronomia. Produção  
Vegetal. II. Título.

634.653

DIARLY SEBASTIÃO DOS REIS

**IDENTIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE CURCULIONÍDEOS  
EM ABACATEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de julho de 2017.



Vinícius Ribeiro Faria



Flávio Lemes Fernandes  
(Coorientador)



Ezio Marques da Silva  
(Orientador)

*Aos meus pais Lazaro Geraldo dos Reis e Maria Abadia dos Reis pelo apoio e incentivo  
A minha irmã Mairla e minha sobrinha Ágata pelo convívio e amizade*

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por permitir que eu esteja aqui e dar-me forças para trilhar com força e sabedoria os caminhos da vida.

À minha família, principalmente aos meus pais pelo apoio incondicional. Eles são exemplos de honestidade, humildade e perseverança.

À Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

À minha namorada Priene pelo carinho, compreensão, apoio, ajuda e por sempre acreditar em mim.

À minha irmã Mairla e minha sobrinha Ágata pelo apoio, e pela alegria que me contagiam.

Ao grupo Tsuge por abrir as portas para realizarmos este e diversos outros trabalhos.

A todos os colaboradores do grupo Tsuge: Emílio, Sérgio, Claudenir, Alberto, Luiz, Vilmar, Cristina, Adeilde, Abadia. Em especial ao Roberval e Mateus que me ajudaram em muitas atividades no campo.

Aos meus amigos de república que estiveram comigo nesta caminhada, Daniel, Rafael, Anderson, José Carlos e Alisson.

Ao Felipe Xavier pela amizade, valiosas opiniões, críticas e conselhos.

Ao Lucas Lopes Santos, companheiro que o mestrado me deu, pela amizade, palavras de apoio e as ajudas nas avaliações dos experimentos.

Ao Diego Tolentino, amigo que sempre me ajudou.

Ao meu orientador Ézio Marques da Silva pela orientação, amizade, experiência, exemplos e ensinamentos ao longo deste curso.

Ao professor Flávio Lemes Fernandes pela coorientação e contribuições no desenvolvimento deste trabalho. Por não ter medido forças em me ajudar quando precisei e por ter despendido seu valioso tempo em me auxiliar.

A todos os professores que me transmitiram um pouco de conhecimento nesta caminhada: Pedro, Vinícius, Leonardo, Roberto, Everaldo, Alberto e Angélica.

Ao professor Wiliam Rodrigues Macedo pela coorientação, ensinamentos, conselhos e experiência.

Ao professor André Mundstock Xavier de Carvalho por seu um exemplo de profissional, pela amizade e por sempre ter me ajudado nas mais diversas questões.

Ao professor Reynaldo de Faria Filho por ter me auxiliado nas análises geostatísticas.

Ao professor Vinícius Ribeiro Faria por ter aceitado ser membro da banca.

As secretarias da pós-graduação, Sinara e Laís pela paciência e prontidão em esclarecer dúvidas e dar conselhos.

A todos os motoristas da Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba pelos serviços prestados.

A todos meus colegas da pós-graduação.

A todos que não citei aqui, mas que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho.

Enfim à uma das pessoas mais importantes deste trabalho e do meu mestrado. Um amigo que tenho como exemplo de pessoa e profissional. A pessoa que nunca hesitou em conversar, ensinar e me ajudar. Meu muito obrigado Lucas Gonçalves Machado.

## SUMÁRIO

|   |     |
|---|-----|
| RESUMO .....  | vi  |
| ABSTRACT .....  | vii |
| INTRODUÇÃO GERAL .....  | 1   |
| LITERATURA CITADA .....   | 4   |
| CAPÍTULO I: Primeira reportagem de <i>Heilus freyreissi</i> (Coleoptera: Curculionidae) atacando abacate e associado a <i>Colletotricum</i> sp. no Brasil ..... | 6   |
| CHAPTER I: First report of <i>Heilus freyreissi</i> (Coleoptera: Curculionidae) attacking avocado and associated with <i>Colletotricum</i> sp. in Brazil .....  | 7   |
| INTRODUÇÃO.....   | 8   |
| AGRADECIMENTOS .....  | 11  |
| LITERATURA CITADA .....   | 12  |
| CAPÍTULO II: Distribuição temporal e espacial das injúrias de curculionídeos em abacateiro .....  | 14  |
| CHAPTER II: Temporal and spatial distribution of curculionid injury in avocado .....  | 15  |
| INTRODUÇÃO.....   | 16  |
| MATERIAL E MÉTODOS.....   | 18  |
| Caracterização da área de estudo .....  | 18  |
| Distribuição espacial das injúrias .....  | 18  |
| Análises dos dados.....   | 19  |
| RESULTADOS .....  | 21  |
| DISCUSSÃO.....  | 32  |
| LITERATURA CITADA.....  | 36  |
| CONCLUSÕES .....  | 40  |

## RESUMO

REIS, Diarly Sebastião dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba, julho de 2017. **Identificação e distribuição espacial de curculionídeos em abacateiro.** Orientador: Ézio Marques da Silva. Coorientadores: Flávio Lemes Fernandes e Willian Rodrigues Macedo.

O abacateiro (*Persea americana* Mill.) é uma planta originária do continente americano, que produz frutos com relevantes características nutracêuticas. O Brasil é um importante produtor desta fruta. Porém, a produção desta cultura é ameaçada pelo ataque de uma diversidade de insetos pragas. Dentre estes se destacam os insetos da família Curculionidae. O objetivo deste trabalho foi relatar a primeira ocorrência de *Heilus freyreissi* causando injúrias no abacateiro e estudar a distribuição espacial e temporal de *H. freyreissi* e *Heilipus catagraphus* nesta cultura. Em outubro de 2016 insetos adultos de *H. freyreissi* foram encontrados causando injúrias em lavouras comerciais de abacate em Rio Paranaíba-MG. Os adultos foram coletados em pomares de abacate e acondicionados em bandejas plásticas contendo partes das plantas sem ataque para confirmação das injúrias. Para estudo da distribuição espacial, escolheu quatro diferentes lavouras comerciais de abacate em Rio Paranaíba-MG. Avaliou-se as injúrias em frutos, ramos e caule nas estações da primavera, verão e outono. Após isso utilizou a geoestatística para determinar a distribuição espacial do ataque e a Krigagem como método de interpolação dos pontos amostrados, para confecção dos mapas da intensidade das injúrias. As injúrias provocadas por *H. freyreissi* nas partes das plantas no interior da bandeja são idênticas as do campo, confirmando o ataque deste inseto ao abacateiro. Em relação a distribuição espacial, o número de injúrias nos frutos apresentou baixa variabilidade entre as estações primavera/verão. O caule foi menos atacado no outono que nas outras estações avaliadas. Os ramos apresentaram injúrias em todas estações avaliadas. O padrão de distribuição das injúrias foi agregado para frutos e disperso para os ramos, enquanto que o caule não segue uma tendência clara. Adultos de *H. freyreissi*, por atacarem vários órgãos, podem ser praga importante no abacateiro. A intensidade das injúrias de curculionídeos em abacateiro e sua distribuição espacial é influenciada pela variedade, estágio fenológico da planta e pela estação do ano.

## ABSTRACT

REIS, Diarly Sebastião dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba, July, 2017. **Identification and spatial distribution of curculionid in avocado.** Adviser: Ézio Marques da Silva. Co-advisers: Flávio Lemes Fernandes and Willian Rodrigues Macedo.

The avocado (*Persea americana* Mill.) is a plant native to the American continent, which produces fruits with relevant nutraceutical characteristics. Brazil is an important producer of this fruit. However, the production of this crop is threatened by the attack of a variety of insect pests. Among these are the insects of the family Curculionidae. The objective of this work was to report the first occurrence of *Heilus freyreissi* causing injuries in the avocado tree and to study the spatial and temporal distribution of *H. freyreissi* and *Heilipus catagraphus* in this crop. In October 2016 adult insects of *H. freyreissi* were found causing injury in commercial avocado crops in Rio Paranaíba-MG. The adults were collected in avocado orchards and wrapped in plastic trays containing parts of the plants without attack to confirm the injuries. To study the spatial distribution, we chose four different commercial avocado crops in Rio Paranaíba-MG. It was evaluated the injuries in fruits, branches and stem of the seasons of spring, summer and autumn. After that, he used geostatistics to determine the spatial distribution of the attack and Krigagem as a method of interpolation of the sampled points, for the mapping of the intensity of the injuries. The injuries caused by *H. freyreissi* in the parts of the plants inside the tray are identical to those of the field, confirming the attack of this insect to the avocado. Regarding the spatial distribution, the number of injuries in the fruits showed low variability between the spring/summer seasons. The stem was less attacked in the fall than in the other evaluated seasons. The branches presented injuries in all stations evaluated. The pattern of injury distribution was aggregated for fruits and dispersed for the branches, while the stem did not follow a clear trend. Adults of *H. freyreissi*, for attacking various organs, may be an important pest in the avocado. The intensity of curculionid injury in avocado and its spatial distribution is influenced by the variety, phenological stage of the plant and the season of the year.

## INTRODUÇÃO GERAL

O abacateiro (*Persea americana* Mill.) (Laurales: Lauraceae) é uma planta originária do continente americano, sendo o México e a Guatemala os países centros de diversidade. As variedades comerciais se subdividem em variedades ou híbridos de três raças: Mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), Antilhana (*P. americana* var. *americana*) e Guatemalteca (*P. americana* var. *guatemalensis*) (Crane et al. 2013).

É uma fruta que está ganhando notado reconhecimento, pelo seu alto valor nutritivo e capacidade de maximizar a absorção e conversão de lipídios em vitaminas (Dreher & Davenport 2013; Kopec et al. 2014). Os abacates são consumidos como frutas frescas e utilizados na indústria para a fabricação de óleos, cosméticos, sabão e shampoo (Francisco & Baptistella 2005).

A produção mundial de abacate no ano de 2014 foi estimada em 5,0 milhões de toneladas em uma área de 548 mil hectares. O maior produtor é o México (30,2% da produção mundial) e o Brasil é o décimo maior produtor, com 156,7 mil toneladas em 9,5 mil hectares (3,1% da produção mundial) (FAO, 2017). A produção brasileira está distribuída principalmente pelas regiões Sudeste e Sul, sendo o estado de São Paulo o maior produtor, com 52% do total nacional, seguido por Minas Gerais, com participação em torno de 23%, Paraná (11,0%), Distrito Federal (4,3%) e Rio Grande do Sul com 3,5% (IBGE, 2017).

O abacateiro está sujeito a perdas de produtividade e qualidade de fruto devido ao ataque de pragas. É uma cultura atacada por uma diversidade de insetos e suas injúrias estão relacionados aos ramos, frutos, troncos, sucção de seiva e células (Gallo et al. 2002; Hohmann et al. 2003; Mani 2016). Um grupo que se destaca são os curculionídeos. O abacateiro é atacado por uma série de insetos da família Curculionidae, incluindo as espécies do gênero *Heilipus* (Castañeda-Vildózola et al. 2009; Vanin & Bená 2015), *Conotrachelus* (Castañeda-Vildózola et al. 2015) e *Xyleborus* (Ploetz et al. 2017).

Um destes insetos que recentemente está causando grande preocupação entre os produtores da região do Alto Paranaíba-MG é *Heilipus catagraphus* (Germar 1824) (Coleoptera: Curculionidae). Comumente chamado de bicudo do abacateiro, é um besouro de aproximadamente 20 mm de comprimento, preto com duas faixas laterais brancas ao longo do corpo, de formato irregular em zigue zague (Gallo et al. 2002). As

fêmeas ovipositam na região do colo da planta, próximos às bifurcações, por onde saem os ramos inferiores da copa e no sistema radicular, nas raízes mais superficiais.

A larva desta praga é apoda, recurvada, cabeça diferenciada e quitinizada de coloração branco leitosa (Gallo et al. 2002). Após a eclosão as larvas penetram abaixo da casca do tronco, danifica os tecidos subcorticais, principalmente o tecido floemático e devido a alimentação observa-se excrementos e serragem no orifício de entrada. Também sofrem com o ataque de *H. catagraphus*, as plantas do gênero *Annoma*, principalmente *Annona muricata* (graviola) e *Annona squamosa* (fruta do conde) (Gallo et al. 2002).

Outro curculionídeo com grande potencial de danos em abacateiro é *Heilus freyreissi* (Boheman 1836) (Coleoptera: Curculionidae). O adulto deste inseto foi descrito recentemente atacando essa cultura, mas pela intensidade de suas injúrias tornou-se praga importante. Os adultos são besouros de aproximadamente 12 mm de comprimento, coloração preta, com protuberâncias ao longo do élitro e uma mancha branca que se estende do último segmento do tórax e primeiro do abdômen.

A descrição de um novo inseto injuriando o abacateiro auxilia na diagnose prévia e na elaboração de estratégias de manejo antecipadas. Proporciona informação básica para suporte aos estudos aplicados à esta espécie, evitando assim surpresas de surtos populacionais na cultura

A larva de *H. catagraphus* causa injúrias nos tecidos subcorticais, podendo afetar a translocação de fotoassimilados e água, resultando em perdas de vigor e produtividade. As galerias provocadas podem se tornar portas de entrada para agentes patogênicos, como a mais importante doença do abacateiro, gomose (*Phytophthora cinnamomi* Rands) (Kimati et al. 2005). Pelas características semelhantes, suspeita-se que as larvas de *H. freyreissi* possuam o mesmo comportamento e características de ataque.

Em relação aos besouros adultos, tanto *H. catagraphus* como *H. freyreissi* se alimentam de inflorescências, ramos novos, folhas e frutos. As injúrias podem provocar a queda destes órgãos, perdas de qualidade e transmissão de doenças. (Lourenção et al. 1984).

Para o manejo dessas pragas não basta aplicar inseticidas, principalmente pela existência de poucas informações técnicas sobre seus manejos. Assim, tornam-se necessárias pesquisas básicas que de suporte às melhores estratégias de controle. Um dos fatores que influencia o poder de ataque dos insetos às lavouras são a dispersão e o padrão distribuição espacial do organismo.

O padrão de distribuição espacial de um organismo ou de seu ataque é a forma em que ele está distribuído ao longo de determinado ambiente (Binns et al. 2000). O conhecimento do padrão de distribuição espacial de uma praga permite concentrar a amostragem e o seu manejo nos locais específicos que eles se encontram (Barrigossi et al. 2001).

Os organismos se dispersam para exploração de novos recursos e habitats, acasalamento e fuga de fatores que colocam em risco sua sobrevivência (Southwood 1962). Dessa forma a depender da característica do ambiente agrícola os insetos podem ter determinado comportamento. Conhecer estes parâmetros se torna essencial para subsidiar medidas baseadas no manejo integrado de pragas (Blackshaw & Vernon 2006).

No caso dos curculionídeos citados acima, o conhecimento do padrão de distribuição espacial assume relevada importância pela escassez de estudos sobre estas espécies. Este tipo de estudo pode fornecer informações a respeito das preferências alimentares das espécies, variedades de plantas mais susceptíveis ao ataque, época do ano de maior ocorrência e quais fatores intrínsecos do ambiente estudado que mais afeta a praga.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi relatar a primeira ocorrência de *H. freyreissi* causando injúrias em abacateiro e determinar a distribuição espaço temporal do ataque de *H. catagraphus* e *H. freyreissi* nesta cultura.

## LITERATURA CITADA

- Barrigossi, J.A., 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(2): 244-253.
- Binns, M.R., Nyrop, J.P., van der Werf, W., Werf, W. 2000. Sampling and monitoring in crop protection: the theoretical basis for developing practical decision guides. CABI.
- Blackshaw, R.P., Vernon, R.S. 2006. Spatiotemporal stability of two beetle populations in non- farmed habitats in an agricultural landscape. *Journal of Applied Ecology* 43(4): 680-689.
- Castañeda-Vildózola, A., Ángel-Coronel, D., Oscar, A., Cruz-Castillo, J.G., Váldez-Carrasco, J. 2009. *Persea schiedeana* (Lauraceae), a new host of *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) in Veracruz, Mexico. *Neotropical Entomology* 38(6): 871-872.
- Castañeda-Vildózola, Á., Franco-Mora, O., Alemán, J.C.R., Ruiz-Montiel, C., Váldez-Carrasco, J., Equihua-Martínez, A. 2015. New distribution records of the small avocado seed weevil, *Conotrachelus perseae* Barber (Coleoptera: Curculionidae), in Mexico and notes on its biology. *The Coleopterists Bulletin* 69(2): 267-271.
- Crane, J.H., Douhan, G., Faber, B.A., Arpaia, M.L., Bender, G.S., Balerdi, C.F., Barrientos-Priego, A.F. 2013. Cultivars and rootstocks. In: Schaffer, B., Wolstenholme, B.N., Whiley, A.W. (Eds.). *The Avocado: Botany, Production and Uses*. CABI.
- Dreher, M.L., Davenport, A.J. 2013. Hass avocado composition and potential health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53(7): 738-750.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2017. The Agricultural Production domain covers. Statistics Division. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 17 jun. 2017.
- Francisco, V.L.F.S., Baptistella, C.S.L. 2005. Cultura do abacate no Estado de São Paulo. *Informações Econômicas* 35(1): 27-41.
- Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.L.P., Batista, G.D., Berti Filho, E., Parra, J.R.P.; Zucchi, R.A.; Alves, S.B., Vendramim, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S., Omoto, C. 2002. *Manual de Entomologia Agrícola*. Piracicaba: FEALQ. 920p.

- Hohmann, C.L., Meneguim, A.M., Andrade, E.A., Novaes, T.G.D., Zandoná, C. 2003. The avocado fruit borer, *Stenoma catenifer* (Wals.) (Lepidoptera: Elachistidae): egg and damage distribution and parasitism. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25(3): 432-435.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2017. Abacate: área plantada e quantidade produzida. Banco de Dados Agregados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=106&z=t&o=11>>. Acesso em: 17 jun. 2017.
- Kimati, H., Amorim, L., Bergamim Filho, A., Camargo, L.E.A., Rezende, J.A.M. 2005. *Manual de Fitopatologia: Volume 2: Doenças das Plantas Cultivadas*. Ceres.
- Kopec, R.E., Cooperstone, J.L., Schweiggert, R.M., Young, G.S., Harrison, E.H., Francis, D.M., Clinton, S.K., Schwartz, S.J. 2014. Avocado consumption enhances human postprandial provitamin A absorption and conversion from a novel high- $\beta$ -carotene tomato sauce and from carrots. *Journal of Nutrition* 145(1): 1158–1166.
- Lourenção, A.L., Rosado-Neto, G.H., Soares, N.B. 1984. Ocorrência de adultos de *Heilipus catagraphus* Germar, 1824 (Coleoptera: Curculionidae) danificando frutos de abacateiro. *Bragantia* 43(1): 249-253.
- Mani, M., Shivaraju, C. 2016. Fruit Crops: Avocado. In: Mani, M (Eds.). *Mealybugs and their Management in Agricultural and Horticultural crops*. India: Springer.
- Ploetz, R.C., Konkol, J.L., Narvaez, T., Duncan, R.E., Saucedo, R.J., Campbell, A., Mantilla J., Carrillo, D., Kendra, P.E. 2017. Presence and Prevalence of *Raffaelea lauricola*, Cause of Laurel Wilt, in Different Species of Ambrosia Beetle in Florida, USA. *Journal of Economic Entomology* 110(2): 347-354.
- Southwood, T.R.E. 1962. Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. *Biological reviews* 37(2): 171-211.
- Vanin, S.A., Bená, D.C. 2015. A new species of *Heilipus* Germar (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae) associated with commercial species of Annonaceae in Brazil, and comments on other species of the genus causing damage to avocado trees in Brazil. *Zootaxa* 3905(4): 541-556.

**CAPÍTULO I: PRIMEIRA REPORTAGEM DE *Heilus freyreissi***  
**(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ATACANDO ABACATE E ASSOCIADO**  
**A *Colletotricum* sp. NO BRASIL**

**Resumo** - O abacateiro (*Persea americana* Mill.) é atacado por vários insetos pragas. Dentre estes, um grupo que se destacam são os curculionídeos. O objetivo deste trabalho foi relatar a presença de uma nova espécie da família Curculionidae atacando abacate. Em outubro de 2016, adultos de *Heilus freyreissi* (Coleoptera: Curculionidae) foram observados em pomares comerciais de abacateiro em Rio Paranaíba-MG, Brasil. O ataque foi observado nas variedades Hass, Margarida e Breda. Os insetos eram encontrados na maioria das vezes de forma agregada sob a casca do tronco do abacateiro. As injúrias foram observadas nos ramos jovens, na nervura central das folhas, inflorescências, pedúnculos e frutos em início de desenvolvimento. A queda de frutos e inflorescências foi observada na maioria das vezes que havia o ataque. As lesões, indiferentemente do órgão atacado, estavam constantemente associadas com a doença antracnose. Devido a estas características, os locais de ataque deste inseto podem ser considerados de alto risco econômico para a cultura do abacate, por atacar vários órgãos da planta e ainda estar associado a patógeno.

Palavras Chave: antracnose, curculionídeo, Molytinae, *Persea americana*

**CHAPTER I: FIRST REPORT OF *Heilus freyreissi*(COLEOPTERA:  
CURCULIONIDAE) ATTACKING AVOCADO AND ASSOCIATED WITH  
*Colletotricum* sp. IN BRAZIL**

**Abstract** - The avocado (*Persea americana* Mill.) is attacked by several insect pests. Among these, a group that stand out are the curculionid. The objective of this work was to report the presence of a new species of the family Curculionidae attacking avocado. In October 2016, adults of *Heilus freyreissi* (Coleoptera: Curculionidae) were observed in commercial orchards of avocado in Rio Paranaíba - MG, Brazil. The attack was observed in the Hass, Margarida and Breda varieties. Insects were found most often in aggregate form under the bark of the trunk of the avocado. The injuries were observed in the young branches, in the central vein of the leaves, inflorescences, peduncles and fruits in early development. The fall of fruits and inflorescences was observed most of the time that there was the attack. The lesions, regardless of the attacked organ, were constantly associated with anthracnose disease. Due to these characteristics, the attack sites of this insect can be considered of high economic risk for the avocado crop, for attacking various organs of the plant and still be associated with pathogen.

Key Words: anthracnose, curculionid, Molytinae, *Persea americana*

## INTRODUÇÃO

Coleópteros curculionídeos são pragas em diversas culturas agrícolas. O abacateiro, *Persea americana* Mill. (Laurales: Lauraceae) pode ser atacado por diversas espécies de Curculionidae tais como *Heilipus* spp. (Vanin & Bená 2015), *Euwallacea* sp. (O'Donnell et al. 2016) e *Conotrachelus perseae* (Castañeda-Vildózola et al. 2015).

O gênero *Heilus* é representado por 18 espécies, quatro ocorrem na América Central e 14 na América do Sul (O'Brien & Wibmer 1982). No Brasil são relatadas 11 espécies, distribuídas em todos os estados (Wibmer & O'Brien 1986; CTFB 2017; Splink 2017).

O relato da presença de uma nova espécie se alimentando de abacateiro auxilia na identificação prévia e na elaboração de estratégias de controle antecipadas. Além de proporcionar informação básica como suporte aos estudos aplicados à esta espécie. Evitando assim surpresas de surtos populacionais na cultura. Assim, objetivou-se relatar a primeira ocorrência de *Heilus freyreissi* (Boheman 1836) (Coleoptera: Curculionidae) no abacateiro.

Em outubro de 2016, adultos da espécie *H. freyreissi* foram encontrados em três pomares de abacateiro no município de Rio Paranaíba, estado de Minas Gerais, Brasil. O pomar um, localizado a 19°26'9.16" S 46°17'1.12" W, 1176 m de altitude, plantado em 2004, área de 18 ha, cultivar Margarida, espaçamento de oito metros entre linhas e seis metros entre plantas. O pomar dois, localizado a 19°26'7.85" S 46°17'9.13" W, 1176 m de altitude, plantado em 2004, área de 12 ha, cultivar Breda, com espaçamento de oito metros entre linhas e seis metros entre plantas. O pomar três, localizado a 19°24'44.00" S 46°15'58.66" W, 1176 m de altitude, plantado em 2005, área de 15 ha, cultivar Hass e espaçamento de nove metros entre fileiras e seis metros entre plantas.

O clima da região é do tipo Cwb de zona tropical semi úmida, temperatura média anual de 22 °C. A precipitação anual é de 1500 mm por ano, com duas estações bem definidas: uma fria e seca (abril a setembro), outra quente e chuvosa (outubro a março) (Alvares et al. 2013).

Para confirmação da espécie exemplares de adultos (13 machos e três fêmeas) foram coletados, armazenados em frasco de 13 mL contendo álcool etílico 70 % v/v e encaminhados à taxonomistas para identificação. Após esta etapa eles foram

depositados na coleção de entomologia Pe. J.S. Moure, do Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná.

Os adultos de *H. freyreissi* foram encontrados sob a casca do tronco do abacateiro na maioria das vezes agregados (Figura 1c). O ataque foi observado em ramos laterais jovens, tenros, na nervura central das folhas, em inflorescências, em pedúnculos e frutos no início do desenvolvimento (Figura 2). Nos ramos laterais as injúrias se concentraram no ápice (20 cm a partir da extremidade) e consistiam de uma raspagem superficial de formato alongado, variando de 10 a 170 mm de comprimento (Figura 2a, b). Nas folhas as injúrias ocorreram nas nervuras centrais e secundárias; e no limbo foliar (Figura 2c). Nas inflorescências o ataque ocorreu no pedúnculo floral, consistindo em uma injúria parecida com a dos ramos, provocando na maioria dos casos a queda das flores (Figura 2d). Nos frutos, a injúria foi de aproximadamente cinco milímetros de diâmetro, concentrado no pericarpo (casca) e na porção inicial do mesocarpo (polpa), não sendo observado ataque à semente. Exsudado branco foi observado, devido o contato do composto perseitol com ar. Este composto se oxida e adquire consistência sólida (Figura 2e) (Hoddle & Hoddle 2008).

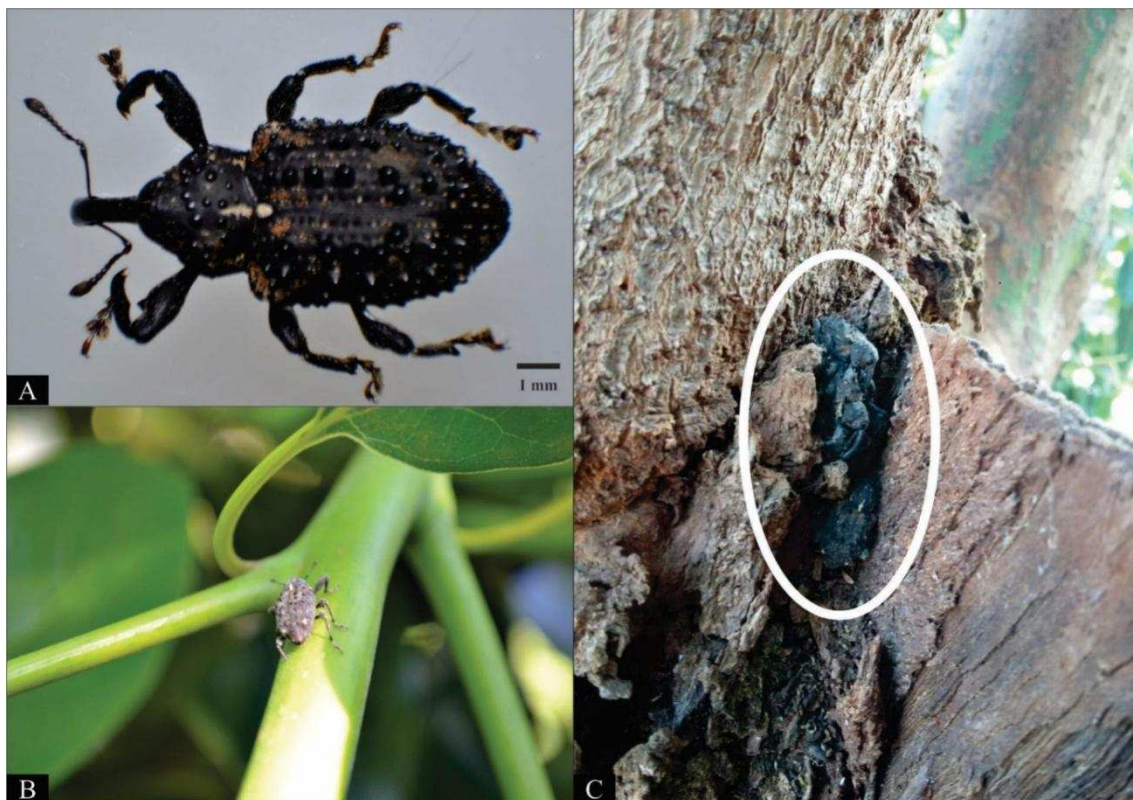


Figura 1: Adulto de *Heilus freyreissi* isolado (A e B) e agregados sob a casca do tronco do abacateiro (C). A elipse branca indica o local do agregado de besouros adultos.

Adultos de *H. freyreissi* foram coletados no campo, acondicionados em bandejas plásticas contendo órgãos da planta sem injúria para comparação com àquelas observadas em campo. Isto foi feito uma vez que outras espécies de curculionídeos podem atacar o abacateiro, provocando injúrias similares às descritas neste estudo (Lourenção et al. 2003; Lourenção et al. 1984).

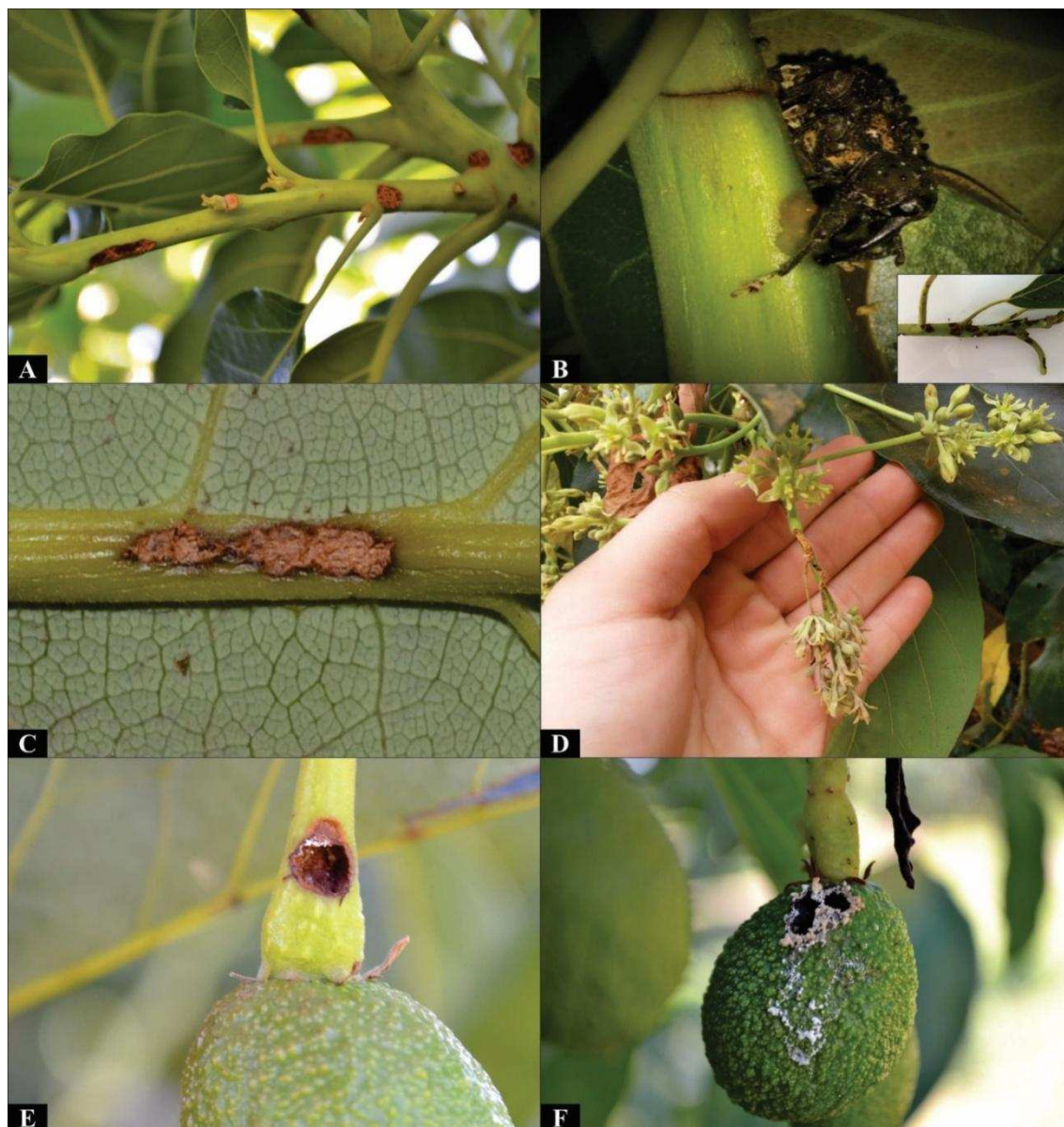


Figura 2: Injúrias causadas por adultos de *Heilus freyreissi* nos ramos (A e B), nervura foliar central do abacateiro (C), inflorescência (D), pedúnculo (E), fruto (F).

Uma observação importante é que as injúrias quando ocorrem em ramos, inflorescências e frutos jovens estavam constantemente associadas com sintomas da doença antracnose causada pelo fungo *Colletotricum* sp.. Quando o ataque ocorreu em

frutos, muitas vezes se observou a queda deste órgão. Além disso, caso haja a cicatrização da lesão, a injúria pode afetar sua comercialização depreciando o fruto, principalmente em variedades destinadas à exportação, por ser considerado um defeito na classificação de qualidade dos frutos.

Insetos que podem estar associados com a transmissão de doenças em plantas requerem uma atenção maior em relação a sua presença e manejo. Importantes culturas podem ser atacadas por curculionídeos e estes serem transmissores de doenças. Como exemplos temos *Rhynchophorus palmarum* que ataca plantas da família Palmaceae e transmite a doença denominada anel vermelho do coqueiro causada pelo nematóide *Bursaphelenchus cocophilus* (Giblin-Davis et al. 2013). Um outro exemplo é a cultura da bananeira (*Musa* spp.) que pode ser atacada por *Cosmopolites sordidus* e este ser vetor do fungo *Fusarium oxysporum* (Meldrum et al. 2013).

No caso do abacateiro temos exemplos de várias espécies de coleópteros que podem transmitir o fungo *Raffaelea lauricola* que causa a importante doença denominada Laurel Wilt (Ploetz et al. 2017).

Um outro ponto a ser destacado é o fato de que *H. freyreissi* atacar vários órgãos da planta de abacate. Suas injúrias, portanto, podem ocorrer em várias fases do ciclo de desenvolvimento da cultura, o que ressalta a preocupação com seu manejo durante todo o ano.

Este estudo trás o primeiro relato de *H. freyreissi* como nova praga do abacateiro, descrevendo as injúrias nos diferentes órgãos e sua associação com o patógeno *Colletotrichum* sp. Os locais de ataque deste inseto podem ser considerados de alto risco econômico para o abacateiro, por atacar vários órgãos da planta e ainda estar associado à patógeno.

## AGRADECIMENTOS

Aos professores Dra. Marinez Isaac Marques, Dr. Wesley Oliveira de Sousa e a mestranda Aline de Oliveira Lira pela identificação da espécie. Ao grupo Tsuge pela parceria e apoio no desenvolvimento deste trabalho. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo fomento oferecido.

## LITERATURA CITADA

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22(6): 711-728.
- Castañeda-Vildózola, Á., Franco-Mora, O., Alemán, J. C. R., Ruiz-Montiel, C., Váldez-Carrasco, J., Equihua-Martínez, A. 2015. New distribution records of the small avocado seed weevil, *Conotrachelus perseae* Barber (Coleoptera: Curculionidae), in Mexico and notes on its biology. *The Coleopterists Bulletin* 69(2): 267-271.
- Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil (CTFB). Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/listaBrasil/PrincipalUC/PrincipalUC.do?lingua=pt>>. Acesso em 25 abr. 2017.
- Giblin-Davis, R. M., Kanzaki, N., Davies, K. A. 2013. Nematodes that Ride Insects: Unforeseen Consequences of Arriving Species. *Florida Entomologist* 96(3): 770-780.
- Hoddle, M.S., Hoddle, C.D. 2008. Bioecology of *Stenomoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) and associated larval parasitoids reared from Hass avocados in Guatemala. *Journal of Economic Entomology* 101(3): 692-698.
- Lourenção, A.L., Rosado-Neto, G.H., Soares, N.B. 1984. Ocorrência de adultos de *Heilipus catagraphus* Germar, 1824 (Coleoptera: Curculionidae) danificando frutos de abacateiro. *Bragantia* 43(1): 249-253.
- Lourenção, A.L., Soares, N.B., Rosado-Neto, G.H. 2003. Ocorrência e danos de larvas de *Heilipus rufipes* Perty (Coleoptera: Curculionidae) em abacateiro (*Persea americana* Mill.) no Estado do Ceará. *Neotropical Entomology* 32(2): 363-364.
- Meldrum, R. A., Daly, A. M., Tran-Nguyen, L. T. T., Aitken, E. A. B. 2013. Are banana weevil borers a vector in spreading *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in banana plantations? *Australasian Plant Pathology* 42(5): 543-549.
- O'Donnell, K., Libeskind-Hadas, R., Hulcr, J., Bateman, C., Kasson, M. T., Ploetz, R. C., Konkol, J.L., Ploetz, J.N., Carrillo, D., Campbell, A., Duncan, R.E., Liyanage, P.N.H., Eskalen, A., Lynch, S.C., Geiser, D.M., Freeman, S., Mendel, Z., Sharon, M., Aoki, T., Cosse, A.A.; Rooney, A.P. 2016. Invasive Asian *Fusarium* – *Euwallacea* ambrosia beetle mutualists pose a serious threat to forests, urban landscapes and the avocado industry. *Phytoparasitica* 44(4): 435-442.

O'Brien, C.W., Wibmer, G.J. 1982. Annotated checklist of the weevils (Curculionidae *sensu lato*) of North America, Central America, and the West Indies (Coleoptera: Curculionoidea). *Memoirs of the American Entomological Institute* 34: 382p.

Ploetz, R. C., Konkol, J. L., Narvaez, T., Duncan, R. E., Saucedo, R. J., Campbell, A., Mantilla J., Carrillo, D., Kendra, P. E. 2017. Presence and Prevalence of *Raffaelea lauricola*, Cause of Laurel Wilt, in Different Species of Ambrosia Beetle in Florida, USA. *Journal of Economic Entomology* 110(2): 347-354.

Species link. Disponível em: <<http://www.splink.org.br/search?lang=pt&collecticonde=DZUP-Coleoptera>>. Acesso em 25 abr. 2017.

Vanin, S.A., Bená, D.C. 2015. A new species of *Heilipus* Germar (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae) associated with commercial species of Annonaceae in Brazil, and comments on other species of the genus causing damage to avocado trees in Brazil. *Zootaxa* 3905(4): 541-556.

Wibmer, G.J., O'Brien, C. W. 1986. Annotated checklist of the weevils (Curculionidae *sensu lato*) of South America (Coleoptera: Curculionoidea). *Memoirs of the American Entomological Institute* 39: 563p.

## **CAPÍTULO II: DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DAS INJÚRIAS DE CURCULIONÍDEOS EM ABACATEIRO**

**Resumo** - Curculionídeos são importantes pragas na cultura do abacateiro. O ambiente influencia fortemente na distribuição espacial dos organismos. O conhecimento do padrão de distribuição espacial de uma praga permite focar esforços de amostragem e manejo nos locais onde ela se concentra. O objetivo foi determinar os padrões de distribuição espacial e temporal de curculionídeos em abacateiro. O estudo foi realizado em quatro lavouras comerciais de abacate em Rio Paranaíba-MG. As espécies estudadas foram *Heilipus catagraphus* e *Heilus freyreissi*. Foi avaliado injúrias em frutos, ramos e caule, nas estações da primavera, verão e outono. Calculou-se a média e erro padrão para as variáveis avaliadas em cada órgão da planta, para cada lavoura e estação do ano. Foi feito a geoestatística dos dados e testados os modelos de semivariogramas esférico, exponencial e gaussiano. Com a seleção do modelo utilizou-se a Krigagem para a confecção dos mapas de distribuição espacial. O número de injúrias provocadas por adultos nos frutos tem pouca variabilidade entre as estações primavera/verão. O caule é menos atacado pela fase larval no outono, que nas outras estações avaliadas. Os ramos possuem alta intensidade de injúrias provocadas por adultos em todas as estações amostradas. De forma geral, o padrão de distribuição espacial das injúrias nos frutos é agregada na primavera e verão. No caule é agregada no verão e disperso no outono. Já nos ramos há uma maior agregação no verão. Entender o padrão de distribuição espacial e temporal das injúrias destes curculionídeos é essencial, principalmente por serem insetos pouco estudados. Estes padrões permitem gerar informações para o manejo integrado de pragas, como a distância mínima entre amostras e a distribuição da amostragem. Podemos concluir que o ataque e o padrão de distribuição temporal espacial destas espécies, são influenciados pela estação do ano, variedade e estágio fenológico da cultura.

Palavras Chave: Coleoptera, geoestatística, *Heilipus catagraphus*, *Heilus freyreissi*, Krigagem, *Persea americana*.

## CHAPTER II: TEMPORAL AND SPATIAL DISTRIBUTION OF CURCULIONID INJURY IN AVOCADO

**Abstract** - Curculionid are important pests in the culture of the avocado. The environment strongly influences the spatial distribution of organisms. Knowledge of the spatial distribution pattern of a pest allows focusing on sampling and management efforts where it is concentrated. The objective was to determine the spatial and temporal distribution patterns of curculionids in avocado. The study was carried out in four commercial avocado plantations in Rio Paranaíba - MG. The species studied were *Heilipus catagraphus* and *Heilus freyreissi*. It was evaluated injuries in fruits, branches and stem, in the seasons of spring, summer and autumn. The mean and standard error for the variables evaluated in each organ of the plant were calculated for each crop and season of the year. We performed the geostatistics of the data and tested the spherical, exponential and Gaussian semivariograms models. With the selection of the model, krigagem was used to make spatial distribution maps. The number of injuries inflicted by adults on fruits has little variability between spring/summer seasons. The stem is less attacked by the larval phase in the autumn than in the other evaluated seasons. The branches have high intensity of injuries caused by adults in all the stations sampled. In general, the pattern of spatial distribution of injuries in fruits is aggregated in spring and summer. In the stem is aggregated in summer and dispersed in autumn. In the branches there is a greater aggregation in the summer. Understanding the spatial and temporal distribution pattern of the injuries of these curculionids is essential, mainly because they are little studied insects. These standards allow the generation of information for integrated pest management, such as the minimum distance between samples and the distribution of sampling. We can conclude that the attack and the temporal distribution pattern of these species are influenced by the season, variety and phenological stage of the crop.

Key Words: Coleoptera, geostatistics, *Heilipus catagraphus*, *Heilus freyreissi*, Krigagem, *Persea americana*.

## INTRODUÇÃO

O abacate (*Persea americana* Mill.) (Laurales: Lauraceae) é uma fruta subtropical cultivada em grande número de países. Esta cultura merece destaque por suas apreciáveis características alimentícias, industriais e comerciais (Dreher & Davenport 2013).

O Brasil está entre os dez maiores produtores desta fruta, no entanto a produção brasileira enfrenta uma série de problemas fitossanitários (Nava et al. 2004; FAO, 2017). Um grupo que tem grande potencialidade em causar danos em abacate são os curculionídeos (Castañeda-Vildózola et al. 2013). No Brasil curculionídeos importantes em abacateiro são *Heilipus catagraphus* (Coleoptera: Curculionidae) e *Heilus freyreissi* (Coleoptera: Curculionidae).

Um dos fatores que influenciam a intensidade que um organismo pode atacar uma lavoura são seus padrões de distribuição temporal e espacial. O estudo do padrão de distribuição temporal e espacial de pragas em cultivos agrícolas, auxilia na compreensão da biologia, comportamento e ecologia dos insetos. O conhecimento destes, pode favorecer estratégias de controle de pragas (Fernandes et al. 2014). Estes estudos ganham notada relevância para *H. catagraphus* e *H. freyreissi* por serem pragas pouco estudadas.

O ambiente influencia na distribuição espacial dos organismos (Kleijn & Angevelde 2006). Insetos distribuem-se nos ambientes à procura de locais com mais alimento, condições favoráveis de temperatura, umidade, abrigo e acasalamento. Quando não satisfeito essas condições a distribuição do inseto pode se alterar devido a dispersão para exploração de novos habitats (Moilanen & Hanski 1998; Rösch et al. 2013). Assim a dispersão tem grande importância no padrão de distribuição espacial de insetos.

Há três disposições básicas que descrevem as distribuições dos organismos no espaço: aleatória, uniforme e agregada (Krebs 1989; Perecin & Barbosa 1992). Em uma distribuição aleatória todos os pontos no espaço têm a mesma probabilidade de serem ocupados por um organismo e a presença de um indivíduo não altera a posição de outro. Na uniforme, a ocorrência de um indivíduo limita a ocorrência de outros. Já na agregada, a presença de um indivíduo aumenta a chance de ocorrência de outros indivíduos no mesmo local (Perecin & Barbosa 1992).

Uma possibilidade para determinação da distribuição espacial dos insetos é utilizar a geoestatística (Midgarden et al.1993; Wright et al. 2002). A geoestatística aborda o uso de análises de correlação, covariância e funções de semivariância para descrever os padrões espaciais dos indivíduos. A teoria fundamental é de que amostras próximas no tempo e espaço sejam mais similares entre si do que as que estiverem distantes, ou seja, possuem maior dependência espacial. O semivariograma é uma função que representa quantitativamente a variação de um fenômeno no espaço. Por meio do semivariograma é possível verificar a dependência espacial entre os pontos amostrados e o grau de dependência espacial dos mesmos. É utilizado para a modelagem da dependência espacial em estudos entomológicos (Martins et al. 2017; Karimzadeh & Iranipour 2017).

A análise de dependência espacial permite a estimativa de valores não amostrados na área de estudo por meio da krigagem. Ela nada mais é que é um método de regressão usado em geoestatística para aproximar ou interpolar dados em pontos não amostrados. A krigagem vai estimar valores para quantificar a distribuição total da densidade de insetos ou suas injúrias. Com os valores estimados são confeccionados mapas de isolinhas de mesma densidade. Com as isolinhas, as mesmas podem ser organizadas em mapas para visualizar a distribuição espacial do inseto, por meio, da dependência espacial entre suas amostras e levando em consideração as amostras vizinhas (Liebhold et al. 1993; Brenner et al. 1998).

O conhecimento da distribuição espacial das pragas e de suas injúrias na cultura ao longo das fases de seu desenvolvimento são fundamentais para estabelecer um plano de amostragem. A partir da determinação da distância entre as amostras (injúria na planta), pode-se gerar um plano de amostragem para estimar um número de unidades amostrais a serem utilizadas. O número de unidades amostrais deve ser suficiente para que possibilite uma amostragem de forma precisa, rápida e com baixo custo (Bliss & Owens 1958; Bliss 1967; Pedigo et al. 1982; Pedigo 1988). O plano de amostragem é uma ferramenta importante na tomada de decisão de controle (Pedigo 1989), por ser o ponto inicial de geração de sistemas de tomada de decisão em programas de manejo integrado de pragas.

Objetivou-se determinar o padrão de distribuição espacial e temporal das injúrias de curculionídeos na cultura do abacateiro, utilizando a geoestatística para obter os parâmetros e a Krigagem para confecção dos mapas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado por meio de avaliações em lavouras comerciais de abacate (*Persea americana*), atacadas por *Heilipus catagraphus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae) e *Heilus freyreissi* (Boheman, 1836) (Coleoptera: Curculionidae) na fazenda do Grupo Tsuge, município de Rio Paranaíba-MG. O clima da região é do tipo Cwb, de zona tropical semi úmida, com temperatura média mínima de 18 °C e média anual igual ou inferior a 22 °C. Caracterizado pela presença de duas estações bem definidas, uma fria e seca, abrangendo os meses de abril a setembro e outra quente e chuvosa, que se estende de outubro a março, sendo a precipitação média próxima a 1500 mm por ano (Alvares et al. 2013).

As avaliações foram realizadas em quatro diferentes lavouras da propriedade (Tabela 1).

Tabela 1: Características das lavouras avaliadas para determinação dos padrões de distribuição temporal e espacial das injúrias de curculionídeos em abacateiro. Rio Paranaíba-MG, 2017.

| Lavoura | Variedade | Área (ha) | Altitude (m) | Coordenadas geográficas |           | Ano de plantio | Plantas ha <sup>-1</sup> | Ano de poda/altura em relação ao solo (m) |
|---------|-----------|-----------|--------------|-------------------------|-----------|----------------|--------------------------|---|
|         |           |           |              | S                       | O         |                |                          |   |
| 1       | Hass      | 15        | 1176         | 19°24'44"               | 46°15'59" | 2005           | 185                      | 2014/1,20                                 |
| 2       | Margarida | 24        | 1173         | 19°25'43"               | 46°16'20" | 2003           | 159                      | 2013/3,0                                  |
| 3       | Breda     | 12        | 1176         | 19°26'08"               | 46°17'09" | 2004           | 208                      | 2015/1,20                                 |
| 4       | Margarida | 18        | 1176         | 19°26'09"               | 46°17'01" | 2004           | 208                      | 2014/1,20                                 |

As lavouras três e quatro são pareadas.

### Distribuição espacial das injúrias

Foram realizadas três avaliações em cada lavoura. A primeira avaliação foi realizada na primavera, no período de 21/10/16 a 18/11/16, a segunda no verão de 03/01/17 a 10/01/17 e a terceira no outono de 28/03/17 a 11/04/17. Em cada lavoura, 33 plantas foram georreferenciadas aleatoriamente. As variáveis analisadas foram injúrias em frutos, caule e ramos do abacateiro. É importante ressaltar que as injúrias nos frutos

e em ramos são provocadas por adultos destes curculionídeos, já as lesões no tronco são provocadas pelas larvas. No caule, o número de injúrias foi avaliado com o auxílio de um canivete, observando a presença e quantificando as perfurações feitas pelas larvas do inseto. Considerou-se somente injúrias ativas, caracterizadas presença de larvas de curculionídeos e quando as perfurações apresentassem excrementos nos orifícios devido a alimentação das larvas. A avaliação das injúrias da fase adulta foi realizada em dois ramos novos escolhidos aleatoriamente na planta, sendo que cada um estava localizado em uma extremidade da planta. Em cada ramo avaliou-se o total de injúrias no ramo, folhas e frutos. Os ramos estavam localizados no terço basal da planta. Para as injúrias nos frutos, optou-se por trabalhar com a porcentagem de frutos atacados por planta.

A avaliação na estação do verão, na lavoura um, não pode ser realizada por problemas operacionais com o GPS. Devido as características de crescimento da planta do abacateiro não havia frutos em ramos novos para contabilização das injúrias no outono.

### **Análises dos dados**

Primeiramente, calculou-se a média e erro padrão para as variáveis avaliadas em cada órgão da planta, para cada lavoura e estação do ano. O teste de Grubbs foi aplicado ao conjunto de dados para eliminar possíveis outliers, utilizando o programa estatístico R, pacote outliers. Em seguida, os dados foram processados por meio da geoestatística. Para tanto, foram testados os modelos de semivariogramas Esférico, Exponencial e Gaussiano. Estes modelos foram escolhidos porque são os que melhor descrevem a distribuição espacial de insetos.

Para cada modelo foram estudados os parâmetros C (patamar),  $C_0$  (efeito pepita),  $C + C_0$  (soma do efeito pepita e patamar) e  $A_0$  (alcance da dependência espacial). O patamar é o valor onde a semivariância não mais aumenta, corresponde ao alcance do semivariograma. Ou seja, desse ponto em diante não existe mais dependência espacial entre as amostras. O efeito pepita é a semivariância nos pontos muito próximos, quando as distâncias entre as unidades amostrais são pequenas. Se seu valor for diferente de zero indica uma descontinuidade dos dados na origem. O parâmetro  $C + C_0$  é importante para quantificar o grau de dependência espacial. Já o alcance mede a distância limite da dependência espacial entre os pontos (Liebhold et al. 1993; Gumprecht et al. 2009). Com estes parâmetros foi obtido a razão entre o efeito pepita e patamar  $C_0 / (C_0 + C_1)$ , para identificar o Grau de Dependência Espacial (GDE). Para analisar o GDE dos atributos em estudo foi utilizado a classificação proposta por Cambardella et

al. (1994), em que os semivariogramas com dependência espacial forte possuem uma razão  $C_0/(C_0+C_1)$  menor ou igual a 0,25; moderada superior a 0,25 e inferior a 0,75 e com dependência fraca razão superior a 0,75.

Com os semivariogramas foi determinado também a anisotropia. Quando um semivariograma apresenta os mesmos parâmetros para qualquer direção ele é chamado de isotrópico e quando o semivariograma apresenta os parâmetros e/ou modelos diferenciados dependendo da direção amostrada, ele é chamado anisotrópico. Para os semivariogramas anisotrópicos não foi possível ajustar uma direção, por não conhecer os fatores que influenciavam a distribuição e dispersão do inseto na área.

A seleção do modelo mais adequado de semivariograma foi obtido pela validação cruzada, obtida pelos parâmetros  $\beta_0$  (intercepto) e  $\beta_1$  (inclinação) do ajuste do modelo de regressão linear dos valores observados em função dos valores estimados. Quanto mais próximas de um e zero, as estimativas obtidas das curvas de regressão para os parâmetros  $\beta_1$  e  $\beta_0$ , respectivamente, melhor será o modelo de dependência espacial (Isaaks & Srivastava 1989). Também utilizou-se a raiz quadrada do erro médio (RQEM). Quanto mais próximo seu valor for de um, maior a validação do modelo testado (Murphy & Sternitzke 1979).

Após a seleção do modelo e determinar a dependência espacial, a Krigagem foi utilizada para a confecção dos mapas de distribuição espacial. O programa utilizado foi o ArcGis 10.3 (ESRI 2015).

## RESULTADOS

Devido a fisiologia do abacateiro e o ataque de *H. catagraphus* e *H. freyreissi* ocorrem predominantemente em frutos em início de desenvolvimento, não houve amostragem neste órgão, nessa estação. Na primavera a lavoura mais atacada foi a um, seguida pelas lavouras dois e três. No verão o maior número de injúrias ocorreu na lavoura três. O número de injúrias nos frutos diminuiu da primavera para o verão na lavoura dois. Na lavoura três e quatro o ataque se manteve constante. Na lavoura um não podemos tirar conclusões, devido não ter sido realizado a avaliação no verão, mas o ataque na primavera foi bem superior que nas outras lavouras (Figura 1A).

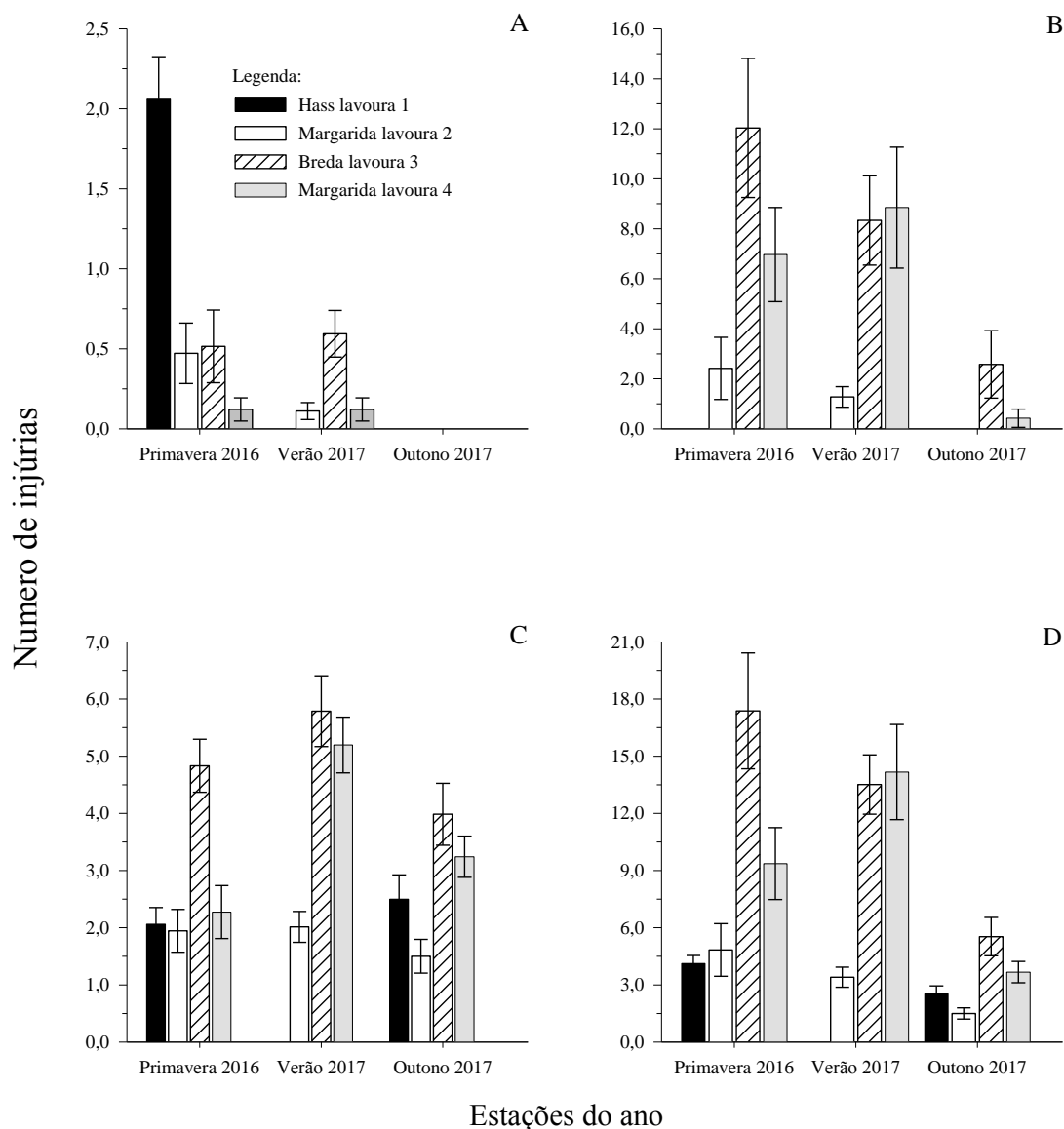
Em relação ao número de injúrias no caule, a lavoura um não sofreu ataque ao longo do período de avaliação. As lavouras três e quatro foram as mais atacadas na primavera e no verão. O número de injúrias diminuiu significativamente das estações primavera/verão para o outono. Na lavoura dois não foi registrado injúrias no outono (Figura 1B).

O ramo teve uma alta intensidade de ataque em todas as estações. As lavouras mais atacadas foram a três na primavera, três e quatro no verão e outono. De modo geral a lavoura mais atacada foi a três, e com menores intensidades de injúrias foram a um e dois (Figura 1C).

Em relação à média dos totais de injúrias (frutos+caule+ramos), as estações mais atacadas foram a primavera e verão. A lavoura mais lesionada foi a três, seguida pela quatro (Figura 1D).

Para a análise de distribuição espacial, considerando todas as lavouras avaliadas, foi possível testar 78 modelos (26 Gaussianos, 26 Exponenciais e 26 Esféricos) (Tabela 2). Esse número considerando todas as avaliações realizadas e as lavouras/datas com ataque. Destes modelos, 14 foram classificados como isotrópicos e 64 anisotrópicos. Houve pouca variação nos parâmetros  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e RQEM entre os modelos Gaussiano, Esférico e Exponencial. Isto considerando a avaliação na mesma lavoura e o mesmo órgão da planta estudado (Tabela 2). Entre lavouras e estações o parâmetro  $\beta_1$  teve pouca variação. Os valores de  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e RQEM ficaram distantes do ideal para a validação (0, 1 e 0 respectivamente). Destes,  $\beta_0$  foi o mais distante do ideal. A variável caule foi a que apresentou os maiores valores deste parâmetro, para todas as lavouras, enquanto que o fruto foi o que apresentou os menores.





Estações do ano

Figura 1: Médias do número de injúrias provocadas por *H.catagraphus* e *H. freyreissi* em abacateiro, nas estações da primavera 2016, verão 2017 e outono 2017. Frutos (A), caule (B), ramos (C) e totais (frutos+caule+ramos) (D). No outono não havia frutos para amostragem. A lavoura um não pode ser amostrada no verão 2017. Barras representam o erro padrão da média.

A partir disso, os modelos foram selecionados levando-se em consideração quais atendiam o maior número de parâmetros. Assim, foram selecionados 26 modelos. Destes, 16 foram Gaussianos, nove Exponenciais e um Esférico. Em relação a isotropia, somente seis foram isotrópicos (Tabela 3).

Os valores de alcance ( $A_0$ ) foram bem variáveis e não obedeceram uma sequência de época e lavoura avaliada (Tabela 3). Para o fruto na estação da primavera

os valores variaram de 68 m (lavoura 2) a 381,9 m (lavoura 4). No verão estes valores foram de 56,2 m (lavoura 3) a 413,0 m (lavoura 4). Para o caule os valores de alcance na primavera foram de 71,3 m (lavoura 2) a 788,1 m (lavoura 4), de 106,2 m (lavoura 2) a 801,6 m (lavoura 3) no verão e variando de 376,4 m (lavoura 4) a 801,6 m (lavoura 3) no outono. Os ramos nas lavouras um, dois e três tiveram pouca variação na primavera (51,1 m lavoura 1 a 112,5 m lavoura 2). Já na lavoura quatro observou altos valores (263,0 a 788,8 m). O mesmo ocorreu na estação do verão para a lavoura três (55,3 a 95,2 m). A lavoura quatro teve o mesmo alcance da primavera. No outono os valores variaram de 140,2 m (lavoura 2) a 639,6 m (lavoura 3) (Tabela 3).

Em relação ao grau de dependência espacial (GDE), foi forte para a variável fruto nas lavouras dois e quatro e moderado nas lavouras um e três, não sofrendo influência da época avaliada. No caule, na lavoura dois, foi fraco na primavera e moderado no verão. Na lavoura três seguiu a sequência moderado, fraco, fraco para as estações avaliadas. Na lavoura quatro a sequência foi fraco, moderado, moderado. Nos ramos foi forte na primavera e fraco no outono na lavoura um. Na lavoura dois foi forte na primavera, fraco no verão e moderado no inverno. Na lavoura três seguiu a sequência moderado, forte e moderado. Na lavoura quatro foi moderado em todas as estações avaliadas (Tabela 3).

Em relação aos mapas de distribuição espacial a variável fruto mostrou um padrão mais agregado em todas as estações avaliadas (Figuras 2, 3, 4 e 5). O caule apresentou um padrão bastante agregado na primavera e verão e disperso no outono, na lavoura dois (Figura 3). Na lavoura três ele demonstra um padrão agregado na primavera e mais disperso no verão e outono (Figuras 4). Na lavoura quatro ele demonstra uma leve agregação no verão e dispersão no outono (Figura 5). Nos ramos as injúrias tiveram um padrão mais agregado na primavera para as lavouras um e dois, ao passo que para a três e quatro o ataque foi mais bem distribuído. No verão o ataque foi bem distribuído nas lavouras dois e quatro, com a três adotando um padrão mais agregado. Já no outono mostrou um padrão de maior dispersão que agregação, se comparado as outras estações e órgãos avaliados (Figuras 2, 3, 4 e 5).

Tabela 2: Validação cruzada pelo método da Krigagem dos valores observados e estimados pelos modelos Gaussiano (Gs), Esférico (Es) e Exponencial(Ex) das injúrias de curculionídeos em frutos (Fr), caules (Ca) e ramos (Ra) em quatro lavouras de abacateiro. Rio Paranaíba-MG, 2017.

| Lv | Org | Md | Primavera 2016 |           |           |      | Verão 2017 |           |           |      | Outono 2017 |           |           |      |
|----|-----|----|----------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|-------------|-----------|-----------|------|
|    |     |    | Ist            | $\beta_0$ | $\beta_1$ | RQEM | Ist        | $\beta_0$ | $\beta_1$ | RQEM | Ist         | $\beta_0$ | $\beta_1$ | RQEM |
| 1  | Fr  | Gs | An             | 2,0       | 0,1       | 1,2  | -          | -         | -         | -    | -           | -         | -         | -    |
| 1  | Fr  | Ex | Is             | 2,0       | 0,1       | 1,2  | -          | -         | -         | -    | -           | -         | -         | -    |
| 1  | Fr  | Es | An             | 2,0       | 0,1       | 1,2  | -          | -         | -         | -    | -           | -         | -         | -    |
| 1  | Ra  | Gs | An             | 1,9       | 0,0       | 1,2  | -          | -         | -         | -    | An          | 2,4       | 0,0       | 1,6  |
| 1  | Ra  | Ex | An             | 1,8       | 0,1       | 1,2  | -          | -         | -         | -    | Is          | 2,3       | 0,1       | 1,6  |
| 1  | Ra  | Es | An             | 1,8       | 0,1       | 1,2  | -          | -         | -         | -    | An          | 2,5       | 0,0       | 1,6  |
| 2  | Fr  | Gs | An             | 0,4       | -0,1      | 1,0  | An         | 0,1       | 0,0       | 0,6  | -           | -         | -         | -    |
| 2  | Fr  | Ex | An             | 0,4       | -0,1      | 1,1  | An         | 0,1       | 0,0       | 0,6  | -           | -         | -         | -    |
| 2  | Fr  | Es | An             | 0,4       | -0,1      | 1,1  | An         | 0,1       | 0,0       | 0,6  | -           | -         | -         | -    |
| 2  | Ca  | Gs | An             | 1,9       | 0,0       | 2,7  | An         | 1,0       | 0,0       | 1,4  | -           | -         | -         | -    |
| 2  | Ca  | Ex | An             | 2,4       | -0,1      | 2,7  | An         | 1,0       | -0,1      | 1,4  | -           | -         | -         | -    |
| 2  | Ca  | Es | An             | 2,1       | -0,1      | 2,7  | An         | 1,0       | 0,0       | 1,4  | -           | -         | -         | -    |
| 2  | Ra  | Gs | An             | 1,6       | 0,1       | 1,4  | An         | 1,9       | 0,0       | 1,3  | An          | 1,2       | 0,1       | 1,3  |
| 2  | Ra  | Ex | An             | 1,6       | 0,1       | 1,6  | An         | 1,9       | 0,0       | 1,3  | An          | 1,2       | 0,1       | 1,3  |
| 2  | Ra  | Es | An             | 1,6       | 0,0       | 1,5  | An         | 1,9       | 0,0       | 1,3  | An          | 1,2       | 0,1       | 1,3  |
| 3  | Fr  | Gs | An             | 0,3       | 0,1       | 1,2  | An         | 0,7       | 0,0       | 1,0  | -           | -         | -         | -    |
| 3  | Fr  | Ex | An             | 0,3       | 0,1       | 1,2  | An         | 0,6       | 0,0       | 1,0  | -           | -         | -         | -    |
| 3  | Fr  | Es | An             | 0,3       | 0,1       | 1,2  | An         | 0,7       | 0,0       | 1,0  | -           | -         | -         | -    |
| 3  | Ca  | Gs | An             | 9,3       | 0,1       | 3,7  | Is         | 9,1       | 0,0       | 3,3  | Is          | 2,9       | 0,0       | 2,8  |
| 3  | Ca  | Ex | An             | 10,6      | 0,1       | 3,9  | Is         | 9,1       | 0,0       | 3,3  | Is          | 2,9       | 0,0       | 2,8  |
| 3  | Ca  | Es | An             | 10,6      | 0,1       | 3,9  | Is         | 9,1       | 0,0       | 3,3  | Is          | 2,9       | 0,0       | 2,8  |

Tabela 2: Continuação...

|   |    |    |    |     |     |     |    |     |      |     |    |     |     |     |
|---|----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|------|-----|----|-----|-----|-----|
| 3 | Ra | Gs | An | 4,4 | 0,1 | 1,7 | An | 5,5 | 0,0  | 1,8 | An | 4,1 | 0,0 | 1,7 |
| 3 | Ra | Ex | An | 5,1 | 0,0 | 1,7 | An | 4,9 | 0,1  | 1,8 | An | 4,1 | 0,0 | 1,7 |
| 3 | Ra | Es | An | 5,2 | 0,0 | 1,7 | An | 5,7 | 0,0  | 1,8 | An | 4,1 | 0,0 | 1,7 |
| 4 | Fr | Gs | An | 0,1 | 0,0 | 0,5 | An | 0,0 | 0,3  | 0,4 | -  | -   | -   | -   |
| 4 | Fr | Ex | An | 0,1 | 0,0 | 0,5 | An | 0,1 | 0,7  | 0,5 | -  | -   | -   | -   |
| 4 | Fr | Es | An | 0,1 | 0,0 | 0,5 | An | 0,1 | 0,2  | 0,5 | -  | -   | -   | -   |
| 4 | Ca | Gs | Is | 7,5 | 0,0 | 3,4 | An | 8,0 | -0,1 | 3,6 | Is | 0,3 | 0,0 | 1,3 |
| 4 | Ca | Ex | Is | 7,5 | 0,0 | 3,4 | An | 9,6 | 0,1  | 3,9 | Is | 0,3 | 0,0 | 1,5 |
| 4 | Ca | Es | Is | 7,5 | 0,0 | 3,4 | An | 9,4 | 0,1  | 3,9 | Is | 0,3 | 0,0 | 1,4 |
| 4 | Ra | Gs | An | 2,0 | 0,0 | 1,5 | An | 4,6 | 0,1  | 1,7 | An | 3,0 | 0,1 | 1,4 |
| 4 | Ra | Ex | An | 2,2 | 0,0 | 1,6 | An | 4,6 | 0,1  | 1,7 | An | 3,1 | 0,0 | 1,4 |
| 4 | Ra | Es | An | 2,1 | 0,0 | 1,5 | An | 4,6 | 0,1  | 1,7 | An | 3,1 | 0,1 | 1,4 |

Na tabela: Lv = lavoura; Org = órgão avaliado; Md = modelo; Ist = isotropia; An = anisotrópico; Is = isotrópico;  $\beta_0$ =intercepto;  $\beta_1$ = inclinação da curva; RQEM = raiz quadrada do erro médio. – Indica lavouras que não foram possíveis ser avaliadas ou que não tiveram ataque de curculionídeos.

Tabela 3. Efeito pepita ( $C_0$ ), soma do patamar + pepita ( $C+C_0$ ), alcance ( $A_0$ ) e grau de dependência espacial (GDE) dos modelos (Md) Esférico (Es), Exponencial (Ex) e Gaussiano (Gs) dos semivariogramas isotrópicos (Is) ou anisotrópicos (An) selecionados pela validação cruzada das injúrias de curculionídeos em frutos, caules e ramos em quatro lavouras de abacateiro. Rio Paranaíba-MG, 2017.

| Lv | Org | Primavera 2016 |     |       |         |               |      | Verão 2017 |     |       |         |               |      | Outono 2017 |     |       |         |               |      |
|----|-----|----------------|-----|-------|---------|---------------|------|------------|-----|-------|---------|---------------|------|-------------|-----|-------|---------|---------------|------|
|    |     | Md             | Ist | $C_0$ | $C+C_0$ | $A_0$         | GDE  | Md         | Ist | $C_0$ | $C+C_0$ | $A_0$         | GDE  | Md          | Ist | $C_0$ | $C+C_0$ | $A_0$         | GDE  |
| 1  | Fr  | Ex             | Is  | 1,3   | 3,1     | 252,9         | 0,44 | -          | -   | -     | -       | -             | -    | -           | -   | -     | -       | -             | -    |
| 1  | Ra  | Ex             | An  | 0,0   | 2,8     | 51,1 - 92,4   | 0,00 | -          | -   | -     | -       | -             | -    | Ex          | Is  | 5,9   | 5,9     | 621,8         | 1,00 |
| 2  | Fr  | Gs             | An  | 0,1   | 2,1     | 68,0 - 94,2   | 0,03 | Ex         | An  | 0,0   | 0,1     | 68,0 - 94,2   | 0,00 | -           | -   | -     | -       | -             | -    |
| 2  | Ca  | Gs             | An  | 39,6  | 50,7    | 71,3 - 95,6   | 0,78 | Gs         | An  | 2,9   | 7,6     | 106,2 - 317,6 | 0,38 | -           | -   | -     | -       | -             | -    |
| 2  | Ra  | Gs             | An  | 0,4   | 8,6     | 70,2 - 112,5  | 0,04 | Gs         | An  | 2,5   | 3,0     | 68,0 - 91,4   | 0,83 | Gs          | An  | 2,1   | 3,6     | 140,2 - 417,8 | 0,60 |
| 3  | Fr  | Ex             | An  | 1,5   | 2,2     | 75,5 - 225,9  | 0,70 | Ex         | An  | 0,7   | 1,0     | 56,2 - 165,0  | 0,70 | -           | -   | -     | -       | -             | -    |
| 3  | Ca  | Gs             | An  | 102,6 | 252,6   | 74,9 - 223,7  | 0,41 | Gs         | Is  | 105,6 | 105,6   | 801,6         | 1,00 | Gs          | Is  | 60,0  | 60,0    | 801,6         | 1,00 |
| 3  | Ra  | Gs             | An  | 5,1   | 7,1     | 53,6 - 80,5   | 0,72 | Ex         | An  | 0,0   | 12,4    | 55,1 - 95,2   | 0,00 | Ex          | An  | 6,5   | 10,7    | 214,1 - 639,6 | 0,61 |
| 4  | Fr  | Es             | An  | 0,0   | 0,2     | 128,2 - 381,9 | 0,07 | Gs         | An  | 0,0   | 0,2     | 137,8 - 413,0 | 0,00 | -           | -   | -     | -       | -             | -    |
| 4  | Ca  | Gs             | Is  | 117,0 | 117,0   | 788,8         | 1,00 | Gs         | An  | 97,8  | 275,0   | 118,7 - 296,0 | 0,36 | Gs          | Is  | 2,3   | 8,0     | 376,4         | 0,29 |
| 4  | Ra  | Gs             | An  | 4,4   | 9,7     | 263,0 - 788,8 | 0,45 | Ex         | An  | 6,1   | 8,6     | 263,0 - 788,8 | 0,70 | Gs          | An  | 2,2   | 5,0     | 135,1 - 265,7 | 0,45 |

Na tabela: Lv = lavoura; Org = órgão avaliado; Ist = isotropia. – Indica lavouras que não foram possíveis ser avaliadas ou que não tiveram ataque de curculionídeos.

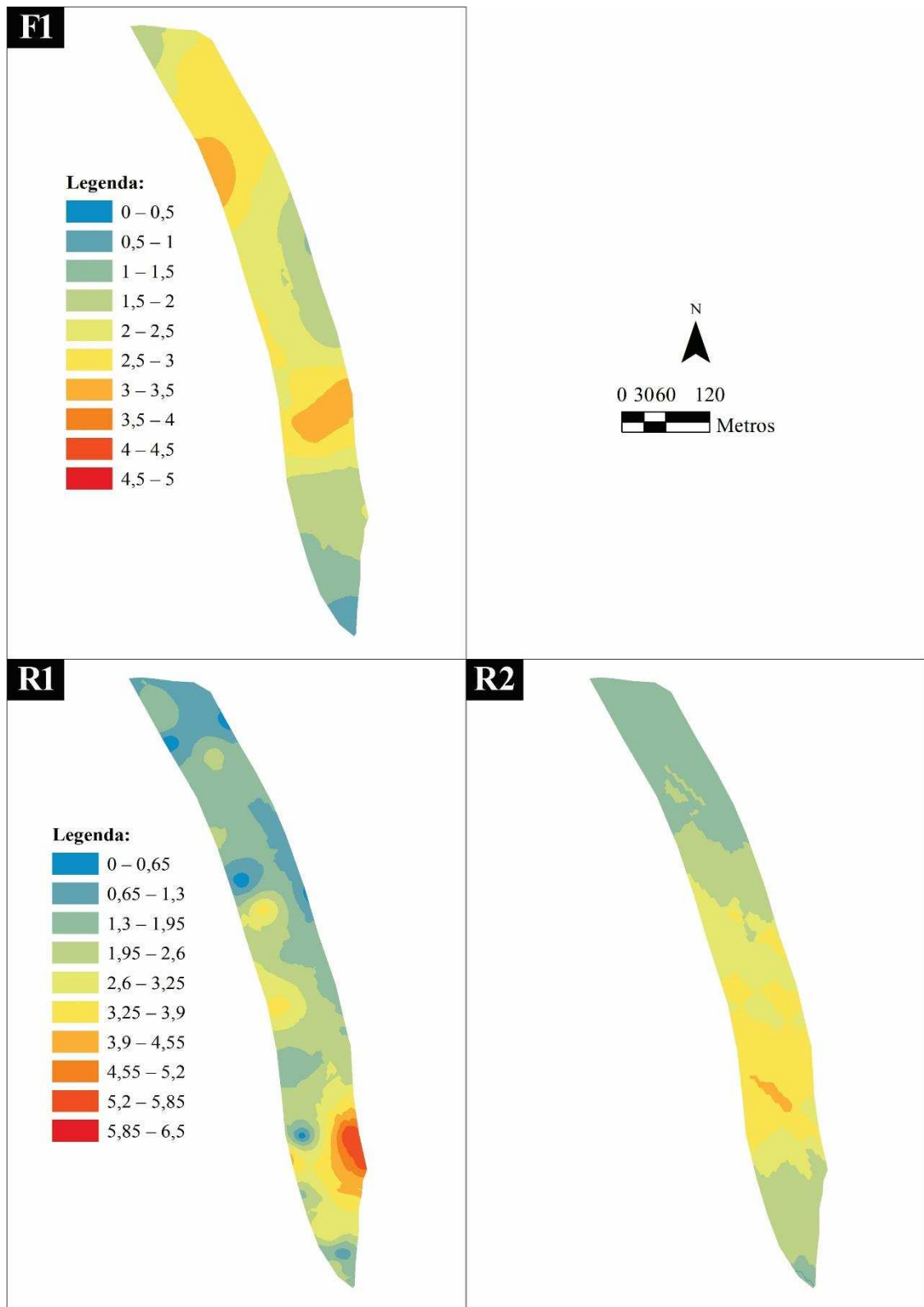


Figura 2: Mapas da distribuição espacial das injúrias de curculionídeos em frutos e ramos na lavoura um. F = fruto; R = ramos; 1 = primavera; 2 = verão; 3 = outono. A avaliação no verão não pode ser realizada. No outono não havia frutos para avaliação.

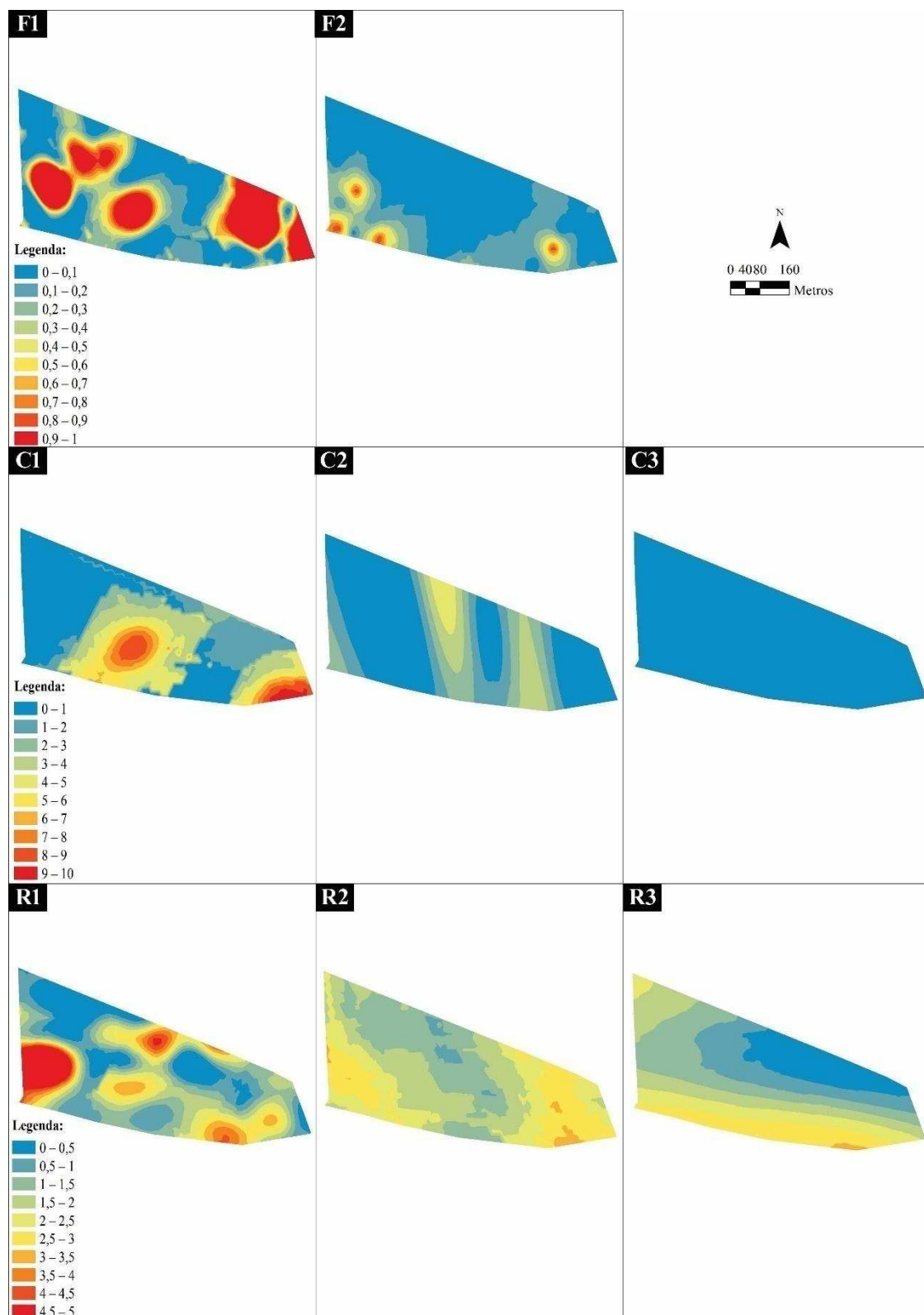


Figura 3: Mapas da distribuição espacial das injúrias de curculionídeos em frutos; ramos e caule na lavoura dois. F = fruto; C = caule R = ramos; 1 = primavera; 2 = verão; 3 = outono. No outono não havia frutos para avaliação e não houve ataque ao caule.

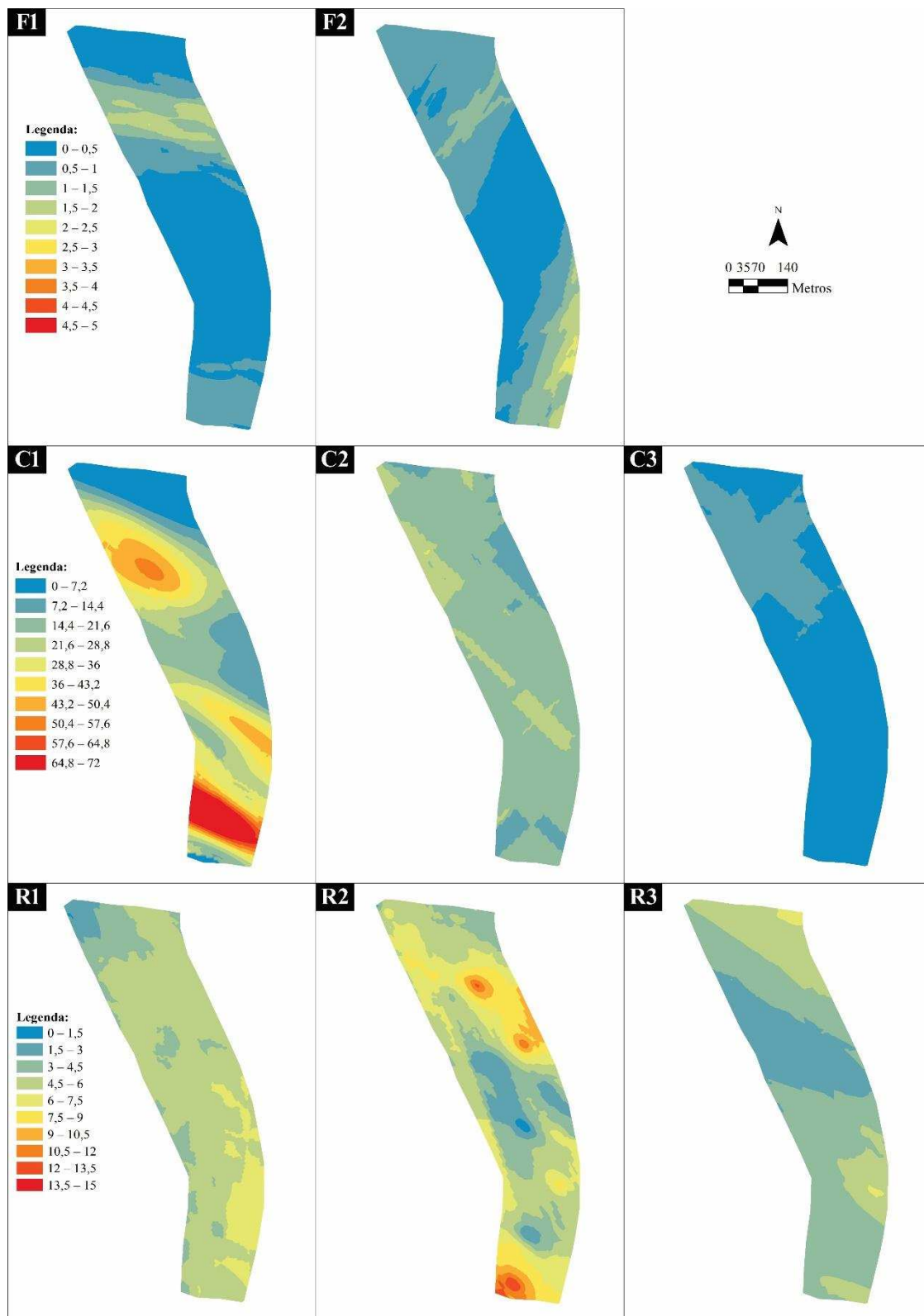


Figura 4: Mapas da distribuição espacial das injúrias de curculionídeos em frutos; ramos e caule na lavoura três. F = fruto; C = caule R = ramos; 1 = primavera; 2 = verão; 3 = outono. No outono não havia frutos para avaliação.

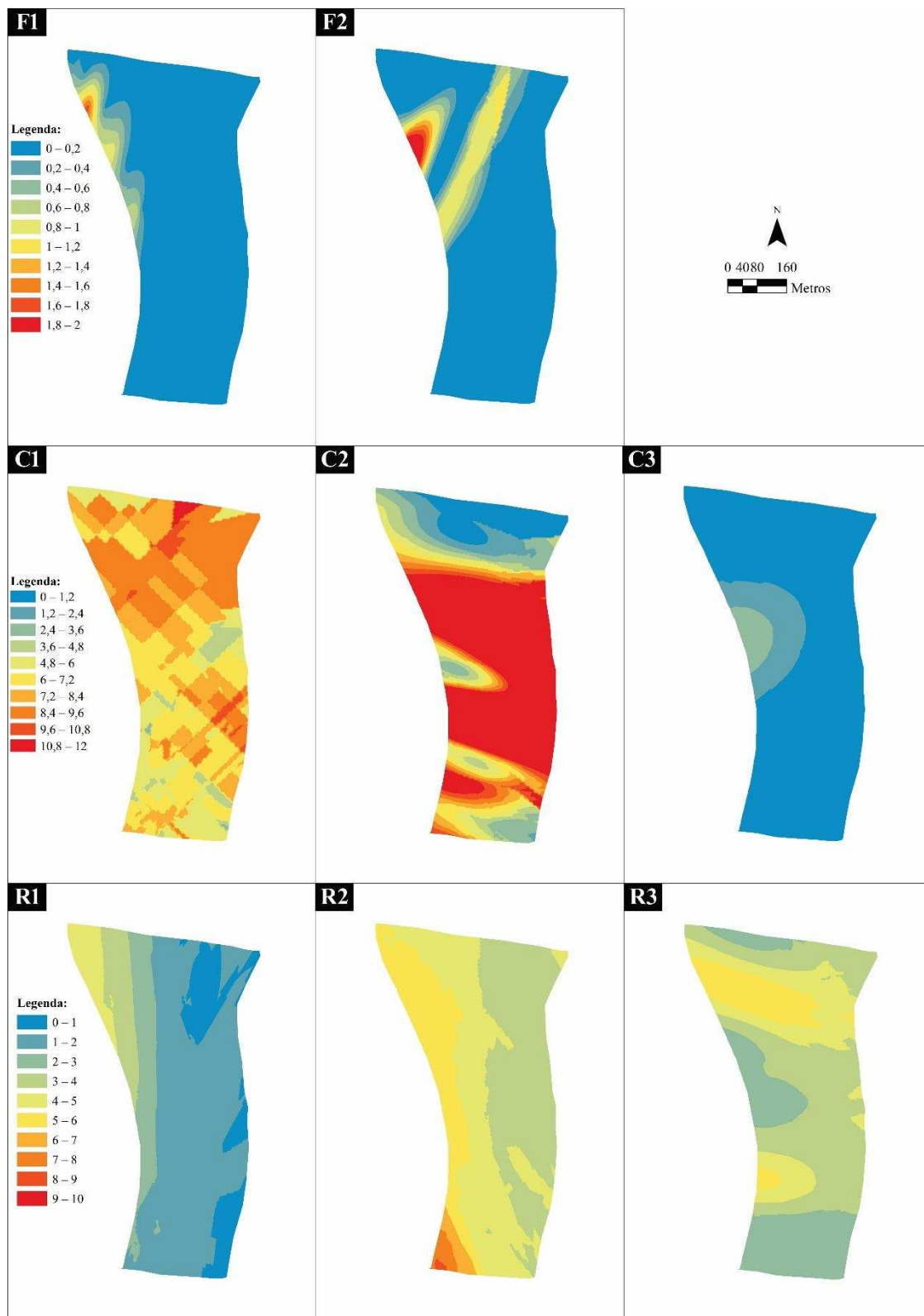


Figura 5: Mapas da distribuição espacial das injúrias de curculionídeos em frutos; ramos e caule na lavoura quatro. F = fruto; C = caule R = ramos; 1 = primavera; 2 = verão; 3 = outono. No outono não havia frutos para avaliação.

## DISCUSSÃO

O fato da lavoura um ter sofrido maiores números de injúrias nos frutos que as demais lavouras, ressalta a importância dos curculionídeos como pragas do abacateiro. É relatado até 80% de ataque em frutos por espécies do gênero *Heilipus* (Peña 1998). Um único indivíduo adulto de *H. catagraphus* pode atacar vários frutos (Lourenção et al. 1984). Os frutos quando mais desenvolvidos podem se cicatrizar, restando áreas lesadas com superfície áspera e parda (Lourenção et al. 1984).

Deste modo o ataque de adultos aos frutos não seria tão prejudicial para variedades como o Margarida e Breda, destinadas ao mercado interno. Porém na lavoura um a variedade plantada é o Hass. Essa cultivar é destinada quase que exclusivamente ao mercado exterior. Uma injúria na casca do fruto de abacate faz ele cair de categoria na classificação, e a depender da extensão e quantidade de ataque provoca seu descarte. Nas outras lavouras o prejuízo é menor, porque o mercado interno é menos exigente. Estes frutos podem também, seguir outros destinos, como a industrialização.

Neste trabalho observamos somente adultos atacando o fruto de abacateiro. Porém, é conhecido o ataque de larvas de espécies do gênero *Heilipus* em *Persea schiedeana* (Laurales: Lauraceae) (Castañeda-Vildózola et al. 2009). Outras larvas de curculionídeos como *Conotrachelus perseae*, também podem atacar frutos de abacate (Castañeda-Vildózola et al. 2015).

Já o caule pode ser atacado por várias espécies de *Heilipus* como *H. gibbus*, *H. rufipes*. O ataque de larvas destes insetos no tronco pode ser severo, chegando a 90% de plantas atacadas (Lourenção et al. 2003). Foi observado neste trabalho que um único tronco pode ter várias lesões e larvas. Quando estes insetos atacam o tronco, as lesões podem ser porta de entrada para várias doenças como a gomose (*Phytophthora cinnamoni* Rands). Não há trabalhos que demonstrem a associação desta doença com as espécies listadas. Porém produtores de abacate relatam que o ataque do inseto na área aumenta o número de plantas infectadas. A princípio somente larvas de *H. catagraphus* e *H. freyreissi* atacam o tronco do abacateiro. Mas adultos de vários gêneros de curculionídeos podem atacar tronco de abacateiro (Ploetz et al. 2017).

Os ramos foi o órgão com maior intensidade de ataque entre os demais. Trabalhos relatando o ataque de curculionídeos em ramos são mais escassos que em fruto e caule. A injúria no fruto, por ser a parte comercializada, pode proporcionar um

maior dano que nos ramos. A mesma coisa acontece com o caule. Ataques nesta parte da planta podem provocar maiores perdas de produtividade por ocorrer em um órgão com pequena taxa de crescimento, quando comparado aos ramos que apresentam vários fluxos vegetativos durante o ano (Schaffer et al. 2002).

O pico de ataque dos insetos é variável com a espécie e fenologia da cultura (Waltz & Whitham 1997; Vieira et al. 2014; Meneses et al. 2016). Em abacate o ataque de curculionídeos está relacionado com períodos de altas temperaturas e precipitação (Luna et al. 2017). Quando comparamos as estações avaliadas, o número de injúrias em frutos e ramos tiveram pouca variação com o decorrer das avaliações. Já o número de injúrias no caule diminuiu consideravelmente no outono. Isto pode ser explicado pela flutuação populacional de curculionídeos broqueadores de plantas. Muito destes insetos tem a emergência nos períodos de aumento de temperatura e precipitação. Assim encontra-se muitos adultos nas estações mais quentes e chuvosas e larvas nos períodos frios e secos (Guedes & Parra 2009).

O conhecimento da existência das fases do ciclo de vida da praga, em determinadas épocas do ano, permite programar de forma mais eficiente o manejo destes insetos. Assim podemos utilizar diferentes técnicas de controle e amostragem a depender da época do ano e fenologia da cultura.

De forma geral as lavouras que tiveram maior ataque foram a três e a quatro. Observações preliminares mostraram que estas foram as lavouras que tiveram os primeiros focos de ataque destes insetos. Estas lavouras podem indicar um caminho de dispersão feito pelos insetos. Assim eles teriam iniciado o ataque pelas lavouras três e quatro (pareadas), seguido para a dois e por fim alcançado a lavoura um, onde não foi registrado nenhuma injúria ao tronco.

Características e condições importantes destas áreas, são o fato de todas terem passado por podas recentemente. Estas lavouras possuíam grande quantidade de fragmento de tronco e galhos sob a copa do abacateiro. Pedacos de restos vegetais podem emitir voláteis e estes serem atraentes a curculionídeos (Tinzaara et al. 2002). Assim com a decomposição da madeira, pode ter sido liberado algum composto que atraísse os adultos para a área.

Estudos de compostos químicos (alomônios) que atraem curculionídeos da subfamília Molytinae (subfamília de *H. catagraphus* e *H. freyreissi*) são escassos na literatura. Para curculionídeos da subfamília Scolytinae os terpenos liberados pelas plantas são os principais compostos de atração (Flechtmann et al. 1995).

Em relação a distribuição espacial, os valores distantes dos ideais para os parâmetros  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e RQEM demonstram que os modelos geoestatísticos analisados podem não ter sido os mais adequados para estimação da distribuição espacial das injúrias de curculionídeos em abacateiro.

A grande maioria de modelos anisotrópicos avaliados e selecionados mostram que há fatores dentro de cada lavoura que determina a distribuição espacial das injúrias a depender da direção estudada. Os valores de alcance indicam a distância mínima que se deve retirar uma amostra para que os dados não sofram influência da distribuição espacial do inseto (Young & Young, 1998). Determinar estes valores é essencial para o desenvolvimento de um plano de amostragem. Assim de maneira geral, se o órgão amostrado for o fruto essa distância será menor, enquanto que para o caule e ramos a distância é maior (Tabela 3).

Os baixos valores de GDE para os frutos, na maioria das lavouras e estações avaliadas mostra a distribuição agregada das injúrias nestes órgãos. Já para ramos e caules as injúrias tiveram melhor distribuição, principalmente neste último. Estas informações impactam diretamente no manejo destas pragas, influenciando diretamente na tomada de amostras para determinação de densidades populacionais e para aplicabilidade de métodos de controle, como o uso de armadilhas com semioquímicos.

O comportamento do inseto pode estar relacionado com a disponibilidade de recurso e fenologia da planta (Cirino & Miller 2017). Insetos se distribuem no ambiente a favor da presença de alimento, condições favoráveis de temperatura e umidade, para abrigo e acasalamento. Quando não satisfeito essas condições a distribuição do inseto pode se alterar devido a dispersão para exploração de novos habitats (Moilanen & Hanski, 1998; Rösch et al. 2013). Assim o comportamento agregado das pragas tem uma influência direta na sua reprodução e sobrevivência.

O padrão de dispersão agregado das injúrias no caule, nas lavouras três e quatro, no outono, pode ter sido adotado pelos curculionídeos para melhor exploração do ambiente. Visto que a diminuição na quantidade de chuvas e o emprego de métodos de controle podem ter influenciado sua distribuição (Figuras 4 e 5).

O ataque das pragas é fortemente influenciado pela quantidade de recurso (Wolda 1988). O fato de que na maioria dos casos o ataque nos ramos terem apresentado um padrão distribuído pode ter ocorrido pela maior disponibilidade de alimento. Como na região do Alto Paranaíba-MG, o abacateiro passa por três fluxos vegetativos por ano e estes coincidirem com as estações avaliadas, houve a oferta de ramos novos e tenros

durante o período avaliado. Outro fato que contribuiu para a intensidade e dispersão do ataque no outono é a grande duração do ciclo de vida dos besouros adultos.

Mais estudos devem ser realizados para compreendermos melhor a biologia e comportamento destes insetos. Estudos sobre a duração do ciclo de vida em plantas de abacate são essenciais. É necessário compreender como a distribuição das injúrias se comporta ao longo de vários anos e estações avaliadas. E também conhecer qual a reação de voláteis sobre atração e ataque destes besouros.

## LITERATURA CITADA

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., de Moraes, G., Leonardo, J., Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22(6): 711-728.
- Bliss, C.I., Owen, A.R.G. 1958. Negative binomial distributions with a common k. *Biometrika* 45(1/2): 37-58.
- Brenner, R.J., Focks, D.A., Arbogast, R.T., Weaver, D.K., Shuman, D. 1998. Practical use of spatial analysis in precision targeting for integrated pest management. *American Entomologist* 44(2): 79-102.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F., Konopka, A.E. 1994. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal* 58(5): 1501-1511.
- Castañeda-Vildózola, A., Ángel-Coronel, D., Oscar, A., Cruz-Castillo, J. G., Váldez-Carrasco, J. 2009. *Persea schiedeana* (Lauraceae), a new host of *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) in Veracruz, Mexico. *Neotropical Entomology* 38(6): 871-872.
- Castañeda-Vildózola, A., Equihua-Martínez, A., Peña, J.E. (2013). Avocado weevils of the genus *Heilipus*. In: Peña, J.E. (Eds.). *Potential Invasive Pests of Agricultural Crops*. CABI.
- Castañeda-Vildózola, Á., Franco-Mora, O., Alemán, J. C. R., Ruiz-Montiel, C., Váldez-Carrasco, J., Equihua-Martínez, A. 2015. New distribution records of the small avocado seed weevil, *Conotrachelus perseae* Barber (Coleoptera: Curculionidae), in Mexico and notes on its biology. *The Coleopterists Bulletin* 69(2): 267-271.
- Cirino, L.A., Miller, C.W. 2017. Seasonal Effects on the Population, Morphology and Reproductive Behavior of *Narnia femorata* (Hemiptera: Coreidae). *Insects* 8(1).
- Dreher, M.L., Davenport, A.J. 2013. Hass avocado composition and potential health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53(7): 738-750.
- ESRI ArcMap. 2005. Version 10.3, ArcInfolicense. ESRI, Redlands, CA.
- Fernandes, F.L., Picanço, M.C., Fernandes, M.E.S., Dângelo, R.A.C., Souza, F.F., Guedes, R.N.C. 2014. A new and highly effective sampling plan using attractant-baited traps for the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). *Journal of Pest Science* 88(2): 289-299.

- Flechtmann, C.A.H., Couto, H.T.Z., Gaspareto, C.L., Berti Filho, E. (1995). Scolytidae em reflorestamento com pinheiros tropicais. IPEF.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2017. The Agricultural Production domain covers. Statistics Division. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 17 jun. 2017.
- Guedes., J.V.C., Parra, J. R.P. 2009. Flutuação populacional de curculionídeos-das-raízes em citros. *Ciência Rural* 39(3): 891-895.
- Gumprecht, D., Muller, W.G., Rodriguez-Diaz, J.M. 2009. Designs for detecting spatial dependence. *Geographical Analysis* 41(2): 127-143.
- Isaaks, E.H., Srivastava, R.M. 1989. Na introduction to applied geostatistics. New York: Oxford Universit.
- Karimzadeh, R., Iranipour, S. (2017). Spatial Distribution and Site-Specific Spraying of Main Sucking Pests of Elm Trees. *Neotropical Entomology*, 46(1): 316-323.
- Kleijn, D., Van Langevelde, F. 2006. Interacting effects of landscape context and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes. *Basic and Applied Ecology* 7(3): 201-214.
- Krebs, C.J. 1989. Ecological methodology. New York: Harper and Hall.
- Liebholt, A.M., Rossi, R.E., Kemp, W.P. 1993. Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. *Annual Review of Entomology* 38(1): 303-327.
- Lourenção, A.L., Rosado-Neto, G.H., Soares, N.B. 1984. Ocorrência de adultos de *Heilipus catagraphus* Germar, 1824 (Coleoptera: Curculionidae) danificando frutos de abacateiro. *Bragantia* 43(1): 249-253.
- Lourenção, A.L., Soares, N.B., Rosado-Neto, G.H. 2003. Ocorrência e danos de larvas de *Heilipus rufipes* Perty (Coleoptera: Curculionidae) em abacateiro (*Persea americana* Mill.) no Estado do Ceará. *Neotropical Entomology* 32(2): 363-364.
- Luna, A., López-Martínez, V., Pérez-De la O, N. B., Jiménez-García, D., Jones, R. W., Castañeda-Vildozola, Á., Ruiz-Montiel, C. 2017. Actual and potential distribution of five regulated avocado pests across Mexico, using the maximum entropy algorithm. *Florida Entomologist* 100(1): 92-100.
- Martins, J. C., Picanço, M. C., Silva, R. S., Gonring, A. H., Galdino, T. V., Guedes, R. N. 2017. Assessing the spatial distribution of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs in open field tomato cultivation through geostatistical analysis. *Pest Management Science*. doi:10.1002/ps.4664

- Meneses, A. R., Querino, R. B., Oliveira, C. M., Maia, A. H., Silva, P. R. 2016. Seasonal and vertical distribution of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) in Brazilian corn fields. *Florida Entomologist* 99(4): 750-754.
- Midgarden, D.G., Youngman, R.R., Fleischer, S. J. 1993. Spatial analysis of counts of western com rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adults on yellow sticky traps in corn: geostatistics and dispersion indices. *Environmental Entomology* 22(5): 1124-1133.
- Moilanen, A., Hanski, I. 1998. Metapopulation dynamics: effects of habitat quality and landscape structure. *Ecology* 79(7): 2503-2515.
- Murphy, P.A., Sternitzke, H.S. 1979. Growth and yield estimation for loblolly pine in the West Gulf. Res. Pap. SO-154. New Orleans, LA: US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Nava, D.E., Neves, A.D., Diez-Rodríguez, G.I., Gonçalves, J.C., Parra, J.R.P. 2004. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Deuterollyta majuscula* (Lep.: Pyralidae) em abacateiro (*Persea americana* MILL.). *Revista Brasileira de Fruticultura* 26(1): 234-236.
- Pedigo, L.P. 1989. Entomology and pest management. Macmillan Publishing Company.
- Pedigo, L.P., Buntin, G.D., Bechinski, E.J. 1982. Flushing technique and sequential-count plan for green cloverworm (Lepidoptera: Noctuidae) moths in soybean. *Environmental Entomology* 11(6): 1223-1228.
- Pena, J.E. 1998. Current and potential arthropod pests threatening tropical fruit crops in Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 111(1): 327-329.
- Perecin, D., Barbosa, J.C. 1992. Amostragem e análise estatística de dados de distribuição de contágio. *Revista de Matemática Estatística* 10(1): 207-216.
- Ploetz, R. C., Konkol, J. L., Narvaez, T., Duncan, R. E., Saucedo, R. J., Campbell, A., Mantilla J., Carrillo, D., Kendra, P. E. 2017. Presence and Prevalence of *Raffaelea lauricola*, Cause of Laurel Wilt, in Different Species of Ambrosia Beetle in Florida, USA. *Journal of Economic Entomology* 110(2): 347-354.
- R Core Team 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL. <https://www.R-project.org/>.
- Rösch, V., Tschardtke, T., Scherber, C., Batary, P. 2013. Landscape composition, connectivity and fragment size drive effects of grassland fragmentation on insect communities. *Journal of Applied Ecology* 50(2): 387-394.

- Schaffer, B., Gil, P.M., Mickelbart, M.V., Whiley, A.W. (2013). Ecophysiology. In: Schaffer, B., Wolstenholme, B.N., Whiley, A.W. (Eds.). The avocado: Botany, Production and Uses. CABI.
- Tinzaara, W., Dicke, M., van Huis, A., Gold, C. S. 2002. Use of infochemicals in pest management with special reference to the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). International Journal of Tropical Insect Science 22(4): 241-261.
- Vieira, D.L., Ottati, A.L.T., Lemos, R.N.S.D., Lopes, G.D.S., Araujo, J.R.G. 2014. Population fluctuation and spatial dependence of *Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915 (Hemiptera: Aleyrodidae) on *Citrus latifolia*. Revista Brasileira de Fruticultura 36(4): 862-871.
- Waltz, A.M., Whitham, T.G. 1997. Plant development affects arthropod communities: Opposing impacts of species removal. Ecology 78(7): 2133-2144.
- Wolda, H. 1988. Insect seasonality: Why?. Annual Review of Ecology and Systematics 19(1): 1-18.
- Wright, R.J., Devries, T.A., Young, L.J., Jarvi, K.J., Seymour, R.C. 2002. Geostatistical analysis of the small-scale distribution of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) larvae and damage in whorl stage corn. Environmental entomology, 31(1): 160-167.
- Young, L., Young, J. 1998. Statistical ecology: a population perspective. London: Chapman and Hall, 1998. 438p.

## CONCLUSÕES

*H. freyreissi* é uma praga importante para o abacateiro. O ataque deste inseto em vários órgãos e associados com patógenos proporciona alto risco econômico para a cultura, podendo inviabilizar a exportação de frutos.

A fisiologia da cultura do abacate aliada ao clima da região do Alto Paranaíba-MG fornece condições e recursos para os adultos de curculionídeos em boa parte do ano.

A estação do ano, variedade e estágio fenológico da cultura, são fatores que interferem no ataque de adultos e larvas de curculionídeos.

De forma geral o ataque em frutos possui um padrão de distribuição espacial agregado, ao passo que nos outros órgãos ele é mais bem distribuído pela área.