

**BRENDA KARINA RODRIGUES DA SILVA**

**UNIDADE AMOSTRAL PARA O MONITORAMENTO DO CONTROLE  
BIOLÓGICO E A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Chrysoperla* spp.  
E *Leucoptera coffeella* EM CAFÉ *Coffea arabica* L.**

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

Orientador: Flávio Lemes Fernandes

Coorientador: Ézio Marques da Silva

**RIO PARANAÍBA - MINAS GERAIS  
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba**

T

S586u  
2020  
Silva, Brenda Karina Rodrigues da, 1995-  
Unidade amostral para o monitoramento do controle biológico e a distribuição espacial de *Chrysoperla* spp. e *Leucoptera coffeella* em café *Coffea arabica* L. : . / Brenda Karina Rodrigues da Silva. – Rio Paranaíba, MG, 2020.  
56 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Flávio Lemes Fernandes.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Predador. 2. Bicho mineiro. 3. Geoestatística. 4. Plano de amostragem. I. Universidade Federal de Viçosa. Produção Vegetal. Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal). II. Título.

633.73

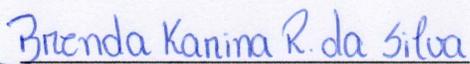
**BRENDA KARINA RODRIGUES DA SILVA**

**UNIDADE AMOSTRAL PARA O MONITORAMENTO DO CONTROLE  
BIOLÓGICO E A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Chrysoperla* spp.  
E *Leucoptera coffeella* EM CAFÉ *Coffea arabica* L.**

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

APROVADA: 18 de fevereiro de 2020.

Assentimento:



Brenda Karina Rodrigues da Silva  
Autora

  
\_\_\_\_\_  
Flávio Lemes Fernandes  
Orientador

"Todo o lugar que pisar a planta do vosso pé vo-lo tenho dado, como eu disse a Moisés." (Josué 1:3)

*A Deus, a minha maravilhosa mãe Maria da Graça Guimarães Rodrigues por todo amor e carinho, aos meus irmãos Brunna Rodrigues e Brunno Rodrigues, ao meu namorado Artur Ferreira e a todos meus amigos que me apoiaram tanto...*

Ofereço e Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me sustentado até aqui, sem ele nada seria. A Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba pela oportunidade em realizar este curso que tanto almejei e a todo seu corpo docente que auxiliaram muito para o meu crescimento e aprendizado.

Ao Professor Flávio Lemes Fernandes, primeiramente gostaria de agradecer por ter me cedido à carta de aceite no programa de pós-graduação e por toda orientação, apoio, conselhos, paciência, incentivos e oportunidades em crescer durante todo o mestrado, obrigada também pela confiança e ter acreditado em mim, além dos valorosos ensinamentos conferidos a mim. Meus agradecimentos também a sua esposa e professora Maria Elisa de Sena que me deu tantos conselhos, ouviu meus lamentos e soube sempre escolher as melhores palavras nos momentos que precisei conversar com ela, além de juntos terem me dado um presente inestimável o principal instrumento que um aluno de pós graduação precisa para suas pesquisas. Meus sinceros agradecimento aos dois.

Ao professor Reynaldo Furtado Filho pela coorientação, e ter disponibilizado seu tempo em me orientar, ir ao campo ajudar e auxiliar com muito bom humor e prestatividade.

Ao produtor de café Seu Agnaldo, por permitir a execução desta pesquisa em sua propriedade, por todo o ensinamento sobre a cultura do café, me ensinou desde o plantio a secagem, sempre muito disposto em ajudar e muito amigo dos estudantes.

Aos membros do GPMIP pelo enorme auxílio prestado principalmente nas minhas coletas de dados.

Aos meus amigos do mestrado em especial Ellen, Thyago, Guilherme, Marcos por todo apoio emocional, por terem sempre me ajudado cedendo até suas casas.

Ao pai que Rio Paranaíba me deu, dono da loja da Vivo, este foi um anjo que Deus colocou no meu caminho para que eu conseguisse terminar este curso, sempre me deu um apoio de pai mesmo, chamando minha atenção quando precisei me acobertou sempre na loja para que eu pudesse escapar e fazer minhas obrigações da faculdade, sempre se preocupou se eu estava me alimentando direito se eu tinha condições mínimas, me faltam palavras para agradecer esse homem de Deus e a sua esposa Nilva que sempre foi muito amada comigo.

Aos meus amigos que Rio Paranaíba me abençoou em ter principalmente os que trabalharam na loja da vivo comigo Vitor e Lila e os amigos que dividir apartamento

Vitor e Maria Emília que foram uma família linda que formei nesta cidade, sempre muito companheiros, amigos e prestativos, me apoiaram por demais nesta conquista.

A minha mãe Maria da Graça Guimarães Rodrigues que desde sempre foi muito guerreira e batalhou muito pelo meu aprendizado, fez o impossível para me dar sempre condições para eu chegar onde eu queria, a pessoa que mais acredita em mim, desde pequena sempre me disse que eu podia tudo, que eu tinha Inteligência para ser grande, obrigada mãe por ter sido sempre minha amiga, nunca ter nos abandonado, ter lutado sempre para que eu chegasse até aqui.

Ao meu padrasto Manoel do Rosário pelo grande esforço em ser o pai que não tive, agradeço imensamente por todos os anos que vem nos ajudando, sempre comemorando com churrasco quando eu chego em casa, e por torcer por minhas vitórias e apoiar meus sonhos.

Aos meus irmãos Brunna Rodrigues e Brunno Rodrigues, por todo o carinho e apoio, sempre me incentivaram muito, amo vocês.

Ao meu namorado Artur Vinicius Ferreira dos Santos por acreditar em mim, e por todo o amor, carinho, respeito, paciência, compreensão, toda a ajuda emocional que mesmo estando tão distante, foi muito meu amigo, sempre confiou em mim, e torceu arduamente para minha vitória.

A minha eterna orientadora Antonia Benedita da Silva Bronze, que esteve comigo em todos os momentos desde a graduação, me apoiando, aconselhando, ajudando de todas as formas possíveis, sendo a mãe Bronze, que me fez acreditar que eu tinha jeito para pesquisa pra ser docente um dia.

A Débora moradora de Cametá foi uma amiga e tanto, sempre me mandando oração e louvores, agradeço por todo amor e carinho, você é ser incrível.

Aos meus amigos de Belém que mesmo distantes sei que sempre eu estava nas orações de vocês.

A todos os meus amigos e colegas que construir até aqui, e que me ajudaram de alguma forma, direta ou indireta, para a execução e realização deste sonho, meu muito obrigada!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

**“A sabedoria dos homens é proporcional não à sua experiência mas à sua capacidade de adquirir experiência”. (George Bernard Shaw)**

## BIOGRAFIA

Brenda Karina Rodrigues da Silva, filha de Maria da Graça Guimarães Rodrigues e José Raimundo da Silva Rodrigues, nasceu em Belém, no Estado do Pará, no dia 02 de fevereiro de 1995. Concluiu o ensino médio no colégio Impacto e em março de 2013 iniciou o curso de Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Durante a graduação estagiou no laboratório de Fitopatologia na parte de identificação de doenças e cultura de tecido sob orientação da prof. DR. Íris Lettieri. No ano de 2017 estagiou na Secretária Municipal de Meio Ambiente (SEMMA) Tomé-Açu, na parte de licenciamento ambiental. Foi membro do grupo de pesquisa “Ciência e Tecnologia em Sistemas de Produção de Frutíferas na Amazônia” sob orientação da prof. Dr. Antonia Benedita Bronze, onde realizou seu estágio de ensino. Submeteu-se à defesa do Trabalho de Conclusão de Curso em março de 2018. Em abril de 2018 graduou-se Engenheira Agrônoma por esta Instituição. Em agosto de 2018 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na área de Manejo Integrado de Pragas pela mesma Instituição, sob orientação do Professor Dr. Flávio Lemes Fernandes, fazendo parte do GPMIP (Grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas). Submeteu-se à defesa da dissertação em fevereiro de 2020.

## RESUMO

SILVA, Brenda Karina Rodrigues da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2020. **Unidade amostral para o monitoramento do controle biológico e a distribuição espacial de *Chrysoperla* spp. e *Leucoptera coffeella* em café *Coffea arabica* L.** Orientador: Flávio Lemes Fernandes. Coorientador: Ézio Marques da Silva.

*Leucoptera coffeella* é uma das pragas mais devastadoras do café (*Coffea* spp.) na América Neotropical. Esta praga confecciona minas nas folhas e desfolha a planta. Assim, é necessário estabelecer estratégias de manejo eficiente, de baixo impacto ambiental, social e econômico. O controle biológico é uma estratégia que pode ser aplicada, utilizando inimigos naturais, como predadores. A família Chrysopidae (ordem: Neuroptera) são importantes agentes do controle biológico de pragas e com potencial para serem utilizados no café para controlar *L. coffeella*. As larvas desse predador são vorazes, resistentes a inseticidas e com alto potencial reprodutivo. Estas características fazem desse predador alvo para estudos bioecológicos, comportamentais e econômicos para uso no manejo integrado de *L. coffeella*. Há muitos estudos relatados em laboratórios sobre a capacidade de predação dos crisopídeos, em campo a escassez. Assim, objetivou-se determinar i) a unidade amostral de ovos de *Chrysoperla* spp. em plantas de *Coffea arabica*, ii) a distribuição espacial de *L. coffeella* e *Chrysoperla* spp. e como estes insetos se comportam na área com a liberação do predador. Os estudos foram conduzidos em lavouras de café em Rio Paranaíba – MG, durante a safra 2017/2018. Para avaliação da unidade amostral, avaliou-se o número de ovos de *Chrysoperla* spp. localizadas quanto a posição do sol (nascente e poente), nas seções apical, médias e basais do dossel das plantas, no par de folha do ramo com maior frequência e face foliar (adaxial e abaxial). A unidade amostral foi aquela que apresentou equação de regressão significativa ( $p \leq 0,05$ ) e variância relativa ( $VR < 25\%$ ), maior coeficiente angular e maior coeficientes de determinação  $R^2$ . Em seguida, realizou-se a validação da unidade amostral. Para determinação da distribuição espacial, quinzenalmente a lavoura de café foi monitorada. Os dados foram submetidos a análise descritiva e de geoestatística. A melhor unidade amostral foi na face de exposição do sol nascente, no terço mediano, no terceiro par de folhas do ramo e na face abaxial da folha foram a melhor parte da planta para amostragem de *Chrysoperla* spp. com a validação foi visto que o número de ovos/planta apresentou relação positiva e significativa. Quanto a distribuição espacial foi visto que a população de *L. coffeella* se manteve baixa nos meses de fevereiro e março com a liberação de *Chrysoperla* spp. Observou-se nos semivariogramas a presença de dependência espacial de moderado a forte,

indicando que existe um comportamento de agregação populacional tanto da praga quanto do predador. Neste trabalho foi determinado a unidade amostral de *Chrysoperla* spp. na cultura do café, e não foi observado mudança na característica da bebida do café no tratamento com inseticida.

Palavras-chave: Predador. Bicho mineiro. Geoestatística. Plano de amostragem.

## ABSTRACT

SILVA, Brenda Karina Rodrigues da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa. February, 2020. **Sampling unit for the monitoring of biological control and the spatial distribution of *Chrysoperla* spp. and *Leucoptera coffeella* in *Coffea arabica* L.** Advisor: Flávio Lemes Fernandes. Co-adviser: Ézio Marques da Silva.

*Leucoptera coffeella* is one of the most devastating pests of coffee (*Coffea* spp.) In Neotropical America. This pest makes mines on the leaves and defoliate the plant. Thus, it is necessary to establish efficient management strategies, with low environmental, social and economic impact. Biological control is a strategy that can be applied, using natural enemies, as predators. The *Chrysopidae* family (order: Neuroptera) are important agents of biological pest control and with the potential to be used in coffee to control *L. coffeella*. The larvae of this predator are voracious, resistant to insecticides and with high reproductive potential. These characteristics make this predator a target for bioecological, behavioral and economic studies for use in the integrated management of *L. coffeella*. There are many studies reported in laboratories on the predatory ability of chrysopids, in the field of scarcity. Thus, the objective was to determine i) the *Chrysoperla* spp. in *Coffea arabica* plants, ii) the spatial distribution of *L. coffeella* and *Chrysoperla* spp. and how these insects behave in the area with the release of the predator. The studies were conducted in coffee plantations in Rio Paranaíba - MG, during the 2017/2018 harvest. For the evaluation of the sample unit, the number of *Chrysoperla* spp. located as to the position of the sun (rising and setting), in the apical, middle and basal sections of the canopy of the plants, in the pair of leaves of the branch with greater frequency and leaf face (adaxial and abaxial). The sampling unit was the one that presented a significant regression equation ( $p \leq 0.05$ ) and relative variance (VR < 25%), greater angular coefficient and greater determination coefficients  $R^2$ . Then, the sampling unit was validated. To determine the spatial distribution, the coffee crop was monitored every two weeks. The data were submitted to descriptive and geostatistical analysis. The best sampling unit was on the face of exposure of the rising sun, in the middle third, on the third pair of leaves of the branch and on the abaxial face of the leaf were the best part of the plant for sampling *Chrysoperla* spp. with the validation it was seen that the number of eggs / plant showed a positive and significant relationship. As for the spatial distribution, it was seen that the population of *L. coffeella* remained low in the months of February and March with the release of *Chrysoperla* spp. The presence of moderate to strong spatial dependence was observed in the

semivariograms, indicating that there is a behavior of population aggregation of both the pest and the predator. In this work, the *Chrysoperla* spp. in coffee culture, and there was no change in the characteristic of the coffee drink in the treatment with insecticide.

Keywords: Predator. Leaf miner. Geostatistics. Sampling plan.

## SUMÁRIO

Introdução geral .....	13
Referências .....	15
CAPÍTULO I.....	18
UNIDADE AMOSTRAL PARA MONITORAMENTO DOS OVOS DE <i>Chrysoperla</i> spp. EM <i>Coffea arabica</i> L.....	18
RESUMO .....	18
CHAPTER I.....	19
SAMPLING UNIT FOR MONITORING EGGS FROM <i>Chrysoperla</i> spp. EM <i>Coffea arabica</i> L.....	19
ABSTRACT.....	19
1. Introdução .....	20
2. Material e métodos.....	21
3. Resultados.....	24
3.1. Determinação da unidade amostral .....	24
3.2. Validação da unidade amostral.....	25
4. Discussão .....	27
5. Conclusão.....	29
Referências.....	29
CAPÍTULO II .....	33
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E DINÂMICA DAS POPULAÇÕES DE <i>Chrysoperla</i> spp. E <i>Leucoptera coffeella</i> NO CAFÉ <i>Coffea arabica</i> L .....	33
RESUMO.....	33
CHAPTER II.....	34
SPATIAL AND DYNAMIC DISTRIBUTION OF THE POPULATIONS OF <i>Chrysoperla</i> spp. AND <i>Leucoptera coffeella</i> IN COFFEE <i>Coffea arabica</i> L.....	34
ABSTRACT.....	34
1. Introdução .....	35
2. Material e métodos.....	37
2.1. Área experimental .....	37
2.2. Obtenção de <i>Chrysoperla</i> spp. ....	37
2.3. Liberação de <i>Chrysoperla</i> spp. na área do café.....	37
2.4. Distribuição espacial de <i>Chrysoperla</i> spp. e <i>L. coffeella</i> .....	38
2.5. Grade amostral e avaliações das populações de <i>L. coffeella</i> e <i>Chrysoperla</i> spp.....	39
2.6. Avaliação da qualidade de bebida do café nos blocos de liberação de <i>Chrysoperla</i> spp. ....	40
3. Resultados.....	41
4. Discussão .....	49
5. Conclusão.....	51
Referências.....	51
6. Conclusões gerais .....	56

## Introdução geral

A cafeicultura é um importante pilar econômico brasileiro, sendo responsável por cerca de 25% da produção global dessa commodity (Santos Júnior et al., 2018). Na última safra houve uma produção de 62,5 milhões de sacas que representou um faturamento de 25 bilhões de reais (MAPA, 2018). Das 124 espécies de café (*Coffea* spp. L.), apenas duas são usadas para produção comercial da bebida arábica (*Coffea arabica* L.) e robusta (*C. canephora* Pierre ex. A. Froehner) (Davis et al., 2011). Embora haja um grande potencial para a cultura do café, também há diversos fatores limitantes para a produção de ambas as espécies em todo mundo, destacando-se os fatores climáticos (Ovalle-Rivera et al., 2015), patógenos (Avelino et al., 2007) e pragas (Pantoja-Gomez et al., 2019).

A produtividade e o preço do café estão relacionados à ocorrência de insetos-pragas que causam grandes perdas e elevam o custo de produção. *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), é uma espécie monófoga, um microlepidóptero conhecido como bicho-mineiro-do-cafeeiro, tornou-se uma das principais pragas dos cafeeiros (Pantoja-Gomez et al., 2019). O ataque ocorre a partir da penetração das larvas nas folhas, as quais alimentam-se das células do parênquima paliádico, formando galerias que posteriormente necrosam, reduzindo o rendimento, a qualidade dos grãos de café e a longevidade das plantas. Em ataques mais severos ocorre a desfolha de até 70% da planta e perdas de 80% na produtividade do café (Scalon et al., 2011).

A redução da população só é possível por medidas de controle eficientes. Das medidas de controle, os cafeicultores fazem uso constante de inseticidas (Green et al., 2015). Para alinhar as medidas de controle, é necessário adotar a filosofia do manejo integrado de pragas (MIP), no qual se aplica métodos integrados para o controle das pragas (Parra, 2014). Dentre os métodos, o controle biológico (CB) pode ser utilizado com microrganismos, nematoides, parasitoides e predadores (Williams et al., 2013).

A conservação e o aumento desses inimigos naturais são estratégias fundamentais para beneficiar o controle biológico natural (Scalon et al., 2011). Além de reduzir o uso de produtos químicos nas lavouras, e por consequência melhor qualidade da bebida do café já que os pesticidas afetam essa variável (Green et al., 2015). Além de promover o monitoramento eficiente de populações de pragas, a fim de determinar o momento correto das aplicações (Bacca et al., 2006; Weber et al., 2018).

A cultura do café apresenta condições favoráveis para a implantação de medidas

de controle integradas, pois a natureza perene das plantas favorece o aumento de predadores, que podem atingir níveis capazes de reduzir as populações das pragas (Silva et al., 2012). Um grupo de predadores que tem sido foco para o CB são os insetos da família Crysopidae (Neuroptera) (Herrera et al., 2019). Esta família é composta por 1423 espécies, é a segunda maior família em diversidade de espécies (Oswald e Machado 2018). As larvas são predadoras vorazes, possuem resistência a inseticidas, alto potencial reprodutivo, alimentam-se de vários artrópodes de corpo mole como cochonilhas, pulgões, moscas brancas, tripes, ovos, pequenas larvas de lepidópteros, ácaros e adaptação a diferentes agroecossistemas (Herrera et al., 2019). O elevado número de presas faz dos crisopídeos importantes agentes do CB de pragas e com potencial para serem utilizados em qualquer cultura de importância mundial, como as commodity (Mantovani et al., 2019).

Porém não há estudos sobre a unidade amostral deste predador, e estudos sobre essa variável é fundamental para a construção de um plano de amostragem (Macêdo et al., 2019). A unidade amostral permite determinar com precisão o local em que o inseto prefere ovipositar ou se alimentar (Gusmão et al., 2005), e pouco se sabe sobre a preferência de oviposição de *Chrysoperla* spp. O conhecimento do local ideal (unidade amostral) reduz custos, aumenta a eficiência e rapidez da amostragem (Lopes et al., 2019). A amostragem é essencial, para o monitoramento eficaz, pois permite determinar o tamanho da população tanto dos insetos-pragas quanto dos artrópodes benéficos na área (Pedigo e Rice, 2009).

A partir do monitoramento eficiente, é possível conhecer a variabilidade espacial das populações pragas e predador, essa variação é causada pela interação entre a dinâmica populacional e fatores bióticos ou abióticos (Weber et al., 2018). De acordo com Downes et al. (2017) o conhecimento da distribuição espacial é essencial na elaboração e execução de programas de amostragem para o manejo correto, pois permite a identificação da dinâmica populacional, possibilitando tomada de decisão fundamentada em maior número de informações. Essa variabilidade espacial é uma das premissas para a aplicação da cafeicultura de precisão, nesse contexto a geoestatística representa um importante conjunto de ferramentas de investigação do padrão espaço-temporal de pragas, pois considera a localização geográfica das amostras e a dependência espacial entre os pontos amostrados (Martins et al., 2018), permitindo respostas sobre o comportamento da praga e do predador e assim gerar estratégias para solução dos problemas fitossanitários na cafeicultura.

Apesar da importância da amostragem de insetos, a maioria dos estudos envolve

a praga, a fase que causa prejuízo à cultura ou armadilhas. Não existe amostragem ou determinação da unidade amostral para ovos de *Chrysoperla* spp. na cultura do café, demandando tempo e muito trabalho para determinar a abundância de ovos nas plantações e coletar dados que seriam importantes no monitoramento desses organismos benéficos. E também à escassez de estudos envolvendo liberações de inimigo natural em campo para confirmação da eficiência dos dados obtidos em condições de laboratório havendo a necessidade de pôr em prática no campo o que já se conhece sobre este predador, e ainda observar a variabilidade espacial da praga *L. coffeella* e do predador *Chrysoperla* spp. na área de liberação de inimigo natural.

Assim, objetivou-se: I) determinar uma unidade de amostragem de ovos de *Chrysoperla* spp. II) determinar geoestatisticamente o padrão de distribuição espacial de *Chrysoperla* spp. e *L. coffeella*; III) avaliar a dinâmica das populações de *Chrysoperla* spp. e *L. coffeella* nas áreas de liberação do predador para análise do efeito do controle biológico; 3) e determinar a qualidade da bebida do café arábica nas áreas de controle químico e com controle biológico em plantios comerciais de café *C. arábica*.

## Referências

- Avelino, J., Cabut, S., Barboza, B., Barquero, M., Alfaro, R., Esquivel, C., Durand, J.F., Cilas, C., 2007. Topography and crop management are key factors for the development of American leaf spot epidemics on coffee in Costa Rica. *Phytopathol.* 97, 1532-1542. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-12-1532>.
- 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*. *Entomol. Exp. Appl.* 119, 39-45. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00389.x>.
- Davis, A.P., Tosh, J., Ruch, N., Fay, M.F., 2011. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. *Bot. J. Linn. Soc.* 167, 357-377. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2011.01177.x>.
- Downes, S., Kriticos, D., Parry, H., Paull, C., Schellhorn, N., Zalucki, M.P., 2017. A perspective on management of *Helicoverpa armigera*: transgenic *Bt* cotton, IPM, and landscapes. *Pest Manag. Sci.* 73, 485-492. <https://doi.org/10.1002/ps.4461>.
- Green, P.W.C., Davis, A.P., Cosse, A.A., Vega, F.E., 2015. Can coffee chemical

- compounds and insecticidal plants be harnessed for control of major coffee pests? J. Agric. Food Chem. 63, 9427-9434. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03914>.
- Gusmão, M.R., Picanço, M.C., Zanuncio, J.C., Silva, D.J.H., Barrigossi, J.A.F., 2005. Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. Sci. Horticult. 103, 403-412. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.04.005>.
- Herrera, R.A., Campos, M., González-Salvadó, M., Ruano, F., 2019. Abundance and population decline factors of chrysopid juveniles in olive groves and adjacent trees. Insect. 10, 1-18. <https://10.3390/insects10050134>.
- Lopes, M.C., Ribeiro, A.V., Costa, T.L., Arcanjo, L.P., Farias, E.S., Santos, A.A., Ramos, R.S., Araújo, T.A., Picanço, M.C., 2019. Practical sampling plan for *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) in tomato crops. J. Econ. Entomol. 112, 1946-1952. <https://doi.org/10.1093/jee/toz091>.
- Macêdo, R.V.B.T. de, Sarmiento, R.A., Pereira, P.S., Lima, C.H.O., Deus, T.L.L.B. de, Ribeiro, A.V., Picanço, M.C., 2019. Sampling plan for *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in melon crops. Fla. Entomol. 102, 16-23. <https://doi.org/10.1653/024.102.0103>.
- Mantovani, E.C., Oliveira, P.E.B. de, Queiroz, D.M. de, Fernandes, A.L.T., Cruvinel, P. E., 2019. Current status and future prospect of the agricultural mechanization in Brazil. Agric. Mech. Asia, Africa Latin Am. 50, 20-28.
- Martins, J.C., Picanço, M.C., Gonring, A.H., Galdino, T.V., Guedes, R.N., 2018. Assessing the spatial distribution of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs in open-field tomato cultivation through geostatistical analysis. Pest Manag. Sci. 74, 30-36. <https://doi.org/10.1002/ps.4664>.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. Valor Bruto da Produção – VBP. Dezembro, 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/estimativa>>. Acesso em: 04 fev. 2019.
- Oswald, J.D., Machado, R.J.P., 2018. Biodiversity of the Neuropterida (Insecta: Neuroptera: Megaloptera, and Raphidioptera). In: Footitt, R.G.; Adler, P.H. (Eds.). Insect Biodiversity: Science and Society. 1st ed. John Wiley e Sons, New York. 2, pp. 627-671. <https://doi.org/10.1002/9781118945582.ch21>.
- Ovalle-Rivera, O., Laderach, P., Bunn, C., Obersteiner, M., Schroth, G., 2015. Projected shifts in *Coffea arabica* suitability among major global producing regions due to climate change. PloS One. 10, 124-155. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124155>.

- Pantoja-Gomez, L.M., Correa, A.S., Oliveira, L.O., Guedes, R.N.C., 2019. Common origin of Brazilian and Colombian populations of the neotropical coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). J. Econ. Entomol. 112, 924-931. <https://doi.org/10.1093/jee/toy416>.
- Parra, J.R.P., 2014. Biological control in Brazil: An overview. Sci. Agric. 71, 420-429. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0167>.
- Pedigo, L.P., Rice, M.E., 2009. Entomology and pest management. New Jersey: Prentice Hall, pp. 1-784.
- Santos Júnior, H.M., Lopes, K.C., Alves, D.S., Carvalho, G., Oliveira, D.F., 2018. Ursolic acid and cis-tiliroside produced by *Merremia tomentosa* affect oviposition of *Leucoptera coffeella* on coffee plants. Quím. Nova. 41, 302-309. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170185>.
- Scalon, J.D., Avelar, M.B.L., Alves, G. de F., Zacarias, M.S., 2011. Spatial and temporal dynamics of coffee-leaf-miner and predatory wasps in organic coffee field in formation. Cienc. Rural. 41, 646-652. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011005000037>.
- Silva, R.A., Carvalho, G.A., Carvalho, C.F., Silva, D.B., 2012. Effects of pesticides on eggs of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and consequences on subsequent development. Rev. Colomb. Entomol. 38, 58-63.
- Weber, A.C., Degrande, P.E., Souza, E.P. de, Azambuja, R., Fernandes, M.G., 2018. Spatial distribution of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) in cotton (*Gossypium hirsutum* Linnaeus). An. Acad. Bras. Ciênc. 90, 3483-3491. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201820170396>.
- Williams, T., Arredondo-Bernal, H.C., Rodríguez-del-Bosque, L.A., 2013. Biological pest control in Mexico. Annu. Rev. Entomol. 58, 119-140. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153552>.

## CAPÍTULO I

### UNIDADE AMOSTRAL PARA MONITORAMENTO DOS OVOS DE *Chrysoperla* spp. EM *Coffea arabica* L.

#### RESUMO

Os crisopídeos são importantes agentes de controle biológico de artrópodes pragas, com amplo potencial de uso. As larvas são vorazes, resistentes a inseticidas e com alto potencial reprodutivo. Os planos de amostragem convencionais são o ponto de partida para o desenvolvimento da tomada de decisão. Apesar da importância da amostragem de insetos, não existem para Chrysopidae trabalhos que determinem a preferência de oviposição na planta do café (*C. arabica*). Assim, o objetivo foi determinar uma unidade de amostragem de ovos de *Chrysoperla* spp. em plantas de *Coffea arabica*. Para esse fim, avaliou-se os talhões comerciais de café *C. arabica* localizados no município de Rio Paranaíba, estado de Minas Gerais da variedade Catuaí 144 (3,9 ha). O número de ovos de *Chrysoperla* spp. foi avaliado na face da planta exposta ao sol (nascente e poente), nos terços seções apical, mediano e basal do dossel da planta, no par de folha do ramo com maior frequência e face foliar (adaxial e abaxial). A melhor unidade amostral foi aquela com equação de regressão significativa a  $p \leq 0,05$  e variância relativa menor que 25%, maior inclinação e maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Após, foi realizada a validação e o custo de amostragem utilizando a unidade amostral selecionada e amostragem do ramo inteiro. A face de exposição foliar da planta, voltada para o nascente do sol, do terço mediano, o terceiro par de folhas do ramo e a face abaxial da folha foram o melhor local da planta para a amostragem de *Chrysoperla* spp. A validação da unidade amostral apresentou relação positiva e significativa do número total de ovos na planta pelo número de ovos no 3-5 par de folhas de café. O tempo de amostragem reduziu em 71,7% realizando a amostragem na unidade amostral selecionada.

Palavras chaves: Tomada de decisão. Inimigo natural. Predador. Plano de amostragem.

## CHAPTER I

### SAMPLING UNIT FOR MONITORING EGGS FROM *Chrysoperla* spp. EM *Coffea arabica* L.

#### ABSTRACT

The Chrysopids are important agents of biological control of arthropod pests, with wide potential for use. The larvae are voracious, resistant to insecticides and with high reproductive potential. Conventional sampling plans are the starting point for the development of decision making. Despite the importance of insect sampling, there are no studies for Chrysopidae that determine the preference for oviposition in the coffee plant (*C. arabica*). Thus, the objective was to determine an egg sampling unit for *Chrysoperla* spp. in *Coffea arabica* plants. For this purpose, the commercial plots of coffee *C. arabica* located in the municipality of Rio Paranaíba, state of Minas Gerais, of the variety Catuaí 144 (3.9 ha) were evaluated. The number of eggs of *Chrysoperla* spp. it was evaluated on the face of the plant exposed to the sun (rising and setting), in the third apical, median and basal sections of the canopy of the plant, in the pair of leaves of the branch with more frequency and leaf face (adaxial and abaxial). The best sample unit was the one with a significant regression equation at  $p \leq 0.05$  and relative variance less than 25%, greater inclination and greater determination coefficient ( $R^2$ ). Afterwards, validation and sampling cost were performed using the selected sampling unit and sampling from the entire branch. The leaf exposure face of the plant, facing the sunrise of the middle third, the third pair of leaves of the branch and the leaf's abaxial face were the best location of the plant for the sampling of *Chrysoperla* spp. The validation of the sample unit showed a positive and significant relationship between the total number of eggs in the plant and the number of eggs in the 3-5 pair of coffee leaves. The sampling time was reduced by 71.7% by carrying out the sampling in the selected sampling unit.

Keywords: Decision making. Natural enemy. Predator. Sampling plan.

## 1. Introdução

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma filosofia que aplica métodos integrados para o controle de pragas (Parra, 2014). Dentre os métodos, o controle biológico (CB) pode ser utilizado com microrganismos, nematoides, parasitoides e predadores (Williams et al., 2013). Os predadores se alimentam de várias presas ao longo do ciclo de vida, são geralmente maiores que as presas e possuem representantes em 22 ordens de insetos (Oswald e Machado 2018). Os predadores têm sido usados para o controle biológico aplicado na agricultura moderna de sistemas orgânicos, melhorando a segurança alimentar e a redução dos resíduos de pesticidas nos alimentos (Togni et al., 2019). Um grupo de predadores que tem sido foco para o CB são os insetos da família Chrysopidae (Herrera et al., 2019).

A família Chrysopidae (Neuroptera) é composta por 1423 espécies, é a segunda maior família em diversidade de espécies (Oswald e Machado 2018). As larvas são predadoras vorazes, possuem resistência a inseticidas, alto potencial reprodutivo, alimentam-se de vários artrópodes de corpo mole como cochonilhas, pulgões, moscas brancas, tripses, ovos, pequenas larvas de lepidópteros, ácaros e adaptação a diferentes agroecossistemas (Herrera et al., 2019). O elevado número de presas faz dos crisopídeos importantes agentes do CB de pragas e com potencial para serem utilizados em qualquer cultura de importância mundial, como as commodity (Mantovani et al., 2019).

O café (*Coffea arabica* e *C. canefora*) é uma commodity que apresenta condições ótimas para a implantação de medidas de controle integradas, pois a natureza perene das plantas favorece o aumento de predadores, que podem atingir níveis capazes de reduzir as populações das pragas (Silva et al., 2012). De fato que, tem sido observado crisopídeos regulando as populações de *L. coffeella* do cafeeiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Ménéville e Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) e do ácaro vermelho *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acari: Tetranychidae) (Silva et al., 2012). Há relatos ainda, que *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) é eficaz para o controle de *L. coffeella* na cultura do café, na fase de pré-pupa (Ecole et al., 2002). O tamanho da população pode ser determinado por contagem de toda a população, ou por meio de adoção de planos de amostragem nas áreas (Pedigo e Rice, 2009).

Os planos de amostragem são constituídos pelo tipo da técnica de amostragem, caminhamento na área, tipo do aparato amostral, divisão das áreas em talhões uniformes e determinação da unidade amostral (Macêdo et al., 2019). A unidade amostral permite

determinar com precisão o local em que o inseto prefere ovipositar ou se alimentar (Gusmão et al., 2005). O conhecimento do local ideal reduz custos, aumenta a eficiência e rapidez da amostragem. Lopes et al. (2019) observaram praticidade, rapidez e economia na amostragem de *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) (Diptera: Agromyzidae) em tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Silva et al. (2019) observaram que a amostragem ideal para *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) em pimentão (*Capsicum annuum* L.) (Solanales: Solanaceae) é no dossel apical e o plano de amostragem desenvolvido pode ser incorporado em programas de manejo integrado desta praga nas plantações de pimentão, facilitando a amostragem precisa, representativa e viável dessa praga em todas as fases da planta. No estudo de determinação da unidade amostral para *L. huidobrensis* em cultivos de batata (*Solanum tuberosum* L.) de Alves et al. (2014), o custo de amostragem foi significativamente menor que o custo da aplicação de inseticida.

Portanto é fundamental que se determine a unidade amostral em programas de manejo para o correto levantamento populacional dos insetos nas culturas, e assim auxiliar no desenvolvimento do melhor plano de amostragem, pois o número de amostras nos planos de amostragem deve ser simples, rápido e de baixo custo para serem viáveis para os agricultores (Gusmão et al. 2005; Lima et al. 2017; Pinto et al. 2017).

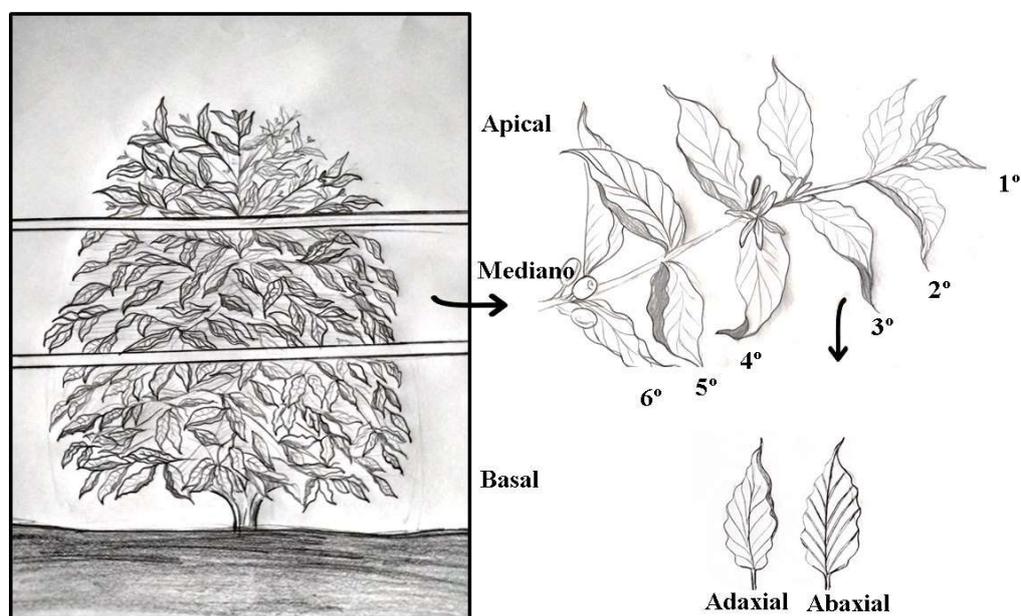
Apesar da importância da amostragem de insetos, a maioria dos estudos envolve a praga, a fase que causa prejuízo à cultura ou armadilhas. Não existe amostragem ou determinação da unidade amostral para ovos de *Chrysoperla* spp. na cultura do café, demandando tempo e muito trabalho para determinar a abundância de ovos nas plantações e coletar dados que seriam importantes no monitoramento desses organismos benéficos. Assim, o objetivo deste estudo foi determinar uma unidade de amostragem de ovos de *Chrysoperla* spp. em plantas de *C. arabica*.

## **2. Material e métodos**

O estudo foi conduzido em áreas comerciais de café *C. arabica*, cultivar Catuaí IAC 144, em fase de produção, localizados no município de Rio Paranaíba, estado de Minas Gerais, região do Alto Paranaíba (19°13' 7,0" S e 46°14' 9,3" W), a 1.130 m de altitude, as plantas estavam espaçadas 3,5 x 0,6 m. A área experimental foi demarcada e georreferenciada com GPS Garmin, e a mesma apresentou área de 3,9 ha. As condições climáticas no período de avaliação foram temperatura média de 22°C (28-18), umidade

relativa média 73% (57-88) e precipitação média de 308 mm, velocidade do vento de 5,56 m/s (Sismet Cooxupé, 2019).

Foram avaliados 3744 mil ramos de café em 312 plantas de café. O caminhamento na área foi feito de forma uniforme, avaliando-se uma fileira do lado esquerdo e outra do lado direito. Foi avaliada uma planta a cada 3 m até o fim da fileira, para garantir a máxima cobertura da área. Para determinar a melhor unidade amostral para ovos de *Chrysoperla* spp. realizou-se divisões na planta. Inicialmente, a planta foi dividida em duas faces (1ª face de exposição ao sol nascente e 2ª face de exposição do sol poente), e no terço transversal dividindo-se a planta em três partes ao longo do dossel (1ª apical, 2ª mediano e 3ª basal). Em cada seção do dossel, foram selecionados dois ramos aleatórios, e feita a contagem do número total de ovos de *Chrysoperla* spp. em todos os pares de folhas. Em cada ramo numerou-se os pares de folhas no sentido apical para o basal do ramo plagiotrópico do café, sendo que, o primeiro par recebeu o número 1 e assim por diante até o último par de folhas basal expandida do ramo, além disso, cada folha foi dividida nas faces abaxial e adaxial, contando-se o numero de ovos presentes em cada face (Fig. 1), foi contabilizado os ovos, pois o monitoramento do número de insetos desse predador é difícil, devido ao comportamento noturno dos adultos e à dificuldade de encontrar as larvas nas plantas (Keulder e Berg, 2013).



**Fig. 1.** Divisão da planta de café (*C. arabica*) no estágio reprodutivo, quanto a face de exposição solar, terço do dossel, pares foliares e face foliar usado para determinação da unidade amostral em termos de número de ovos de *Chrysoperla* spp. Rio Paranaíba, MG, 2019.

Fonte: Gorri, J.E.R. (2020).

A unidade amostral foi selecionada utilizando os critérios de frequência das folhas na planta, precisão relativa, representatividade e o menor tempo de amostragem (Podoler e Rogers, 1975; Southwood, 1978; Pinto et al., 2017). A frequência de ocorrência dos pares de folhas na planta foi calculada usando a fórmula:  $F_i = (100 \times N_i) / N_t$ , em que:  $F_i$  é a frequência de ocorrência dos pares das folhas do ramo (%),  $N_i$  é quantas vezes a folha  $i$  estava presente nas plantas avaliadas e  $N_t$  é o número total de ramos avaliados. De acordo com o critério de precisão da técnica, a unidade amostral foi selecionada usando a variância relativa (VR) das densidades de ovos de *Chrysoperla* spp. A VR foi calculada pela fórmula:  $VR = (100 \times EP) / \bar{X}$ , em que:  $VR$  é a variância relativa (%),  $EP$  é o erro-padrão da média dos ovos de *C. externa*;  $\bar{X}$  é a média do número de ovos/posição do sol/terço da planta/par de folhas/face foliar. A unidade amostral selecionada foi a que apresentou  $VR < 25\%$ , pois estas foram mais precisas e geraram dados para unidades de amostragem praticáveis (Southwood, 1978; Naranjo e Castle, 2010).

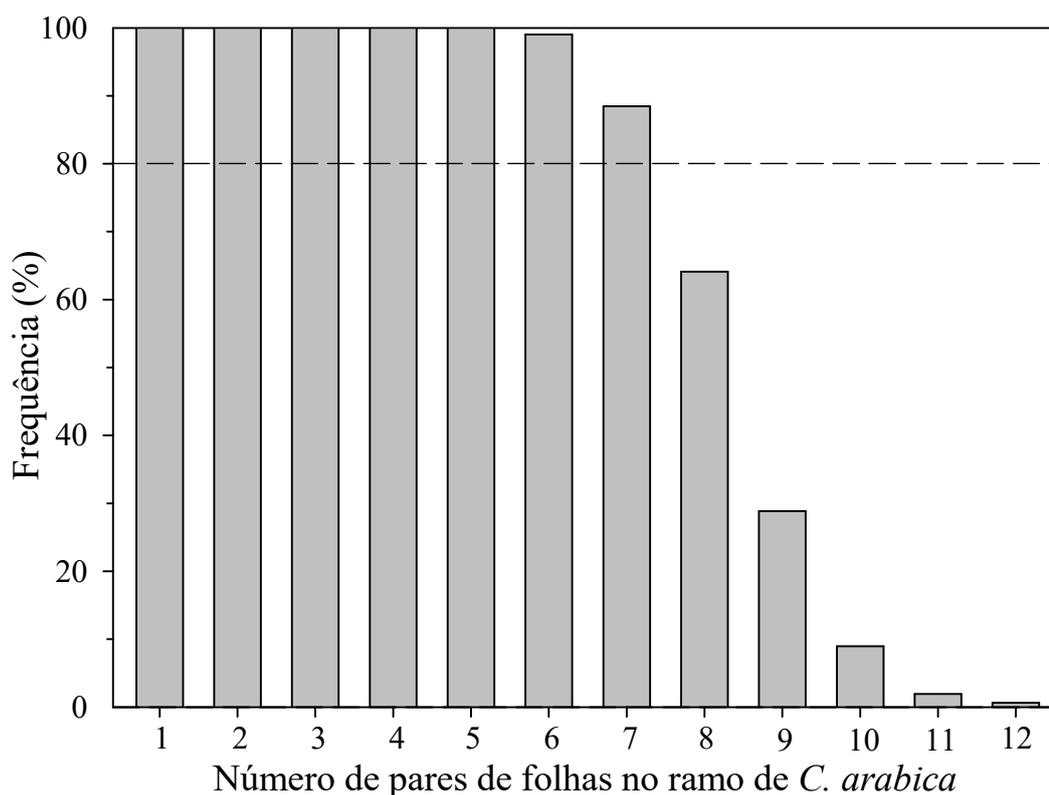
No critério de representatividade o número de ovos de *C. externa* spp. por cada terço da planta foi submetido a análise de regressão linear. A melhor unidade amostral foi a que apresentou maior inclinação da curva de regressão linear, significância menor que 5% e com maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ). A significância estatística da análise de regressão foi verificada utilizando-se o PROC REG do SAS 15.1 (SAS Institute, 2018).

Para validação da unidade amostral, foi realizado o monitoramento do número de ovos de *Chrysoperla* spp. em quatro campos de café orgânico. As avaliações foram realizadas de forma aleatória nas áreas, tomando-se 100 ramos e folhas/ha no caminhar em pontos de forma a abranger toda a área. Na mesma planta era avaliada um ramo e um par de folhas. Os dados de número de ovos por ramo e por folha foram submetidos ao teste t pareado e regressão linear a  $P \leq 0,05$ . Em seguida, determinou-se o tempo de amostragem para avaliar 100 ramos/ha em comparação com o tempo necessário avaliando apenas na unidade amostral.

### 3. Resultados

#### 3.1. Determinação da unidade amostral

Todas as plantas avaliadas apresentaram no mínimo 5 pares de folhas e o maior número de pares de folhas que as plantas apresentaram foi 12, sendo que a maioria das plantas apresentavam de 1 a 7 pares de folhas (> 80%) (Fig.2).



**Fig. 2.** Frequência do número de pares de folhas de plantas de café (*C. arabica*) avaliadas. Rio Paranaíba, MG, 2019.

A preferência de oviposição de *Chrysoperla* spp. quanto a posição do sol foi pelo lado nascente ( $3,24 \pm 0,25$  ovos/planta), em folhas do terço mediano do dossel ( $1,79 \pm 0,18$  ovos/ramo), do terceiro par de folhas ( $1,00 \pm 0,16$  ovos/face foliar) e na face foliar abaxial ( $2,12 \pm 0,07$  ovos/face foliar) (Tabela 1).

A densidade média de ovos depositados por *Chrysoperla* spp. na face de exposição solar foi de  $3,24 \pm 0,25$  ovos/planta (nascente) e  $2,43 \pm 0,24$  ovos/planta (poente), no terço da planta de  $0,44 \pm 0,05$  ovos/planta (apical),  $1,79 \pm 0,18$  ovos/planta (mediano) e  $1,02 \pm 0,15$  ovo/planta (basal). No par de folhas do terço mediano o número de ovos foi de  $1,00 \pm 0,16$  ovo/par de folhas (terceiro par),  $2,12 \pm 0,07$  ovos/folha na face abaxial e  $0,36 \pm 0,04$  ovo/folha na adaxial (Tabela 1).

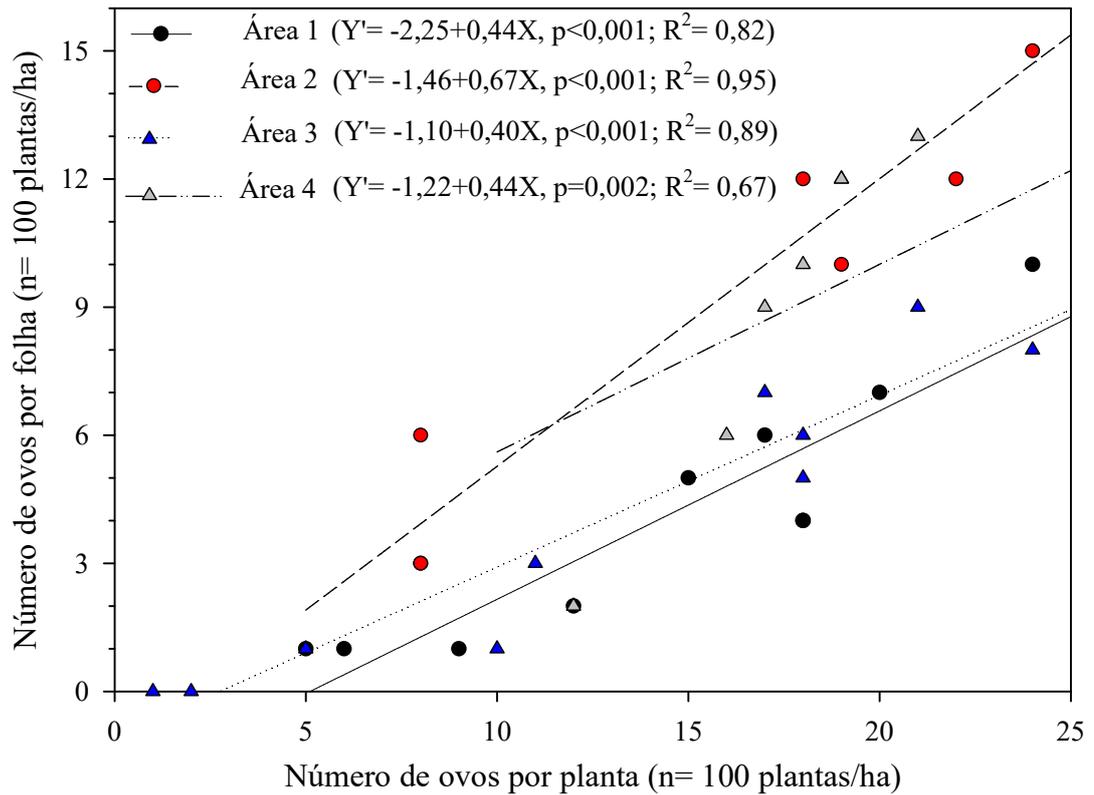
**Tabela 1.** Média ( $\bar{X}$ )  $\pm$  erro padrão (EP), variância relativa (VR) e parâmetros das curvas de regressão linear simples estimada entre as densidades relativas e absolutas do número de ovos de *Chrysoperla* spp./planta em *C. arabica*. Rio Paranaíba, MG, 2019.

Unidade amostral	Curva de regressão					
	$\bar{X} \pm EP$	Intercepto (VR%)	Inclinação (IC <sub>95%</sub> )	R <sup>2</sup>	F	P
<i>Face de exposição solar na planta (nascente x poente)</i>						
Nascente	3,24 $\pm$ 0,25	0,002 (7,8)	0,57 (0,56-0,57)	0,99	117131	<0,001 <sup>UA</sup>
Poente	2,43 $\pm$ 0,24	-0,002 (9,9)	0,43 (0,43-0,43)	0,99	66255	<0,001
<i>Terço do dossel na face de exposição solar nascente (apical x mediano x basal da planta)</i>						
Apical	0,44 $\pm$ 0,05	0,309 (10,9)	0,04 (0,03-0,05)	0,21	14,07	0,0002
Mediano	1,79 $\pm$ 0,18	-0,014 (10,2)	0,56 (0,53-0,59)	0,77	451,2	<0,001 <sup>UA</sup>
Basal	1,02 $\pm$ 0,15	-0,295 (15,2)	0,40 (0,37-0,43)	0,66	243,9	<0,001
<i>Posição do par de folha no terço mediano da planta (terceiro x quarto x quinto x sexto x sétimo par de folha)</i>						
Terceiro	1,00 $\pm$ 0,16	-0,075 (15,5)	0,34 (0,31-0,37)	0,59	167,9	<0,001 <sup>UA</sup>
Quarto	0,79 $\pm$ 0,12	0,166 (14,5)	0,20 (0,18-0,22)	0,47	86,84	<0,001
Quinto	0,58 $\pm$ 0,09	0,182 (16,1)	0,12 (0,10-0,14)	0,36	47,04	<0,001
Sexto	0,47 $\pm$ 0,10	-0,048 (21,9)	0,16 (0,14-0,18)	0,43	68,99	<0,001
Sétimo	0,21 $\pm$ 0,10	-0,284 (48,6)	0,15 (0,13-0,17)	0,42	66,31	<0,001
<i>Face foliar do terceiro par de folha (abaxial x adaxial)</i>						
Adaxial	0,36 $\pm$ 0,04	0,046 (9,7)	0,13 (0,11-0,15)	0,4	61,55	<0,0001
Abaxial	2,12 $\pm$ 0,07	-0,046 (3,4)	0,87 (0,85-0,89)	0,95	2672	<0,0001 <sup>UA</sup>

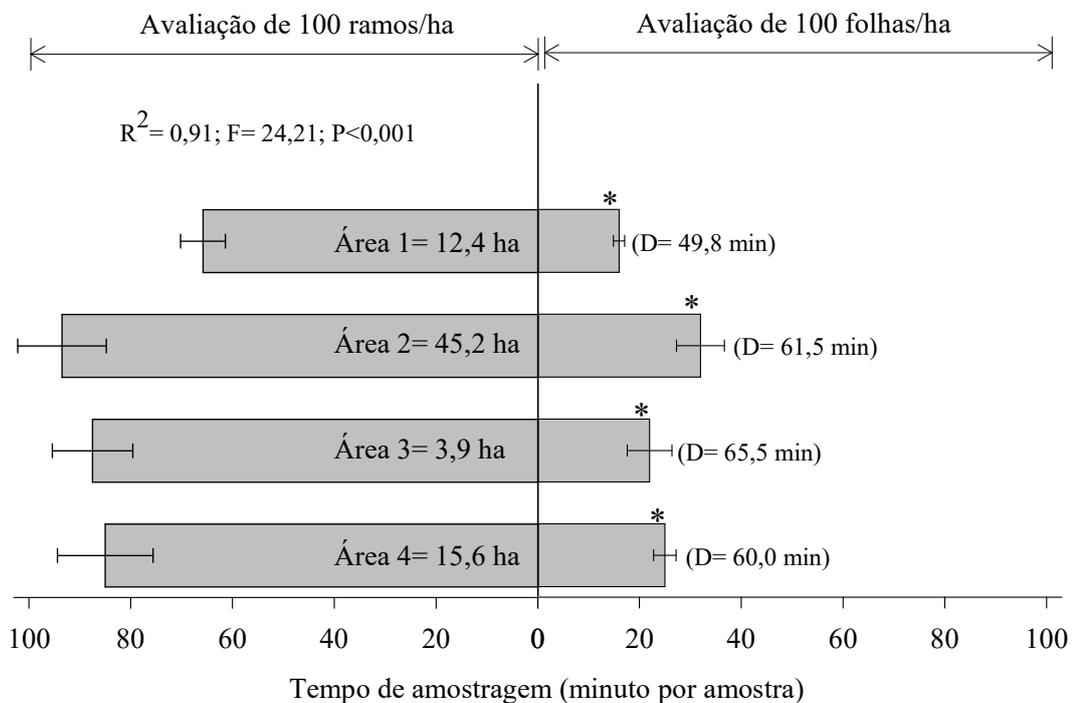
<sup>1</sup>Posição do par de folha no ramo a partir do ápice; <sup>UA</sup>unidade amostral selecionada, VR (%)= variância relativa, IC<sub>95%</sub>= intervalo de confiança.

### 3.2. Validação da unidade amostral

O número total de ovos/planta apresentou relação positiva e significativa com o número de ovos do 3º ao 5º par de folhas do ramo nas áreas 1, 2, 3 e 4 comerciais de café orgânico testadas (Fig. 4). O tempo gasto para amostrar todas as folhas dos 100 ramos/ha foi de 66; 94; 88 e 85 min para as áreas 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Por outro lado, o tempo de amostragem avaliando-se 100 folhas/ha na unidade amostral selecionada foi de 16, 32, 22 e 25 min para os campos 1, 2, 3 e 4 respectivamente, com uma economia de tempo em comparação de avaliar o ramo todo de 75,7%, 65,7%, 74,8% e 70,6% nos campos 1, 2, 3 e 4 respectivamente, resultando em uma economia média de 71,7% no tempo das quatro áreas avaliadas (Fig. 5).



**Fig. 4.** Relação do número total de ovos por planta de *Chrysoperla* spp. com amostragem do número total de ovos no 3-5 par de folhas do ramo em café orgânico em 4 áreas, uma parte da validação da unidade amostral em 4 lavouras. Rio Paranaíba, MG, 2019.



**Fig. 5.** Tempo de amostragem, avaliando a número de ovos de *Chrysoperla* spp. em 100 ramos/ha em relação à avaliação da unidade de amostragem 100 par de folhas do 3-5

par do ramo/ha na cultura do café. Rio Paranaíba, MG, 2019. O asterisco (\*) na barra mostra diferença estatística entre os métodos de avaliação pelo teste t pareado ( $P \leq 0,05$ ); A equação mostra a relação da densidade de ovos de *Chrysoperla* spp. no terceiro par de folhas (unidade amostral) com a densidade de ovos no ramo. A letra “D” significa a diferença entre o tempo de amostragem do ramo e o tempo de amostragem da unidade amostral.

#### 4. Discussão

O estudo evidenciou que a preferência de oviposição pelo nascente, terço mediano da planta, terceiro par de folhas e na face abaxial, foram adequadas para amostragem, pois atenderam o critério de frequência, devido o terceiro par estar presente em 100% das plantas avaliadas, de precisão, pois as densidades de ovos de *Chrysoperla* spp. nas amostras apresentaram VRs < 25%, e representatividade, pois a unidade amostral apresentou maior inclinação da curva de regressão linear, significância menor que 5% e com maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ). A determinação da unidade amostral poderá auxiliar no desenvolvimento de um plano de amostragem mais eficiente com menos amostras (Rosado et al., 2014; Lima et al., 2017).

A preferência de oviposição por *Chrysoperla* spp. na face abaxial da folha de café (*C. arabica*) pode ser devido a esta região da folha proporcionar condições microclimáticas mais adequadas para o desenvolvimento dos ovos, visto que ovos são sensíveis a variações climáticas, podendo sofrer dessecação e predação (Monserrat et al., 2016). Também pode estar relacionado ao fato de que o acasalamento desta espécie ocorre geralmente na parte de baixo das folhas, e os adultos são muito seletivos quanto ao substrato para sua alimentação, geralmente a viga, a parte de baixo da face foliar, a extremidade ou as margens das folhas e néctar foliares (Monserrat et al., 2016). Algumas larvas da espécie *Chrysopidae* spp. possuem fototactismo negativo acentuado (Díaz-Aranda e Monserrat, 1996), mais um fator para as fêmeas ovipositarem na região abaxial protegendo da incidência de luz.

O maior número de ovos quanto à posição do sol foi no nascente. Nas condições onde ocorrem diferenças no direcionamento das fileiras dos cafés, segundo Alves e Livramento (2003) observa-se diferenças relacionadas aos estados fitossanitários, nutricional, fisiológico e morfológico do crescimento e desenvolvimento de folhas e ramos, bem como a quantidade de frutos, entre os lados da planta voltada para a exposição solar pela manhã. Estas observações permitem entender que os dois lados da

planta, relacionados com o posicionamento solar, comportam-se de maneiras diferentes.

Verifica-se no trabalho de Gindel (1962), um dos poucos a estudar a influência da direção das fileiras do cafeeiro em relação aos pontos cardeais, que a linha de plantio do café que fica mais exposta ao sol da tarde, apresentam crescimento reduzido de ramos e folhas em comparação com o lado da linha de café que recebe sol pela manhã. Pode ser devido às altas intensidades de radiação solar, associado às temperaturas elevadas. Portanto devido ao lado nascente do sol apresentar maior produtividade pode ser um atrativo aos adultos de *Chrysoperla* spp. para oviposição, ou também pode estar relacionado ao fato de que este predador apresenta atividade noturna, iniciando suas atividades de voo após o pôr do sol (Ábrahám e Mészáros, 2006) e permanecem ativos até o amanhecer (Monserrat et al., 2016).

Foi possível observar ovos em todo o ramo das folhas de café, porém o maior número de ovos foi visto no terceiro par de folhas do ramo. No trabalho de Keulder e Berg (2013) avaliando o local de oviposição de *Chrysoperla* spp. na cultura do milho, observaram que 73% dos ovos são depositados na 7ª folha e 58% na superfície abaxial das folhas de milho. Outros estudos, parecem não mostrar um padrão claro na maneira como este predador escolhe os locais de oviposição, existe informação limitada e contraditória sobre os padrões de oviposição de *Chrysoperla* spp. nas culturas, pois a espécie *Chrysoperla zastrow sillemi* (Esben - Petersen) (Neuroptera : Chrysopidae) segundo Barnes (1975), a escolha do local de oviposição no campo não possui preferências por partes específicas da planta, como folhas ou caules. Enquanto alguns estudos relataram que as fêmeas preferem por ovos nas áreas infestadas por suas presas nas plantas (Skaife 1979; Kunkel e Cottrell 2007), também foi relatado a oviposição em locais onde sua principal fonte alimentar, os pulgões, estavam ausentes (Coderre et al., 1987).

Diversos fatores podem estar relacionados para essa atração dos adultos, como os voláteis produzidos por cada planta e/ou pragas associadas. Pois de acordo com o estudo de Hare (2011), a volatilidade das plantas parece ter uma importância especial, atraindo uma variedade de predadores e parasitoides. No trabalho de Xu et al. (2015), avaliando compostos secundários de planta em resposta a oviposição de *Chrysopa phyllochroma* (Neuroptera: Chrysopidae), observaram correlação direta entre os compostos e o aumento na densidade de ovo. Outro fato é a existência de presas, ou mesmo a arquitetura das flores e a acessibilidade dos recursos da planta para os adultos crisopídeos (Nave et al., 2016). Pois os locais e o momento da deposição dos ovos são particularmente importantes para a sincronia dos predadores e suas presas no campo

(Torres e Ruberson, 2006).

Na validação da unidade amostral, foi visto que o tempo de amostragem avaliando-se na unidade amostral reduziu em 71,7% no tempo de amostragem em comparação com a amostragem de todo o ramo, se mostrando eficiente, já que o tempo gasto com as amostras do ramo todo torna o custo mais alto, pois o tempo de trabalho é o componente principal do custo total (Lopes et al., 2019). Os planos de amostragem são viáveis quando permitem a coleta de dados em campo, processamento de informações e tomada de decisões, tudo dentro de um período do dia (ou seja, durante a manhã ou à tarde) (Moura et al., 2007). Técnicas que facilitam a localização fácil de ovos e adultos resultarão em melhores decisões de manejo de pragas e monitoramento desses organismos benéficos (Keulder e Berg, 2013).

## 5. Conclusão

A unidade amostral encontrada neste trabalho foi a posição nascente do sol, no terço médio do dossel da planta, no terceiro par de folhas do ramo e da face abaxial da folha, auxiliando assim o produtor determinar com mais rapidez e praticidade a abundância de ovos nas plantações, e ainda auxiliar no desenvolvimento de futuros planos de amostragem para esta família de predadores.

## Referências

- Ábrahám, L., Mészáros, Z., 2006. Further studies on the daily activity pattern of Neuroptera with some remarks on the diurnal activities. *Acta Phytopathol. Entomol. Hung.* 41, 275-286.
- Alves, F.M., Diniz, J.F.S., Silva, Í.W., Fernandes, F.L., Silva, P.R., Gorri, J.E.R., 2014. A sampling plan for *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on a potato (*Solanum tuberosum*) plantation. *Am. J. Potato Res.* 91, 663–672. <https://doi.org/10.1007/s12230-014-9398-4>.
- Alves, J.D., Livramento, D.E. 2003. *Morfologia e fisiologia do cafeeiro*. Lavras: UFLA/FAEPE, 46p.
- Barnes, B.N., 1975. The life history of *Chrysopa zastrowi* Esb.-Pet. (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Entomol. Soc. Southern Africa.* 38, 47–53.
- Coderre, D. 1988. Effectiveness of aphidophagous insects in maize. In: E. Niemczyk e A.F.G. Dixon (Eds) *Ecology and effectiveness of aphidophaga*. 211–214. SPB

Academic Publishing BV, The Hague, Netherlands.

- Díaz-Aranda L.M., Monserrat, V.J., 1996. On the larval stages of genus *Suarius* navás, 1914 in Europe (Neuroptera: Chrysopidae). *Deutsche Entomol. Zeitsc.* 43, 89-97. <http://dx.doi.org/10.1002/mmnd.19960430109>.
- Ecole, C.C., Silva, R.A., Louzada, J.N.C., Moraes, J.C., Barbosa, L.R., Ambrogi, B.G., 2002. Predação de ovos, larvas e pupas do bicho-mineiro-do-cafeeiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) por *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). *Cienc. Agrotec.* 26, 318-324.
- Gindel, I. 1961. Ecological behavior of the coffee plant under semi-arid conditions. *Plant Foods Hum Nutr.* v. 8, 329-362. <https://doi.org/10.1007/BF01111790>.
- Gusmão, M.R., Picanço, M.C., Zanuncio, J.C., Silva, D.J.H., Barrigossi, J.A.F., 2005. Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in outdoor tomatoes. *Sci. Horticult.* 103, 403-412. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.04.005>.
- Hare, J.D., 2011. Ecological role of volatiles produced by plants in response to damage by herbivorous insects. *Annu. Rev. Entomol.* 56, 161–180. [https://10.1146 / annurev-ento-120709-144753](https://10.1146/annurev-ento-120709-144753).
- Herrera, R.A., Campos, M., González-Salvadó, M., Ruano, F., 2019. Abundance and population decline factors of chrysopid juveniles in olive groves and adjacent trees. *Insect.* 10, 1-18. [https://10.3390 / insects10050134](https://10.3390/insects10050134).
- Keulder, R., Berg, J.V., 2013. Patterns of lacewing (Neuroptera: Chrysopidae) flight activity, flight height and spatial distribution of eggs on maize plants. *Afr. Entomol.* 21, 95-102. <https://doi.org/10.4001/003.021.0114>.
- Kunkel, B.A., Cottrell, T.E., 2007. Oviposition response of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) to aphids (Hemiptera: Aphididae) and potential attractants on pecan. *Environ. Entomol.* 36, 577-583. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2007\)36\[577:OROGLN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2007)36[577:OROGLN]2.0.CO;2)
- Lima, C.H.R.A., Sarmiento, P.S., Pereira, T.V., Galdino, F.A., Santos, J.S., Picanço, M. C., 2017. Feasible sampling plan for *Bemisia tabaci* control decision-making in watermelon fields. *Pest Manage. Sci.* 73, 2345-2352. [https://10.1002 / ps.4621](https://10.1002/ps.4621).
- Lopes, M.C., Ribeiro, A.V., Costa, T.L., Arcanjo, L.P., Farias, E.S., Santos, A.A., Ramos, R.S., Araújo, T.A., Picanço, M.C., 2019. Practical sampling plan for *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) in tomato crops. *J. Econ. Entomol.* 112, 1946-1952. <https://doi.org/10.1093/jee/toz091>.

- Macêdo, R.V.B.T. de, Sarmiento, R.A., Pereira, P.S., Lima, C.H.O., Deus, T.L.L.B. de, Ribeiro, A.V., Picanço, M.C., 2019. Sampling plan for *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in melon crops. Fla. Entomol. 102, 16-23. <https://doi.org/10.1653/024.102.0103>.
- Mantovani, E.C., Oliveira, P.E.B. de, Queiroz, D.M. de, Fernandes, A.L.T., Cruvinel, P. E., 2019. Current status and future prospect of the agricultural mechanization in Brazil. Agric. Mech. Asia, Africa Latin Am. 50, 20-28.
- Monserrat, V.J., 2016. Los crisópidos de la Península Ibérica y Baleares (Insecta, Neuropterida, Neuroptera: Chrysopidae). Graellsia. 72, 1-123. <http://dx.doi.org/10.3989/graellsia.2016.v72.143>.
- Monserrat, V.J., Acevedo, F., Pantaleoni, R.A., 2014. Nuevos datos sobre algunas especies de crisópidos de la Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias (Insecta, Neuroptera, Chrysopidae). Graellsia. 70, 1-38. <http://dx.doi.org/10.3989/graellsia.2014.v70.100>.
- Moura, M.F., Picanço, M.C., Guedes, R.N.C., Barros, E.C., Chediak, M., Morais, E.G.F., 2007. Conventional sampling plan for the green leafhopper *Empoasca kraemeri* in common beans. J. Appl. Entomol. 131, 215-220. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2006.01113.x>.
- Naranjo, S.E., Castle, S.J., 2010. Sequential sampling plans for estimating density of glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca vitripennis* (Hemiptera: Cicadellidae) on citrus. Crop Protect. 29, 1363-1370. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.07.003>.
- Nave, A., Gonçalves, F., Crespi, A.L., Campos, M., Torres, L., 2016. Evaluation of native plant flower characteristics for conservation biological control of *Prays oleae*. Bull. Entomol. Res. 106, 249-257. <https://doi.org/10.1017/S0007485315001091>.
- Oswald, J.D., Machado, R.J.P., 2018. Biodiversity of the Neuropterida (Insecta: Neuroptera: Megaloptera, and Raphidioptera). In: Footitt, R.G.; Adler, P.H. (Eds.). Insect Biodiversity: Science and Society. 1st ed. John Wiley e Sons, New York. 2, 627-671. <https://doi.org/10.1002/9781118945582.ch21>.
- Parra, J.R.P., 2014. Biological control in Brazil: An overview. Sci. Agric. 71, 420-429. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0167>.
- Pedigo, L.P., Rice, M.E., 2009. Entomology and pest management. New Jersey: Prentice Hall, pp. 1-784.
- Pinto, C.B., Sarmiento, R.A., Galdino, T.V. da S., Pereira, P.S., Barbosa, B.G., Lima, C.H.O., Silva, N.R. da, Picanço, M.C., 2017. Standardized sampling plan for the thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) on watermelon crops. J.

- Econ. Entomol. 110, 748-754. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/tow314>.
- Podoler, H., Rogers, D., 1975. A new method for the identification of key factors from life-table data. *J. Anim. Ecol.* 44, 85-114.
- Rosado, J.F.R.A., Sarmiento, M., Pedro-Neto, T.V., Galdino, R.V., Marques, E.A.E., Picanço, M. C., 2014. Sampling plans for pest mites on physic nut. *Exp. Appl. Acarol.* 63, 521–534. <https://doi.org/10.1007/s10493-014-9804-0>.
- SAS Institute. Statistical Analysis System. North Carolina State University. Version 15.4, 2018.
- Silva, E.M. de P., Araújo, T.A. de, Ramos, R.S., Arcanjo, L.de P., Carmo, D. das G., Cavalleri, A., Picanço, C.M., 2019. Conventional sampling plan for common blossom Thrips, *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae), in bell pepper. *J. Econ. Entomol.* 112, 1447-1453. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/toz037>.
- Silva, R.A., Carvalho, G.A., Carvalho, C.F., Silva, D.B., 2012. Effects of pesticides on eggs of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and consequences on subsequent development. *Rev. Colomb. Entomol.* 38, 58-63.
- Sismet Cooxupé. Disponível em: <<http://sismet.cooxupe.com.br:9000/>>. Acesso em: 07 de outubro de 2019.
- Skaife, S.H., 1979. African insect life. Struik, Cape Town. pp.106.
- Southwood, T.R.E., 1978. Ecological methods, 2ed. London: Chapman e Hall. pp. 524.
- Togni, P.H.B., Venzon, M., Lagôa, A.C.G., Sujii, E.R., 2019. Brazilian legislation leaning towards fast registration of biological control agents to benefit organic agriculture. *Neotrop. Entomol.* 48, 175-185. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00675-8>.
- Torres, J.B., Ruberson, J.R., 2006. Spatial and temporal dynamics of oviposition behavior of bollworm and three of its predators in Bt and non-Bt cotton fields. *Entomol. Exp. Applic.* 120, 11-22. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00422.x>
- Williams, T., Arredondo-Bernal, H.C., Rodríguez-del-Bosque, L.A., 2013. Biological pest control in Mexico. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 119-140. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153552>.
- Xu, X., Cai, X., Bian, L., Luo, Z., Xin, Z., Chen, Z., 2015. Electrophysiological and behavioral responses of *Chrysopa phyllochroma* (Neuroptera: Chrysopidae) to plant volatiles. *Environ. Entomol.* 44, 1425-1433. doi: <https://doi.org/10.1093/ee/nvv106>.

## CAPÍTULO II

### DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E DINÂMICA DAS POPULAÇÕES DE *Chrysoperla* spp. E *Leucoptera coffeella* NO CAFÉ *Coffea arabica* L

#### RESUMO

*Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) é uma das principais pragas do cafeeiro. Métodos eficazes de manejo e prevenção da resistência a inseticidas devido ao uso intensivo são necessários contra este inseto e o conhecimento do padrão de distribuição espacial das pragas e de seus inimigos naturais constitui-se em ferramenta importante no planejamento de táticas de controle. Assim, os objetivos foram 1) determinar a distribuição espacial de *Chrysoperla* spp. e *L. coffeella*; 2) avaliar a dinâmica das populações de *Chrysoperla* spp. e *L. coffeella* nas áreas de liberação do predador para análise do efeito do controle biológico; 3) e determinar a qualidade da bebida do café arábica nas áreas de controle químico e com controle biológico. Para esse fim, foi monitorado um talhão comercial de café *C. arabica* (Catuaí 144), em Rio Paranaíba (MG). Quinzenalmente foi avaliado a população de *Chrysoperla* spp. e de *L. coffeella*. Os dados foram submetidos à análise descritiva e geoestatística. A população de *L. coffeella* se manteve baixa nos meses de fevereiro e março com a liberação de *Chrysoperla* spp. Observou-se nos semivariogramas a presença de dependência espacial de moderado a forte, indicando que existe um comportamento de agregação populacional tanto da praga quanto do predador. Não foi observada mudança na qualidade da bebida do café entre os tratamentos com controle biológico e com inseticida piretroide.

Palavras chaves: Bicho mineiro. Controle biológico. Geoestatística.

## CHAPTER II

### SPATIAL AND DYNAMIC DISTRIBUTION OF THE POPULATIONS OF *Chrysoperla* spp. AND *Leucoptera coffeella* IN COFFEE *Coffea arabica* L

#### ABSTRACT

*Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) is one of the main coffee pests. Effective methods of handling and preventing resistance to insecticides due to intensive use are necessary against this insect and knowledge of the spatial distribution pattern of pests and their natural enemies is an important tool in planning control tactics. Thus, the objectives were 1) to determine the spatial distribution of *Chrysoperla* spp. and *L. coffeella*; 2) evaluate the dynamics of the populations of *Chrysoperla* spp. and *L. coffeella* in the predator's release areas to analyze the effect of biological control; 3) and determine the quality of Coffee arabica drink in the areas of chemical control and biological control. For this purpose, a commercial plot of coffee *C. arabica* (Catuaí 144) was monitored in Rio Paranaíba (MG). The population of *Chrysoperla* spp. and *L. coffeella*. The data were submitted to descriptive and geostatistical analysis. The *L. coffeella* population remained low in February and March with the release of *Chrysoperla* spp. The presence of moderate to strong spatial dependence was observed in the semivariograms, indicating that there is a behavior of population aggregation of both the pest and the predator. There was no change in the quality of the coffee drink between treatments with biological control and pyrethroid insecticide.

Keywords: Leaf miner. Biological control. Geostatistics.

## 1. Introdução

O café é uma das culturas mais importantes do Brasil, sendo responsável por cerca de 25% da produção global dessa commodity (Santos Júnior et al., 2018). Das 124 espécies de café (*Coffea* spp. L.), apenas duas são usadas para produção comercial da bebida arábica (*Coffea arabica* L.) e robusta (*C. canephora* Pierre ex. A. Froehner) (Davis et al., 2011). A produção de ambas as espécies em todo mundo é negativamente afetado por mudanças climáticas (Ovalle-Rivera et al., 2015), patógenos (Avelino et al., 2007) e pragas (Aristizábal et al., 2015; Pantoja-Gomez et al., 2019)

Das pragas, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) tornou-se uma das principais pragas dos cafezais (Pantoja-Gomez et al., 2019). Os adultos ovipositam sobre as folhas, a qual emerge uma lagarta que penetra na folha para se alimentar do mesófilo foliar. Como resultado, confeccionam galerias no interior da folha e aumentam a produção de etileno, que provoca senescência e desfolha da planta. Isso reduz o rendimento e a qualidade dos grãos de café e a longevidade das plantas e ocasionando perdas de até 80% na produtividade do café (Scalon et al., 2011; Pereira et al., 2007; Coffee-Tea.Co.Uk, 2010). A qualidade do café é realizada oficialmente e comercialmente pela análise sensorial (prova da xícara), além do aspecto, tipo e peneira (*Specialty Coffee Association of America – SCAA*, 2008).

Em função das perdas ocasionadas, os cafeicultores fazem uso constante de inseticidas, no intuito de controlar esta praga (Green et al., 2015). Os agroquímicos não apenas aumentam a eficiência da colheita, mas também se acumulam nos tecidos das plantas, com isso, o monitoramento de pesticidas em organismos vegetais torna-se essencial (Barchańska e Plonka, 2018). Por este fato são necessários mais pesquisas para preencher a lacuna do conhecimento, para que o café possa ser produzido de forma mais independente ao uso de pesticidas.

Uma opção ao controle químico seria o emprego do Manejo Integrado de Pragas (MIP), dentro da filosofia do MIP, a conservação e o aumento de inimigos naturais que beneficiem o controle biológico natural são estratégias fundamentais (Scalon et al., 2011). É preciso urgência em abordagens mais resilientes e sustentáveis para minimizar as perdas de rendimento das culturas resultantes de pragas e reduzir os impactos do manejo de pragas na saúde humana e no meio ambiente (Baker et al., 2020). Para tanto, a implementação de abordagens biológicas, incluindo o controle biológico é uma alternativa viável.

O controle biológico tem sido foco de discussões sobre os aspectos econômicos

e custos associados à liberação, eficiência de controle e criação dos inimigos naturais (Naranjo et al. 2015; Bakera et al., 2020; Pan e Zhang, 2020). Devido ao uso desses insetos para o controle de insetos-pragas, já existem várias empresas nacionais e internacionais no setor de biofábricas que são um exemplo de sucesso na produção de insetos reguladores do crescimento populacional de pragas (Lopes et al., 2019). Minimizando o uso de defensivos, e por consequência conseguir uma melhora na qualidade da bebida do café já que os pesticidas afetam essa variável (Green et al., 2015). Os artrópodes-predadores pertencentes à família Chrysopidae são larvas predadoras altamente vorazes, resistentes a inseticidas (Ono et al., 2017), alto potencial reprodutivo, sendo considerado agente potencial de controle biológico de diversas pragas de importância agrícola (Herrera et al., 2019).

Entretanto, estudos envolvendo liberações em campo para confirmação dos dados obtidos em condições de laboratório ainda são escassos o que mostrou a necessidade de pôr em prática no campo o que já se conhece sobre este predador. Para este estudo em campo, ter o conhecimento de como os insetos pragas e benéficos estão distribuídos na área é essencial, pois auxilia nas táticas de manejo de controle. Neste contexto, esta distribuição pode ser estudada por técnicas de geoestatística (Calvo et al., 2018). Portanto, o estudo da distribuição espacial dos insetos é uma análise que considera a localização geográfica das amostras e a dependência espacial entre elas (Martins et al., 2018). Assim, o conhecimento da distribuição espacial destes insetos entre as áreas, pode auxiliar no Manejo Integrado de Pragas (MIP) e dar suporte a estudos evolutivos de inseto-planta (Downes et al., 2017). O MIP pode auxiliar o controle localizado das pragas, devido atingir o alvo no local correto (Martins et al., 2018; Pereira et al., 2018).

O objetivo deste estudo foi 1) determinar a distribuição espacial de *Chrysoperla* spp. e *L. coffeella*; 2) avaliar a dinâmica das populações de *Chrysoperla* spp. e *L. coffeella* nas áreas de liberação do predador para análise do efeito do controle biológico; 3) e determinar a qualidade da bebida do café arábica nas áreas de controle químico e com controle biológico.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Área experimental**

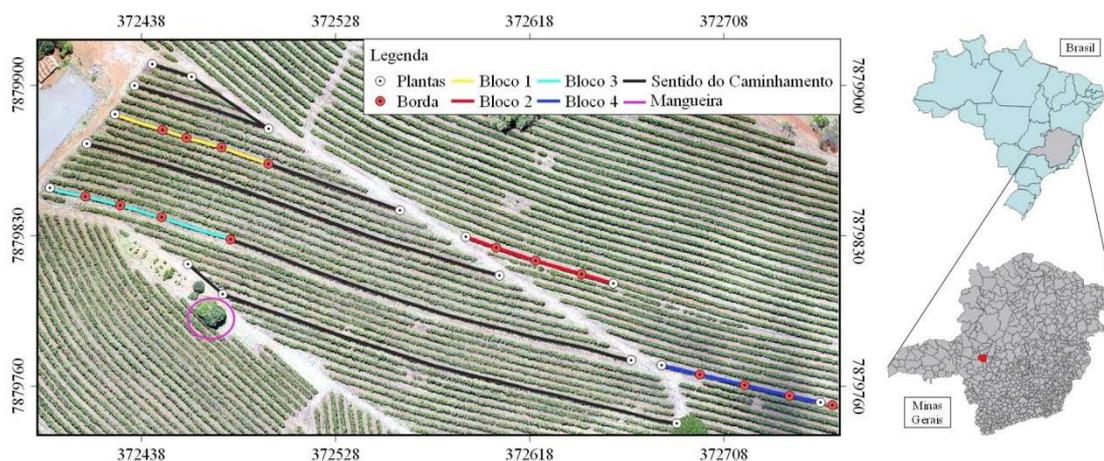
O experimento foi conduzido no outono-inverno de 2019 em lavoura comercial de café *C. arabica*, cultivar Catuaí IAC-144, em fase de produção, plantada com espaçamento de 3,5 x 0,6 m, com 23 anos de idade, o cafezal foi renovado, por meio de recepa, em 2013 e conduzido no sistema de fileiras simples, localizada no município de Rio Paranaíba, Minas Gerais, Alto Paranaíba (19°10' 16" S e 46°12' 44" O), a 1.080 m de altitude, com 2,6 ha. O clima predominante da região é tropical seco do tipo Aw segundo a classificação Köppen (Comitê da Bacia Hidrográfica de Rio Paranaíba, 2019).

### **2.2. Obtenção de *Chrysoperla* spp.**

Os Chrysopídeos foram obtidos da criação massal do laboratório da Associação Mineira de Produtores de Algodão (AMIPA). Os ovos foram mantidos à temperatura de 25 °C, umidade relativa 60-70% e fotofase de 12:12 h até a eclosão das larvas. As larvas foram separadas em grupos de 40-50 indivíduos por pote de plástico (500 mL) e alimentadas com 0,1 g de ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) até a liberação no campo, quando estava no segundo instar quando já eram mais aptas para competição no campo.

### **2.3. Liberação de *Chrysoperla* spp. na área do café**

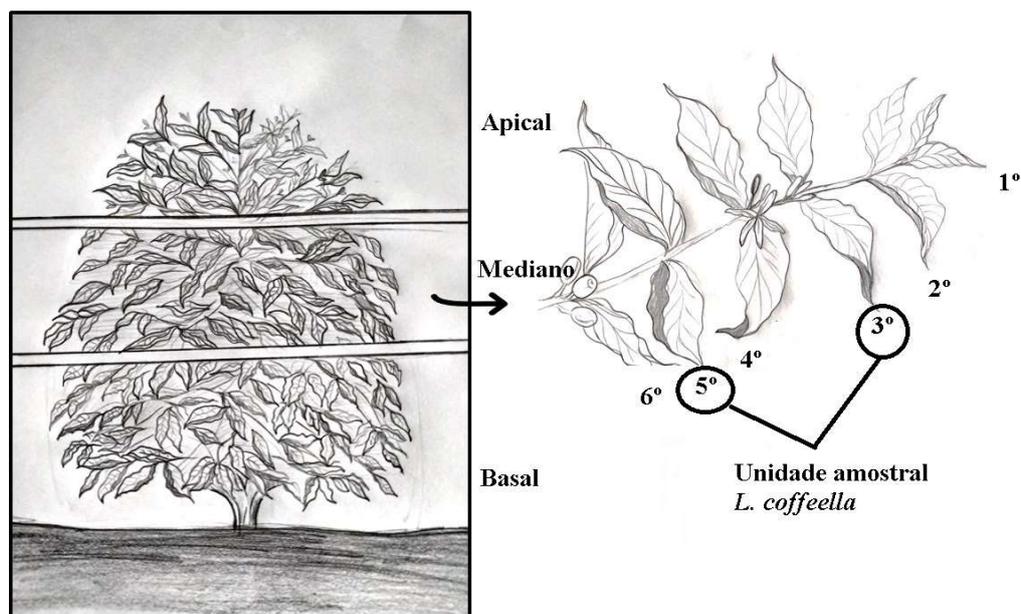
Para o levantamento da densidade ideal de larvas de *C. externa* a serem liberadas no campo para se obter o controle de *L. coffeella*, a área foi dividida em quatro blocos casualizados, com cinco tratamentos onde foi realizado liberações por inundação do predador, quinzenalmente. Os tratamentos foram: 0 larvas (lv)/ha; 500 lv/ha; 1 000 lv/ha; 2 000 lv/ha e 5 000 lv/ha, esquematizado na Fig. 1.



**Fig. 1.** Mapa aéreo da divisão dos blocos para o levantamento populacional de *L. coffeella* e *Chrysoperla* spp. Rio Paranaíba, MG, 2019.

#### 2.4. Distribuição espacial de *Chrysoperla* spp. e *L. coffeella*

A distribuição espacial de *Chrysoperla* spp. e *L. coffeella* foi determinada pelo monitoramento destes insetos na planta em pontos previamente marcados (Fig. 1). As plantas foram avaliadas quinzenalmente. A amostragem de *L. coffeella* foi realizado na unidade amostral para esta praga, ou seja, coletado um ramo do terço médio da planta de café, e analisado uma folha selecionada entre o 3º ao 5º par de folhas (Fig. 2), pois de forma geral, os produtores de café do Brasil, utilizam o 4º par de folhas porque este é usado como amostra para análise foliar. As avaliações de *L. coffeella* foram obtidos mediante contagem direta do número de adultos por planta, número de ovos, número de pupa, número de mina, minas ativas e número de lagartas de *L. coffeella*. Para *Chrysoperla* spp. foi avaliada a contagem direta do número de adultos por planta e número de ovos sendo amostrados dois ramos de cada terço do dossel da planta (apical, mediano e basal), pois até o momento da execução deste trabalho, não havia na literatura a unidade amostral para esta família de predadores.



**Fig. 2.** Unidade amostral de *L. coffeella* do 3° ao 5° par de folhas no ramo lateral do terço médio da planta de café, onde foi realizada a avaliação. Rio Paranaíba, MG, 2019. Fonte: Gorri, J.E.R. (2020).

## 2.5. Grade amostral e avaliações das populações de *L. coffeella* e *Chrysoperla* spp.

Foi determinada malha amostral regular com 101 pontos amostrais geoposicionados e equidistantes, sendo 5 metros a menor distância e 23 metros a maior distância entre os pontos, distribuído uniforme na área, sempre avaliando a mesma planta, pois cada ponto amostral foi composto por uma planta de café georreferenciada em sistema de coordenadas (x;y). A área e as plantas foram georreferenciadas a partir dos pontos de controle obtidos com o GPS A3 FOIF, e a imagem da área com o auxílio do drone modelo PHANTOM 4 ADVANCED. A partir das plantas georreferenciadas foram gerados mapas digitalizados para melhor visualização da distribuição dos insetos na área. A partir do banco de dados foi utilizada a geoestatística, iniciando com a modelagem dos semivariogramas experimentais para cada época de análise e posteriormente a confecção dos mapas de krigagem. As populações de insetos coletadas em cada ponto amostral foram consideradas as variáveis regionalizadas  $Z$ , que variam continuamente no espaço geográfico, a partir da longitude ( $X$ ) e latitude ( $Y$ ) de cada ponto amostral.

A partir dos modelos ajustados foram estimados os parâmetros denominados efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C_0+C$ ) e alcance ( $A$ ). Os modelos de semivariogramas

foram testados o linear, esférico, exponencial e gaussiano (Vieira et al., 1983; Isaaks e Srivastava, 1989; Liebhold et al., 1993) e confeccionados pelo método da Krigagem (Vieira et al., 1983). Com base nos parâmetros desse modelo foi calculado o grau de dependência espacial (GDE) utilizando-se a equação:  $[(C/C_0 + C)] * 100$ . A dependência espacial foi classificada conforme proposto por (Cambardella et al. 1994), onde o grau de dependência espacial é forte ( $GDE \leq 25,0\%$ ), moderada ( $25,0\% < GDE \leq 75,0\%$ ) e fraca ( $GDE > 75,0\%$ ). O melhor ajuste do modelo foi selecionado pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) próximo de um (1) (Downing 1986).

Para análise das estatísticas descritivas e de correlação foi utilizado o software STATISTICA 8.0. Para a construção do banco de dados para análises da distribuição espacial, gráficos e tabelas, o software Microsoft Excel 2016. Para a elaboração e ajustes dos semivariogramas, modelos matemáticos, e a geração dos mapas de krigagem de distribuição espacial dos insetos na área do café foram realizadas no software computacional Surfer 11.0 (Golden Software).

A porcentagem de infestação por *L. coffeella* foi determinada utilizando a equação abaixo:

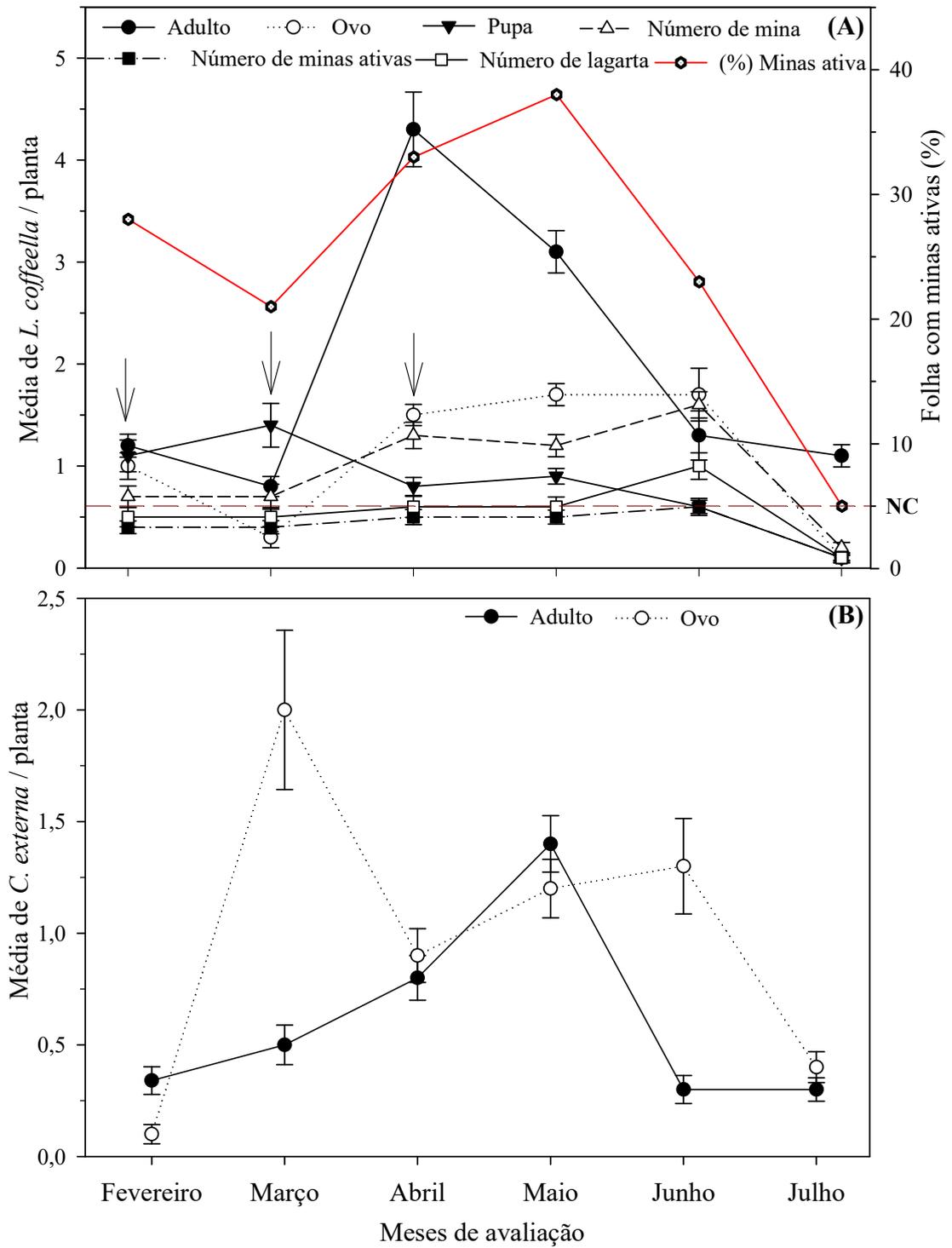
$$\text{Infestação} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de folhas com minas ativas}}{\text{n}^\circ \text{ total de folhas coletadas}} \times 100$$

## **2.6. Avaliação da qualidade de bebida do café nos blocos de liberação de *Chrysoperla* spp.**

Os frutos de café foram colhidos no mês de junho/2019, utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com cinco tratamentos e 4 repetições, todas as parcelas foram constituídas de 5 litros de café. Logo após a colheita manual no pano, as amostras foram colocadas para secagem a pleno sol, onde eram revolvidas cerca de 6-8 vezes ao dia. Todas as amostras foram secadas até atingirem a umidade entre 11 a 12%, quando então foi realizado o beneficiamento na Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé LTDA (COOXUPÉ), sendo os grãos descascados e armazenados em sacos de papel. Em seguida as amostras foram encaminhadas para a avaliação sensorial através da prova da xícara por três Técnicos especializados, treinados e qualificados da GRANO TRADING localizado em Patos de Minas-MG, utilizando a metodologia da *Specialty Coffee Association of America* – SCAA (2008). Foram avaliados os atributos de fragrância/aroma do pó, sabor, finalização, acidez, corpo, uniformidade, balanço, xícara limpa (ausência de defeitos), doçura e nota total final.

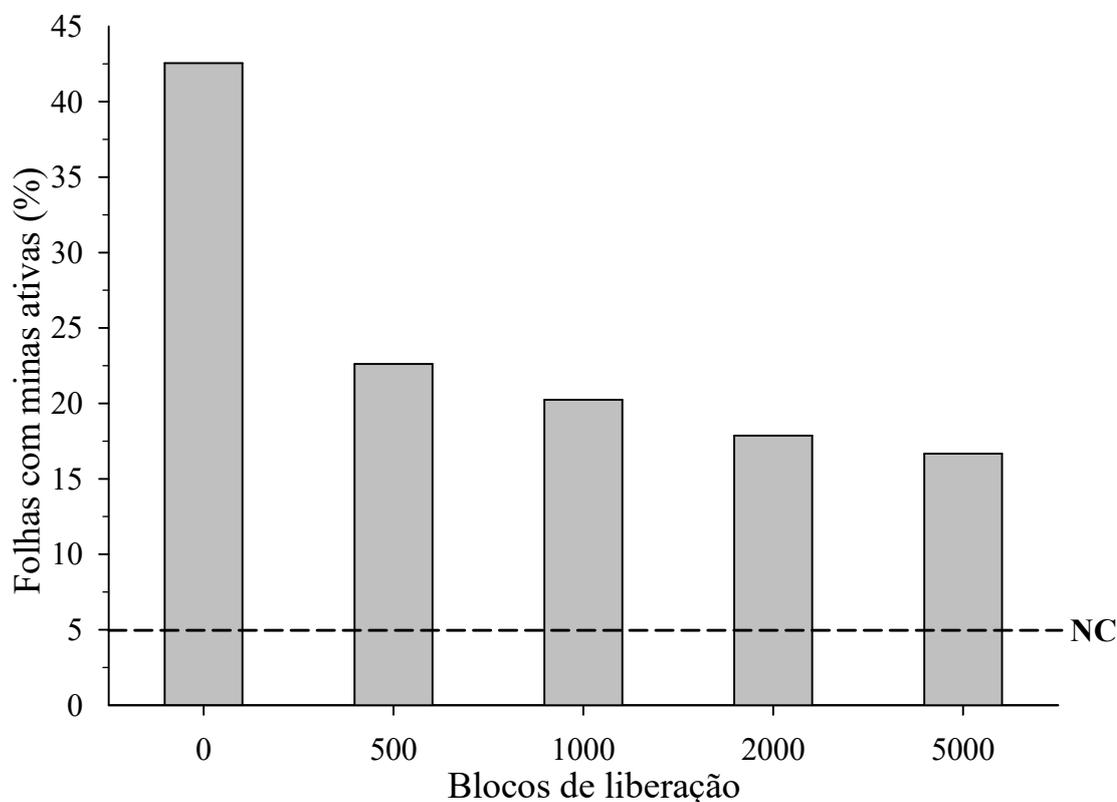
### 3. Resultados

A população de adulto *L. coffeella* se manteve baixa nos meses de fevereiro e março com a liberação de *Chrysoperla* spp. sendo o menor pico de adultos de *L. coffeella* no mês de março quando o número de ovos de *Chrysoperla* spp. teve seu pico, e observa-se uma crescente no número de adultos de *L. coffeella* enquanto há uma redução no número de ovos de *Chrysoperla* spp. de março a abril e depois reduzindo os adultos de *L. coffeella* de abril para maio com a terceira liberação de *Chrysoperla* spp. e o aumento nesse mesmo período dos adultos e ovos de *Chrysoperla* spp. a porcentagem de minas ativas de *L. coffeella* obteve comportamento semelhante ao do adulto desta praga (Fig. 3). O número de ovos de *Chrysoperla* spp. foi crescente até aos 30 dias após a última liberação (abril) depois houve uma queda tanto para o número de ovos quanto para adultos de *Chrysoperla* spp. (Fig. 3).



**Fig. 3.** Média  $\pm$  erro padrão das populações de *L. coffeella* (A) e *Chrysoperla* spp. (B) em *C. arabica*, Rio Paranaíba, MG, 2019. \*NC= nível de controle do Cerrado. Setas no interior da figura representam o momento da liberação das larvas de *Chrysoperla* spp.

Analisando somente dentro dos blocos de liberação de *Chrysoperla* spp. pode-se perceber que todos os tratamentos ficaram acima do nível de controle para o cerrado mineiro (5%), porém nos blocos onde não houve a liberação a porcentagem de folhas com minas ativas foi de 42,5% esse número reduziu para 17,9 e 16,7% nos blocos onde foram liberadas 2000 e 5000 larvas/ha respectivamente (Fig. 4).



**Fig. 4.** Porcentagem de folhas com minas ativas de *L. coffeella* dentro dos blocos de liberação de *Chrysoperla* spp. no Alto Paranaíba, MG, 2019. \*NC= nível de controle de *L. coffeella* no Cerrado.

A distribuição espacial de *Chrysoperla* spp. no cultivo de café foi representada pelos modelos esférico e gaussiano, apresentando grau de dependência espacial (GDE) de moderado ( $25\% < \text{GDE} < 75\%$ ) a forte ( $\text{GDE} < 25\%$ ) (Tabela 1), indicando que existe um comportamento de agregação populacional de *Chrysoperla* spp. que pode ser visualizado no mapa obtido a partir da krigagem ordinária (Fig. 5). Enquanto que a distribuição espacial de *L. coffeella* se ajustou aos modelos de semivariogramas esférico com GDE de moderado a forte, gaussiano (GDE moderado) e exponencial com GDE forte, indicando também que existe um comportamento de agregação populacional de *L. coffeella* que pode ser visualizado no mapa (Fig. 6), bem como os locais de maior e menor infestação do predador e da praga.

**Tabela 1.** Parâmetros dos semivariogramas ajustados ao modelo teórico parâmetro k

para análise do grau de dependência espacial (GDE) do número de adultos (NA) e ovos (NO) de *Chrysoperla* spp. número de adultos (NAD), ovos (NOV), pupas (NP), minas (NM), minas ativas (NMA) e lagartas (NL) de *L. coffeella* no cafeeiro. Rio Paranaíba. MG. 2019.

Dias após liberação (DAL)	Variável	Média	Modelo	Parâmetros			<sup>5</sup> K	GDE
				<sup>1</sup> C <sub>0</sub>	<sup>2</sup> C <sub>1</sub>	<sup>3</sup> a (m)		
<i>Chrysoperla</i> spp.								
0	NA	0,34	Esférico	0,00	0,49	52,00	0,00	Forte
	NO	0,15		0,11	0,09	85,00	0,60	Moderada
30	NA	0,53	Esférico	0,10	0,88	92,00	0,10	Forte
	NO	1,96	-	-	-	-	-	-
60	NA	0,78	Gaussiano	0,63	0,49	54,00	0,60	Moderada
	NO	0,89	-	-	-	-	-	-
90	NA	1,37	Gaussiano	0,48	1,85	65,00	0,20	Forte
	NO	1,23	-	-	-	-	-	-
<i>L. coffeella</i>								
0	NAD	1,17	Esférico	0,00	1,62	36,00	0,00	Forte
	NOV	1,05	Exponencial	0,00	1,53	22,00	0,00	
	NP	1,09		0,00	2,25	10,50	0,00	
	NM	0,68	Esférico	0,30	0,86	35,00	0,26	Moderada
	NMA	0,36		0,08	0,35	37,70	0,19	Forte
	NL	0,51		0,30	0,64	33,00	0,32	Moderada
30	NAD	0,80	Esférico	0,17	1,14	63,00	0,13	Forte
	NOV	0,33		0,36	0,88	82,00	0,29	Moderada
	NP	1,36		1,60	3,30	44,00	0,33	
	NM	0,74		0,40	1,00	38,00	0,29	
	NMA	0,37		0,05	0,37	25,00	0,12	Forte
	NL	0,50		0,21	0,63	32,00	0,25	
60	NAD	4,34	Esférico	1,00	12,8	38,00	0,07	Forte
	NOV	1,49	Exponencial	0,20	1,03	16,00	0,16	
	NP	0,80	Esférico	0,46	0,52	85,00	0,47	Moderada
	NM	1,35	-	-	-	-	-	-
	NMA	0,46		-	-	-	-	-
	NL	0,59		-	-	-	-	-
90	NAD	3,11	Gaussiano	2,30	2,10	20,00	0,52	Moderada
	NOV	1,67	Esférico	0,25	1,22	57,00	0,17	Forte
	NP	0,92	Exponencial	0,00	0,64	13,40	0,00	
	NM	1,21	Esférico	0,00	1,28	29,00	0,00	
	NMA	0,47	Exponencial	0,20	0,27	30,00	0,43	Moderada
	NL	0,61		0,10	0,87	15,00	0,10	Forte

<sup>1</sup>Efeito pepita; <sup>2</sup>Variância espacial; <sup>3</sup>Alcance (metros); <sup>4</sup>Calculado pela fórmula  $C_0 / (C_0 + C_1)$ ;

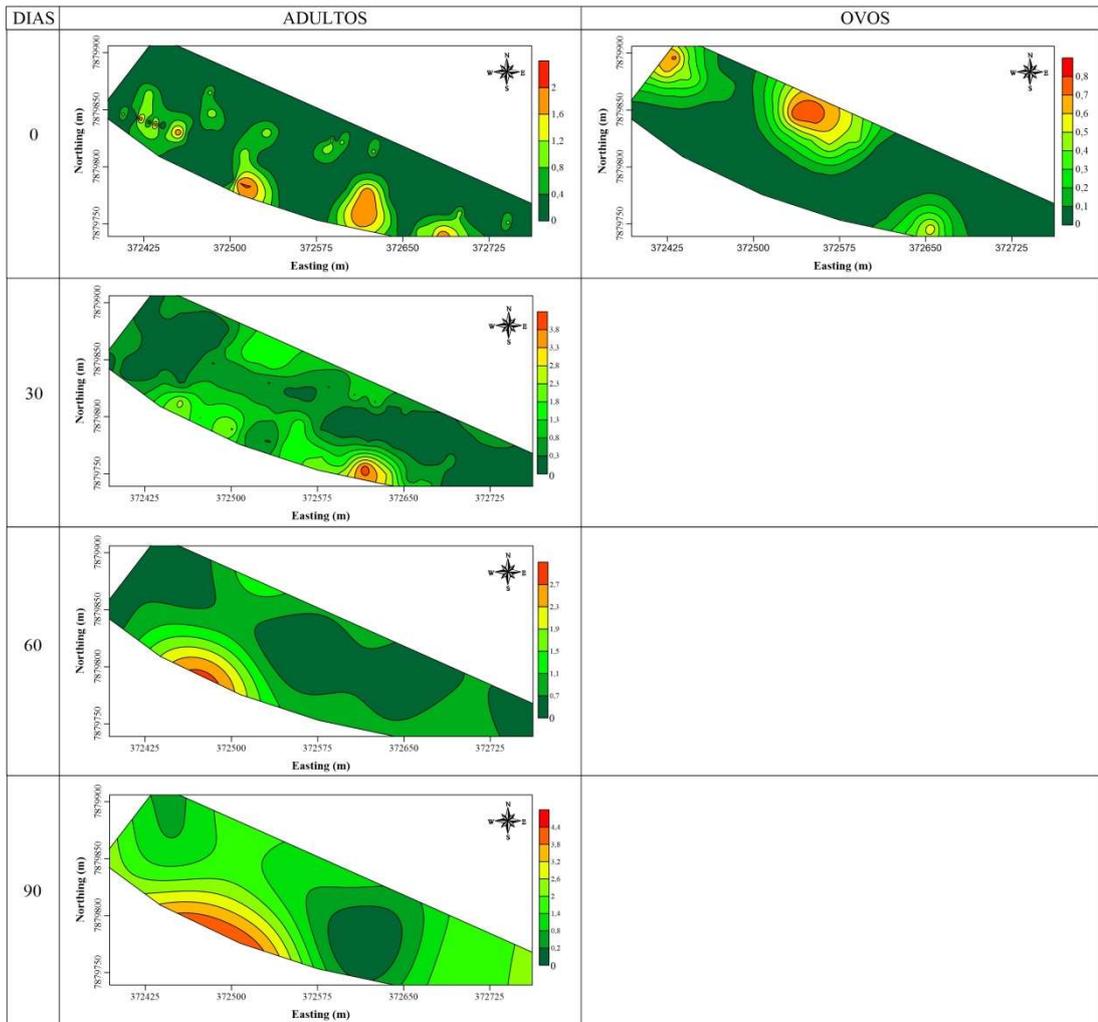
<sup>5</sup>Os valores obtidos foram classificados em forte dependência espacial se  $k < 25$ , moderada dependência espacial se  $25 \leq k \leq 75$  e fraca dependência espacial se  $k > 75$ ; - Não houve ajuste.

Quanto ao alcance (a) da dependência espacial para o número de adultos de

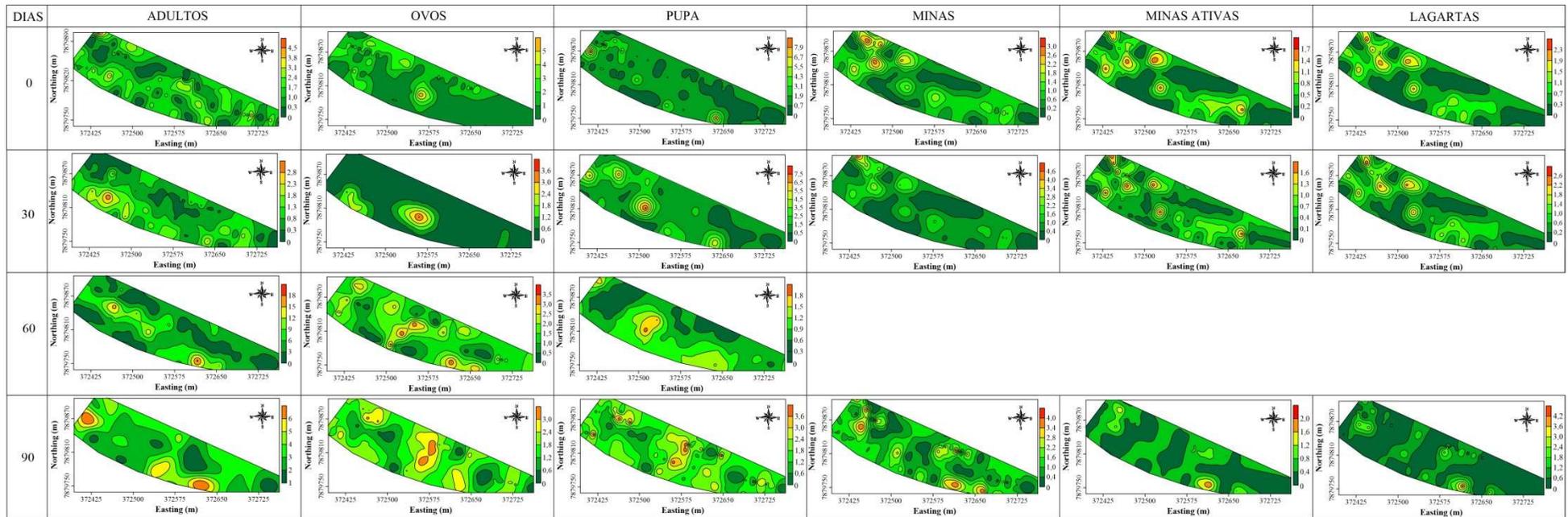
*Chrysoperla* spp. variou de 52 m antes da liberação de *Chrysoperla* spp. à 92 m aos 30 dias após a liberação de *Chrysoperla* spp. no campo. O alcance (a) para o número de adultos de *L. coffeella* decresceu de 63 m aos 30 dias após liberação de *Chrysoperla* spp. para 20 m aos 90 dias após a liberação. Para variável número de ovos o alcance oscilou durante o período avaliado, sendo de 82 m aos 30 dias após liberação, de 16 m aos 60 dias após liberação e aumentou o alcance para 57 m aos 90 dias após a liberação de *Chrysoperla* spp. Para variável número de pupa observou-se que o comportamento do alcance foi de 10,5 m antes da liberação de *Chrysoperla* spp. à 85 m para o número de pupas após 60 dias da liberação de *Chrysoperla* spp. reduzindo para 13,4 m aos 90 dias da liberação. Observando o alcance para o número de minas variou de 29 m aos 90 dias após a liberação a 38 m após 30 dias da liberação, em relação ao número de minas ativas antes da liberação era de 37,7 m o alcance, aos 30 dias após liberação foi de 25 m e aos 90 dias após liberação de 29 m. Em relação ao erro espacial (efeito pepita =  $C_0$ ) para a população de *Chrysoperla* 100% do  $C_0$  ficaram próximas de 0 e mais de 85% dos  $C_0$  para população de *L. coffeella*  $C_0$  ficaram abaixo de 1 próximos de 0.

A distribuição espacial da população de *Chrysoperla* spp. pode ser visualizada na Fig. 5. A densidade populacional média do predador variou de 0 a 4,4 de adultos por planta, com a população concentrada em um local (Fig.5). Já a distribuição espacial de *L. coffeella* pode vista na Fig. 6. A densidade populacional média da praga variou de 0 a 18 de adultos/planta, 0 a 5 ovos, 0 a 7,9 pupa, 0 a 4 pupas, 0 a 2 minas ativas e de 0 a 4,2 lagartas vivas por folhas de café (Fig. 6)

Os mapas da distribuição espacial para *Chrysoperla* spp. mostram que antes da liberação como a população era muito baixa na área foi encontrado poucos insetos distribuídos na área, com as liberações pode-se perceber aos 60 e 90 dias que houve um aumento no número de adultos de *Chrysoperla* spp. localizado na parte da área onde encontrava-se uma mangueira (*Mangifera indica* L.) visto no mapa de localização e de distribuição espacial (Fig. 1 e Fig. 5). Observando os mapas de distribuição espacial para *L. coffeella* pode-se perceber que os maiores focos representado pela cor vermelho de número de minas, minas ativas e lagartas foram antes e aos 30 dias da liberação de *Chrysoperla* spp. aos 90 dias a cor vermelha já é menos aparente para essas variáveis (Fig. 6) e também pode-se perceber que população de *L. coffeella* é quase nula na área onde havia maior concentração de *Chrysoperla* spp. próximo a *M. indica* (Fig. 5 e Fig. 6).



**Fig. 5.** Mapa de distribuição espacial de *Chrysoperla* spp. aos 0, 30, 60 e 90 dias após a liberação (DAL), resultantes da krigagem ordinária. Rio Paranaíba, MG, 2019.



**Fig. 6.** Mapa de distribuição espacial de *L. coffeella* aos 0, 30, 60 e 90 dias após a liberação (DAL), resultantes da krigagem ordinária em Rio Paranaíba, MG, 2019.

Em relação à qualidade de bebida não houve grande diferença em relação aos tratamentos, podemos observar que o tratamento com o inseticida piretroide e com o controle biológico não alterou a característica da bebida, a maior parte dos tratamentos apresentaram aspecto Fine Cup, com nota variando de 84,5 a 85,75 para tratamento nas áreas com inseticida e com controle biológico respectivamente (Tabela 2).

**Tabela 2.** Classificação pela qualidade da bebida nos pontos de liberação

Tratamentos <sup>1</sup>	Bebida	Característica	Aspecto
Bloco 1			
0 larva	-	-	
500 larva	83	Frutas passas, chocolate amargo	Fine Cup
1000 larva	-	-	
2000 larva	Duro bom	-	Fine Cup
5000 larva	-	-	
Piretroides	84,5	Caramelo	Fine Cup
Bloco 2			
0 larva	-	-	
500 larva	-	-	
1000 larva	Duro bom	-	Fine Cup
2000 larva	-	-	
5000 larva	-	-	
Piretroides	84,5	Caramelo	Fine Cup
Bloco 3			
0 larva	Duro bom	-	Fine Cup
500 larva	-	-	
1000 larva	-	-	
2000 larva	Duro bom	-	Fine Cup
5000 larva	Duro, 1 riada, 1 rio	-	Good Cup
Piretroides	84,5	Caramelo	Fine Cup
Bloco 4			
0 larva	duro, 1 riada	-	Good Cup
500 larva	85,75	Caramelo, chocolate, rapadura	Fine Cup
1000 larva	Duro bom	-	Fine Cup
2000 larva	83	Caramelo, baunilha, chocolate	Fine Cup
5000 larva	83	Caramelo	Fine Cup
Piretroides	84,5	Caramelo	Fine Cup

<sup>1</sup>Área com o controle biológico (CB) com diferentes quantidades de lagarta de *Chrysoperla* spp. liberadas dentro dos blocos e área sem CB e com tratamento com inseticida piretroide.

#### 4. Discussão

A população de *L. coffeella* teve seu maior pico de março a abril quando a população de *Chrysoperla* spp. reduziu neste período. Em análise da população de minas ativas dentro dos blocos foi visto que onde não houve liberação de *Chrysoperla* spp./ha a quantidade de minas ativas foi superior em 40% do nível de controle aceitável para o cerrado (5%), já nos blocos onde foi realizado a liberação de 2000 e 5000 larvas/ha a quantidade de minas ativas ficou em 15% acima do nível de controle para o cerrado. Porém em regiões onde o clima é mais ameno e essa praga não é tão severa o nível de controle é de 30% de folhas minadas com lesões intactas, porém esse nível de controle não se aplica a cafeeiros novos, de até três anos de idade, onde a desfolha, mesmo em baixos níveis, é prejudicial á sua formação (Gravena, 1983). Portanto nessas regiões, exceto para café de 3 anos os tratamentos com 2000 e 5000 larvas/ha podem ser eficiente para manter a população da praga abaixo do nível de controle, mantendo o equilíbrio sem a necessidade de intervenção para assegurar a baixa infestação da praga.

A distribuição espacial se ajustou aos modelos do semivariograma experimental esférico e gaussiano para *Chrysoperla* spp. e *L. coffeella* houve ajuste aos modelos esférico, gaussiano e exponencial, ambos apresentando o grau de dependência espacial de moderado a forte, indicando um comportamento de agregação das espécies em pontos específicos da área. Assim, segundo Liebhold et al. (1993), quando existe dependência espacial entre os pontos amostrados, a distribuição espacial dos insetos é caracterizada como agregada e, nesse caso, a geoestatística é a ferramenta mais adequada para estudar as populações de insetos. Tal observação concorda com o exposto por Scalon et al. (2011) que mencionam a distribuição espacial de *L. coffeella* como agregado, os mesmo autores sugere que essa agregação de *L. coffeella* está relacionada com a baixa mobilidade do inseto na planta.

O conhecimento da agregação espacial é importante devido a sua associação com a dinâmica populacional das espécies, podendo influenciar no monitoramento e nas medidas de controle (Blackshaw e Vernon, 2006; Corley et al., 2007). Esse comportamento é influenciado por diversos fatores ecológicos como qualidade do habitat, condições de campo, oviposição, inimigos naturais e vegetação, têm influências fortes na distribuição e abundância dos insetos (Heisswolf et al., 2005).

Quanto ao alcance houve diferença entre as liberações de *Chrysoperla* spp. em relação a população de *L. coffeella*, pois com o passar das liberações as variáveis adultos, pupa, número de mina, mina ativa e lagarta da população de *L. coffeella* foi

reduzindo seu alcance principalmente aos 90 dias de liberação de *Chrysoperla* spp. Esse parâmetro é um indicador da distância máxima até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si, permitindo detectar o limite da dependência espacial da infestação de *L. coffeella*, logo em um plano de amostragem, o monitoramento deverá ser conduzido com espaçamentos inferiores ao alcance encontrado (Valeriano e Prado, 2001).

Dessa forma, os espaçamentos entre os pontos amostrais (mínimo 5 m até 25 m) foram adequados para o monitoramento, pois são inferiores aos alcances obtidos por *Chrysoperla* spp. (52 m a 92 m) e para *L. coffeella* (10,5 m e 85 m), possibilitando a correta detecção da distribuição espacial de *Chrysoperla* spp. e *L. coffeella*. Porém, com o maior número de pontos amostrais no monitoramento, apesar de aumentar a acurácia da interpolação, aumenta o tempo de execução e os custos, podendo tornar inviável a execução em grandes extensões de áreas (Naranjo et al., 2015). Assim, a maior distância entre os pontos (25 m) possibilitará em menos pontos amostrados representando uma amostragem eficaz para *L. coffeella* nesse estudo, já que mais de 70% das amostras ficaram acima desta distância, dispensando a maior densidade, gerando economias e não prejudicando a qualidade do monitoramento.

Neste estudo o erro espacial (efeito pepita =  $C_0$ ) para as populações tanto de *Chrysoperla* spp. e *L. coffeella*, foram próximos de zero. De acordo com Andriotti (2003) quanto menor o  $C_0$  no semivariograma, menor o erro da estimativa, e neste estudo 100% do  $C_0$  para população *Chrysoperla* spp. ficaram próximas de 0 e mais de 85% dos  $C_0$  para população de *L. coffeella*  $C_0$  ficaram abaixo de 1 próximos de 0, demonstrando baixo erro das estimativas das populações do predador e da praga.

Nos mapas de distribuição pode-se observar que onde houve a maior concentração de adultos de *Chrysoperla* spp. houve baixa população de *L. coffeella*, e esta maior concentração de *Chrysoperla* spp. foi onde havia uma árvore de mangueira. Conforme Resende et al. (2014) a presença de nectários extraflorais na área aumenta a população de inimigos naturais, pois observa-se uma atração dos adultos pelo néctar das árvores. No trabalho de Ribeiro et al. (2013) observaram que a maior captura em armadilhas para Chrysopidae foi para o atrativo com suco de manga. Rocha et al. (2015), estudaram os inimigos naturais das espécies de *Frankliniella* (Thysanoptera: Thripidae) em agroecossistemas de manga, observaram durante o florescimento da manga na inflorescência abundância de espécies da família Chrysopidae.

No trabalho de Lomeli-Flores et al. (2009) observaram que a dinâmica populacional de *L. coffeella* foi fortemente afetada por inimigos naturais predadores e

parasitoides. Portanto a conservação do controle biológico é uma tática a ser considerada por ser uma fonte importante de mortalidade (Pereira et al., 2007). Nas plantações de café da Guatemala, as populações de *Ceratitis capitata* (Díptera: Tephritidae) foram suprimidas pelas liberações aumentadas de parasitoides (Cancino et al., 2019). Esses resultados mostram que o controle biológico apresenta uma redução significativa na população de pragas.

Quanto a qualidade da bebida de café mostrou-se semelhante tanto no tratamento com inseticida (piretroide) quanto com o controle biológico. A qualidade da bebida de café depende da composição química do grão, determinada por fatores genéticos, tratos culturais e características do ambiente de cultivo (Carvalho e Chalfoun, 1985). Prete e Abraão (1996) definem a qualidade do café como sendo o resultado da somatória de atributos físicos do grão cru como cor, tamanho, densidade, forma e uniformidade, e de atributos do grão torrado, onde se destacam as características expressas pelo sabor e aroma. De acordo com esses autores, a qualidade da bebida tem maior peso na comercialização do café do que outros atributos. Por este fato decidimos avaliar essa variável, se havia relação o inseticida afetando o sabor.

## 5. Conclusão

A distribuição espacial tanto da praga quanto do predador foi considerada agregada. A ação do predador *Chrysoperla* spp. pode estar colaborando na regulação populacional de *L. coffeella*, portanto devem ser favorecidos nas táticas de manejo de pragas, pois são importantes para a manutenção da população de *L. coffeella* abaixo do nível de controle. Porém para área do cerrado mineiro precisa haver mais estudos para determinação do nível de não ação para *L. coffeella*. Não foi observado mudança na qualidade da bebida do café no tratamento com inseticida e controle biológico.

## Referências

- Andriotti, J.L.S. 2003. Fundamentos de estatística e geoestatística. São Leopoldo: Ed. Unisinos, pp.165.
- Aristizábal, L.F., Jiménez, M., Bustillo, A.E., Trujillo, H.I., Arthurs, S.P., 2015. Monitoring coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae), populations with alcoholbaited funnel traps in coffee farms in Colombia. Fla.

- Entomol. 98, 381-383. <https://doi.org/10.1653/024.098.0165>.
- Avelino, J., Cabut, S., Barboza, B., Barquero, M., Alfaro, R., Esquivel, C., Durand, J.F., Cilas, C., 2007. Topography and crop management are key factors for the development of American leaf spot epidemics on coffee in Costa Rica. *Phytopathol.* 97, 1532-1542. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-12-1532>.
- Baker, B.P., Greenb, T.A., Lokerb, A.J., 2020. Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. *Bio. Control.* 140, 2-9. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104095>.
- Barchańska, H., Plonka, J., 2018. Quality control of plant-based foods in terms of nutritional values: influence of pesticides residue and endogenous compounds. *Food Control Biosec. Chapter 12*, 407-449. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811445-2.00012-X>.
- Blackshaw, R.P., Vernon, R.S., 2006. Spatiotemporal stability of two beetle populations in non-farmed habitats in an agricultural landscape. *J. Appl. Ecol.* 43, 680-689. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01167.x>
- Calvo, M.V., Duarte, F., Borges, A., Scatoni, I., 2018. Analysis of the spatial distribution of *Cydia pomonella* (L.) in Southern Uruguay using geostatistical tools. *Agrocienc. Urug.* 22, 1-11. <http://dx.doi.org/10.31285/agro.22.2.10>.
- 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 Sci. Soc. Am. J.* 58, 1501-1511. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>
- Cancino, J., Ruiz, L., López, E., Aguilar, E., Galvez, C., Montoya, P., Liedo, P., 2019. Suppression of *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) populations in coffee in the Mexico–Guatemala border region through the augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). *Bio. Sci. Technol.* 29, 822-826. <https://doi.org/10.1080/09583157.2019.1608507>.
- Carvalho, V.D., Chalfoun, S.M., 1985. Aspectos qualitativos do café. *Informe Agropecuário.* 11, 79-92.
- COFFEE-TEA.CO.UK. Coffee leafminer (*Leucoptera coffeella*). 2010. Disponível em: <<http://coffee-tea.co.uk/leafminer.php>>. Acesso em: 30 Out. 2019.
- Comitê da Bacia Hidrográfica de Rio Paranaíba (CBH). A Bacia/Clima. Disponível em: <<http://cbhparanaiba.org.br/a-bacia/clima>>. Acesso em: 29 de outubro de 2019.
- Corley, J.C., Villacide, J.M., Bruzzone, O.A., 2007. Spatial dynamics of a *Sirex noctilio* woodwasp population within a pine plantation in Patagonia, Argentina. *Entomol.*

- Exp. Applic. 125, 231-236. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1570-7458.2007.00623.x>.
- Davis, A.P., Tosh, J., Ruch, N., Fay, M.F., 2011. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. Bot. J. Linn. Soc. 167, 357-377. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2011.01177.x>.
- Downes, S., Kriticos, D., Parry, H., Paull, C., Schellhorn, N., Zalucki, M.P., 2017. A perspective on management of *Helicoverpa armigera*: transgenic *Bt* cotton, IPM, and landscapes. Pest Manag. Sci. 73, 485-492. <https://doi.org/10.1002/ps.4461>.
- Downing, J.A., 1986. Spatial heterogeneity: evolved behavior or mathematical artifact? Nature, 323, 255-257.
- Gravena, S., 1983. Táticas de manejo integrado do bicho mineiro do cafeeiro *Perileucoptera coffeella* (Guérin- Mèneville, 1842): I. dinâmica populacional e inimigos naturais. An. Soc. Entomol. Bras. 12, 61-71.
- Green, P.W.C., Davis, A.P., Cosse, A.A., Vega, F.E., 2015. Can coffee chemical compounds and insecticidal plants be harnessed for control of major coffee pests? J. Agric. Food Chem. 63, 9427-9434. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03914>.
- Heisswolf, A., Obermaier, E., Poethke, H.J., 2005. Selection of large host plants for oviposition by a monophagous leaf beetle: nutritional quality or enemy-free space. Ecol. Entomol. 30, 299-306. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2005.00706.x>.
- Herrera, R.A., Campos, M., González-Salvadó, M., Ruano, F., 2019. Abundance and population decline factors of Chrysopidae juveniles in olive groves and adjacent trees. Insect. 10, 1-18. <https://10.3390/insects10050134>.
- Isaaks, E.H., Srivastava, R.M., 1989. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, 561p.
- Liebold, A.M., Rossi, R.E., Kemp, W.P., 1993. Geostatistic and geographic information system in applied insect ecology. Annu. Rev. Entomol. 38, 303-327. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.38.010193.001511>.
- Lomeli-Flores, J.R., Barrera, J.F., Bernal, J.S., 2009. Impact of natural enemies on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) population dynamics in Chiapas, Mexico. Biol. Control. 53, 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.03.021>.
- Lopes, M.C., Ribeiro, A.V., Costa, T.L., Arcanjo, L.P., Farias, E.S., Santos, A.A., Ramos, R.S., Araújo, T.A., Picanço, M.C., 2019. Practical sampling plan for *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) in tomato crops. J. Econ. Entomol.

- 112, 1946-1952. <https://doi.org/10.1093/jee/toz091>.
- Martins, J.C., Picanço, M.C., Gonring, A.H., Galdino, T.V., Guedes, R.N., 2018. Assessing the spatial distribution of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs in open-field tomato cultivation through geostatistical analysis. *Pest Manag. Sci.* 74, 30-36. <https://doi.org/10.1002/ps.4664>.
- Naranjo, S.E., Ellsworth, P.C., Frisvold, G.B., 2015. Economic value of biological control in integrated pest management of managed plant systems. *Annu. Rev. Entomol.* 60, 621-45. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-021005>.
- Ono, É.K., Zanardi, O.Z., Aguiar Santos, K.F., Yamamoto, P.T., 2017. Susceptibility of *Ceraeochrysa cubana* larvae and adults to six insect growth-regulator insecticides. *Chemosphere.* 168, 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.061>.
- Ovalle-Rivera, O., Laderach, P., Bunn, C., Obersteiner, M., Schroth, G., 2015. Projected shifts in *Coffea arabica* suitability among major global producing regions due to climate change. *PloS One.* 10, 124-155. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124155>.
- Pan, Y.X., Zhang, F., 2020. Advances in biological control of the german cockroach, *Blattella germanica* (L.). *Bio. Control.* 142, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104104>.
- Pantoja-Gomez, L.M., Correa, A.S., Oliveira, L.O., Guedes, R.N.C., 2019. Common origin of Brazilian and Colombian populations of the neotropical coffee leaf miner, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *J. Econ. Entomol.* 112, 924-931. <https://doi.org/10.1093/jee/toy416>.
- Pereira, E.J.G., Picanço, M.C., Bacci, L., Crespo, A.L.B., Guedes, R.N.C., 2007. Seasonal mortality factors of the coffee leafminer, *Leucoptera coffeella*. *Bull. Entomol. Res.* 97, 421-432. <https://doi.org/10.1017/S0007485307005202>.
- Pereira, R.M., Galdino, T.V.S., Rodrigues-Silva, N., Silva, R.S., Souza, T.C., Picanço, M.C., 2018. Spatial distribution of beetle attack and its association with mango sudden decline: an investigation using geostatistical tools. *Pest Manag. Sci.* 1, 1-20. <https://doi.org/10.1002/ps.5251>.
- Prete, C.E.C., Abrahão, J.T.M., 1996. Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.). II Efeito do grau de umidade e do tamanho dos grãos. *Semina: Ci. Agr.* 17, 18-21.
- Resende, M.Q., Venzon, M., Perez, A.L., Cardoso, I.M., Janssen, A., 2014. Extrafloral nectaries of associated trees can enhance natural pest control. *Agric. Eco. Environ.* 188, 198-203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2014.02.024>.

- Ribeiro, A.E.L., Castellani, M.A., Moreira, A.A., Pérez-Maluf, R., E Silva, C.G.V., Santos, A.S., 2013. Diversidade e sazonalidade de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) em plantas de urucum. *Hortic. Bras.* 31, 636-641. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362013000400021>.
- Rocha, F.H., Infante, F., Castillo, A., Ibarra-Nuñez, G., Goldarazena, A., Funderburk, J.E., 2015. Natural enemies of the *Frankliniella* complex species (Thysanoptera: Thripidae) in Ataulfo Mango agroecosystems. *J. Insect Sci.* 15, 1-5. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev096>.
- Santos Júnior, H.M., Lopes, K.C., Alves, D.S., Carvalho, G., Oliveira, D.F., 2018. Ursolic acid and cis-tiliroside produced by *Merremia tomentosa* affect oviposition of *Leucoptera coffeella* on coffee plants. *Quím. Nova.* 41, 302-309. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170185>.
- Scalon, J.D., Avelar, M.B.L., Alves, G. de F., Zacarias, M.S., 2011. Spatial and temporal dynamics of coffee-leaf-miner and predatory wasps in organic coffee field in formation. *Cienc. Rural.* 41, 646-652. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011005000037>.
- Valeriano, M. M., Prado, H., 2001. Técnicas de geoprocessamento e de amostragem para o mapeamento de atributos anisotrópicos do solo. *Ver. Bras. Ciênc. Solo.* 25, 997-1005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832001000400022>.
- Vieira, S.R., Hatfield, J.L., Nielsen, D.R., Biggar, J.W., 1983. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, 51, 1-75. <https://doi.org/10.3733/hilg.v51n03p075>.

## 6. Conclusões gerais

A unidade amostral encontrada neste trabalho foi a posição nascente do sol, no terço médio do dossel da planta, no terceiro par de folhas do ramo e da face abaxial da folha, auxiliando assim o produtor determinar com mais rapidez e praticidade a abundância de ovos nas plantações. Portanto, sendo essencial para pesquisadores e profissionais da área e produtores quando se deseja saber o tamanho da população deste predador na área com a otimização de custo e tempo.

A distribuição espacial nos permitiu avaliar o comportamento agregado da praga *L. coffeella* e do predador na área *Chrysoperla* spp. o que nos leva a realizar o controle local e a observar se o inimigo natural está reduzindo a população da praga na área. Outro ponto concluído é que tanto em área com aplicação de inseticida piretroide quanto somente com controle biológico não houve alteração na pontuação de qualidade da bebida do café.

São necessárias mais pesquisas quanto à biologia de predador *Chrysoperla* spp. para saber o certo do porque que estes insetos preferem essa área da unidade amostral na planta de café, pois somente foi feita especulações, para assim completar essa lacuna no conhecimento, e também prosseguir com elaboração de planos de amostragem, a partir da unidade amostral determinada. Quanto à distribuição espacial, é necessário que se repita esse estudo para região do cerrado mineiro testando aumentar a frequência de liberações e a quantidade de larvas de *Chrysoperla* spp./ha, para ver se consegue reduzir a população da praga para níveis abaixo de 5% (nível de controle) e assim conseguir determinar o nível de não ação para *L. coffeella*. Este estudo é um avanço para que introdução do controle biológico em lavouras de café, para que possa se tornar realidade seu uso contínuo e assim minimizar custo com inseticidas e reduzir a pressão seletiva dos insetos pragas devido ao uso exagerado do mesmo princípio ativo.