

**RAYANA MAYARA ROCHA CARVALHO**

**AVALIANDO O RECRUTAMENTO DE INIMIGOS NATURAIS E CONTROLE  
BIOLÓGICO DE PRAGAS EM BRÁSSICAS ASSOCIADAS A FLORES DE ALISSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Lessando Moreira Gontijo

**FLORESTAL - MINAS GERAIS**

**2020**

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

T

C331a  
2020

Carvalho, Rayana Mayara Rocha, 1991-

**Avaliando o recrutamento de inimigos naturais e controle biológico de pragas em brássicas associadas a flores de alisso** / Rayana Mayara Rocha Carvalho. – Florestal, MG, 2020.

55 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Lessando Moreira Gontijo.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Recursos Florais. 2. Controle biológico de pulgões.  
3. Pragas em plantas. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Instituto de Ciências Agrárias. Mestrado em Manejo e  
Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários. II. Título.

CDD 23 632

**RAYANA MAYARA ROCHA CARVALHO**

**AVALIANDO O RECRUTAMENTO DE INIMIGOS NATURAIS E CONTROLE  
BIOLÓGICO DE PRAGAS EM BRÁSSICAS ASSOCIADAS A FLORES DE ALISSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 10 de agosto de 2020.

Assentimento:

---

Rayana Mayara Rocha Carvalho

Autora

---

Lessando Moreira Gontijo

Orientador

Dedico à memória do meu pai José Maria Borges Carvalho.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários do Campus Florestal por possibilitar meu aperfeiçoamento profissional e desenvolvimento pessoal.

Ao Professor Lessando Moreira Gontijo, que acreditou em mim e me convidou para fazer parte do seu grupo de pesquisa. Professor, sou muito grata pelos ensinamentos que o senhor transmitiu a mim ao longo desses 5 anos em que estive sob sua orientação. Agradeço também pela paciência, dedicação, carinho e pela sua amizade.

Aos colaboradores Robert Gandra, por estar sempre de bom humor e por ouvir meus devaneios ao longo da execução deste trabalho e ao Alan Saldanha por sua inestimável ajuda na execução deste trabalho.

Aos meus amigos do laboratório BioControl por todos os momentos que compartilhados durante a graduação e a Pós-graduação.

Ao secretário João Marcos, por toda atenção e boa vontade em me ajudar.

Aos funcionários dos setores da piscicultura, horta, secador, hidráulica, garagem e máquinas. Muito obrigada, esse trabalho não teria se realizado sem ajuda de vocês.

Aos professores Dr. Adilson de Castro Antônio e Dra. Lailla Cristina Gandra, por aceitarem de bom grado compor a minha banca, muito obrigada.

À minha amiga Letícia Melo, agradeço por todo companheirismo e carinho.

À minha amiga Nil (Aline Ferreira), por toda a amizade e companheirismo apesar de toda a distância.

À memória do meu pai, Zeca (José Maria Borges Carvalho), que como já dizia a música de Renato Russo: “Os bons morrem jovens é assim que parece ser, quando me lembro de você que acabou indo embora cedo demais!”

À minha mãe, Tú (Eva Pereira da Rocha), por fazer de tudo para que eu consiga realizar meus sonhos.

À minha tia Nilda, por ser minha segunda mãe e por cuidar de mim desde sempre.

À minha titia Dedé, obrigada por todo o carinho.

À minha madrinha Valéria, por todo o carinho.

Ao meu amigo, namorado, futuro marido e eterno amor, Alan Valdir Saldanha, por estar sempre ao meu lado nos melhores e piores momentos, obrigada por ser o sol que alegra os meus dias.

E a todos os familiares, amigos e amigas que com atitudes e palavras me apoiaram.

E por fim e mais importante agradeço a Deus. Se o Senhor disse que eu posso, então eu posso! Irei e não temerei mal algum (Filipenses 4:13).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) projeto 301731/2017–9.

## RESUMO

CARVALHO, Rayana Mayara Rocha, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2020. **Avaliando o recrutamento de inimigos naturais e controle biológico de pragas em brássicas associadas a flores de alisso.** Orientador: Lessando Moreira Gontijo.

A conservação de inimigos naturais nos agroecossistemas é muito importante para o controle biológico. Modificações no agroecossistema, como por exemplo o plantio de flores, que possam fornecer alimento alternativo, refúgio e abrigo, favorecem a conservação de inimigos naturais. Pouco se sabe como a presença de espécies floríferas próximas de culturas agrônomicas pode mediar o encontro entre inimigos naturais e insetos-praga. O primeiro sinal a estimular um inimigo natural a ir de encontro com a cultura agrônomicapoderia ser a atração visual de espécies floríferas no entorno da cultura. Estes inimigos naturais ,viriam se alimentar de pólen e ou néctar, o que provavelmente facilitaria o encontro da presa ou hospedeiro (insetos-praga). Entretanto, existe uma falta de experimentos controlados que investiguem e comprovem a existência deste mecanismo. Além disso, pouco se sabe se disponibilizar recursos florais (alimento alternativo e abrigo) em diferentes épocas do plantio da cultura da principal, poderia favorecer ou desfavorecer o controle biológico. Para tanto, investigamos separadamente nesta dissertação as seguintes hipóteses: (i) que flores cultivadas nas proximidades de uma cultura agrônomicapode infestada com pragas, pode prover um sinal visual que permitirá a primeira atração de predadores e parasitoides distantes, o que conseqüentemente mediára um controle biológico mais rápido, e (ii) que o plantio de alisso semanas antes da cultura principal permitirá um aumento mais rápido da abundância de inimigos naturais, que conseqüentemente garantirá um controle biológico mais rápido e eficiente. Nossos resultados mostraram que as pistas visuais das flores de alisso tem um maior poder de recrutamento a longas distâncias de parasitoides. E que independente da presença da flor se obteve um maior controle biológico onde os predadores alados tinham acesso. Já no segundo experimento podemos observar que a disponibilização dos recursos florais, antes do plantio da couve, não favoreceu o controle biológico do pulgão. Entretanto quando o plantio de alisso foi feito simultaneamente ao da cultura principal ocorreu um maior controle biológico de pulgões. Concluimos então que o plantio do alisso é feito de forma simultânea ao plantio da cultura da couve atrai parasitoides e favorece o controle biológico de pulgões.

Palavras-chave: *Lobularia maritima*. Inimigos Naturais. Diversidade. Recursos Florais. Pistas Visuais.

## ABSTRACT

CARVALHO, Rayana Mayara Rocha, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2020. **Assessing natural enemy recruitment and biological control of insect pests on brassicas associated with alyssum flowers.** Adviser: Lessando Moreira Gontijo.

The conservation of natural enemies in agroecosystems is very important for biological control. Changes in the agroecosystem, such as the planting of flowers, which can provide alternative food, refuge and shelter, favor the conservation of natural enemies. Little is known how the presence of flowering species close to agronomic crops can mediate the encounter between natural enemies and insect pests. The most obvious way would be by the visual attraction of flowering species to natural enemies that would come to feed on pollen and or nectar, therefore facilitating their encounter with the insect pests. However, there is a lack of controlled experiments that investigate and prove the existence of this mechanism. In addition, little is known about how the time of planting strips of insectary plants such as alyssum flowers *Lobularia maritima* could affect biological control. Therefore, in this study we investigated the following hypotheses: (i) alyssum flowers grown in the vicinity of an agronomic crops can provide a visual signal that will attract distant predators and parasitoids, which then would mediate a faster biological control, and (ii) planting alyssum weeks before the cash crop will allow for an early and fast build up of natural enemies that will consequently provide a faster control of insect pests. Our results showed that the visual cues of the alyssum flowers have a greater recruitment power over long distances of parasitoids. Additionally, regardless of the presence of alyssum flower, greater biological control was obtained where the alate predators had access to infested plants. In the second experiment, we observed that the availability of floral resources, before planting the collards did not favor the biological control of the aphids. Nonetheless, when the planting of alyssum was done simultaneously with the main crop (collards), there was a greater biological control of aphids. We conclude that the planting of alyssum flowers associated with collards can attract parasitoids from relatively long distances as well as favor the biological control of aphids, specially if planted concomitantly with the main crop.

Keywords: *Lobularia maritima*. Natural enemies. Diversity. Floral Resources. Visual Cues.

## SUMÁRIO

<b>CAPITULO 1: O SINAL VISUAL DAS FLORES DE ALISSO É UMA PISTA PRIMÁRIA MAIS IMPORTANTE PARA A ATRAÇÃO DE PARASITOIDES DO QUE DE PREDADORES.....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Recrutamento de inimigos naturais a longas distancias.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Análises estatísticas.....</b>	<b>17</b>
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>4 DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>23</b>
<b>CAPITULO 2 FAIXAS FLORÍFERAS PODEM AUMENTAR A ABUNDÂNCIA DE PRESAS ALTERNATIVAS, E CONSEQUENTEMENTE DISTRAIR OS AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO.....</b>	<b>29</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>29</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>30</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
<b>2.1 Análises estatísticas.....</b>	<b>35</b>
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
<b>4 DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>

<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>48</b>
<b>7 APÊNDICE.....</b>	<b>55</b>

# **CAPITULO 1: O SINAL VISUAL DAS FLORES DE ALISSO É UMA PISTA PRIMÁRIA MAIS IMPORTANTE PARA A ATRAÇÃO DE PARASITOIDES DO QUE DE PREDADORES**

## **RESUMO**

A diversificação de plantas nos agroecossistemas promove o manejo sustentável de pragas, colocando obstáculos físicos e químicos que dificultam a capacidade das pragas de encontrar seu hospedeiro. Além disso, a diversidade de plantas também aumenta a atração e a conservação de inimigos naturais, fornecendo abrigo e alimentos alternativos. Flores são geralmente atraentes para os inimigos naturais, o que implica que o cultivo nas proximidades de culturas agrícolas poderia incentivar o controle biológico. A cor das flores pode funcionar como uma pista primária para atrair inimigos naturais distantes e, portanto, pode aproximá-los de culturas infestadas, onde explorarão consecutivamente pista secundárias, como sinomônios e cairomônios. Nesse contexto, investigamos como o sinal visual de flores de alisso *Lobularia maritima* (L.) pode influenciar a atração de inimigos naturais distantes e o consequente controle biológico de pulgões. Realizamos um experimento de campo que consistiu em um desenho experimental de parcelas subdivididas com 6 tratamentos e 16 repetições. O delineamento experimental foi composto por duas parcelas inteiras (com e sem flores) e três subparcelas com plantas de couve infestadas de pulgões, sendo acessíveis a: (i) predadores ápteros (ii) inimigos naturais alados e (iii) ambos. Cada réplica possuía um raio de pelo menos 25 m sem nenhum tipo de vegetação (somente solo nu), com uma distância mínima de 200 m entre as réplicas. Como resultado, observou-se maior taxa de predação e menor crescimento da população de pulgões *per capita* nos tratamentos em que predadores alados tiveram acesso a plantas infestadas, independentemente da presença / ausência de flores de alisso. O parasitismo do pulgão foi maior nas plantas associadas às flores de alisso. Tomados em conjunto, os resultados indicam que o plantio de flores de alisso favorece os parasitoides encontrarem as plantas infestadas com pulgões.

Palavras-chave: *Lobularia maritima*. Inimigos naturais. Controle biológico. Recursos Florais. Pistas visuais.

# ALYSSUM FLOWERS VISUAL SIGNAL IS A PRIMARY CUE THAT IS MORE IMPORTANT IN THE ATTRACTION OF PARASITOIDS THAN PREDATORS

## ABSTRACT

Plant diversification in agroecosystems promotes sustainable pest management by posing physical and chemical obstacles that hamper the ability of pests to encounter their host. Additionally, plant diversity also increases natural enemy attraction and conservation by providing them with shelter and alternative food. Flowers are usually attractive to natural enemies, implying that their cultivation nearby field crops could incentivize biological control. Flowers color may function as a primary cue to attract distant natural enemies, and might therefore draw natural enemies closer to infested crops where they will consecutively explore secondary cues such as synomones and kairomones. In this context, we investigated how the visual signal of alyssum flowers *Lobularia maritima* (L.) can influence the attraction of distant natural enemies, and the consequent biological control of aphids. We carried out a field experiment that consisted of a split-plot design with 6 treatments and 16 replicates. The experimental design comprised two whole plots (with and without flowers) and three subplots with aphid-infested collards plants being accessible to either: (i) epigeal predators (ii) alate natural enemies, and (iii) both. Each replicate had a radius of at least 25 m without any type of vegetation (only bare soil), with a minimum distance of 200 m between the replicates. As results, a higher predation rate and lower *per capita* aphid growth were observed in treatments where alate predator had access to infested plants, regardless of the presence/absence of alyssum flowers. Aphid parasitism was higher on plants associated with alyssum flowers. Taken together, results indicate that the planting of alyssum flowers favors more the alate natural enemies in finding the aphid-infested plants. Taken together, the results indicate that planting aliso flowers favors parasitoids from finding aphid-infested plants.

Keywords: *Lobularia maritima*. Natural enemies. Biological control. Floral Resources. Visual Clues.

## 1. INTRODUÇÃO

O manejo adequado das populações de insetos-praga está entre os mais significativos desafios enfrentados na agricultura. Entre as diversas alternativas de regulação populacional de pragas existe a possibilidade de manipulação do agroecossistema, com o intuito de restringir as populações de insetos-praga (efeito direto) ou favorecer as populações de inimigos naturais (efeito indireto). A diversificação do agroecossistema possibilita a realização de ações contra a herbivoria, uma vez que a diversificação de plantas pode impor barreiras físicas e/ou químicas que dificultam a localização da cultura hospedeira pelas pragas (Begum et al., 2006). Diversificações no ambiente como o consórcio entre plantas e plantio de faixas floríferas, também pode proporcionar menor herbívora ao favorecer o recrutamento e a permanência de inimigos naturais, podendo assim maximizar o controle biológico (Bianchi e Wackers, 2008). De modo indireto, as espécies de plantas associadas possibilitam a conservação e/ou aumento da abundância e diversidade de inimigos naturais, uma vez que proporcionam potenciais recursos para sua sobrevivência e reprodução (Andow 1991; Landis et al., 2000; Gurr et al., 2003). Recursos como abrigo, sítios de acasalamento, oviposição ou hibernação, e alimentos alternativos (como pólen, néctar, presas ou hospedeiros “alternativos”), favorecem a permanência dos inimigos naturais nos agroecossistemas, principalmente quando a praga está ausente, ou quando esta se encontra em baixa densidade populacional (Landis et al., 2000; Altieri et al., 2003; Haenke et al., 2009). Isso porque, como mostrado por Wyckhuys et al. (2013), predadores e parasitoides têm a sobrevivência, longevidade e a fecundidade favorecidas por uma dieta complementar com pólen e/ou néctar.

As interações insetos-planta são mediadas por diversas pistas visuais e/ou olfativas (Kevan e Lane, 1985; von Helversen e von Helversen, 1999; Raguso, 2008; Balamurali et al., 2015). Essas pistas visuais (arquitetura e cor da planta) e olfativas influenciam o comportamento de diferentes espécies de insetos (Giurfa et al., 1994; Honda et al., 1998; Omura e Honda, 2005; Chittka e Raine, 2006; Rech et al., 2014; Ohashi et al., 2015), como por exemplo, os parasitoides sinovigênicos que necessitam de pólen e néctar para a produção e maturação de ovos, forrageiam em direção a flores para encontrar recursos alimentares (Vinson, 1985; Wackers, 1994). A cor e o cheiro das flores são sinais atrativos para os insetos, e promovem o recrutamento dos inimigos naturais a partir de áreas com ausência de recursos florais (Haslett, 1989). Vários estudos têm documentado a importância da associação de culturas agrônômicas com plantas floríferas para o incremento do controle biológico (Gurr et

al., 2004; Berndt et al., 2006; Ponti et al., 2007). Por exemplo, o consórcio de couve com alisso favorece a abundância e a diversidade de inimigos naturais (Ribeiro e Gontijo, 2017). Similarmente Altieri (1984), observou que o cultivo de couve-de-bruxelas em consórcio com feijão-fava e mostarda silvestre abrigava uma maior diversidade de inimigos naturais do que a monocultura dessa brássica. Lewis (1960) também observou que parasitoides visitam flores de vegetação espontânea em busca de pólen e néctar.

Além do sinal visual, os inimigos naturais também usam os sinais químicos liberados pela planta atacada (sinomônio), e pela própria presa ou hospedeiro (caiomônio), que podem funcionar como pistas de curta/média distância (Vet e Dicke, 1992). Todavia, ainda são pouco estudados os fatores que influenciam a capacidade dos inimigos naturais encontrarem suas presas ou hospedeiros quando localizados em áreas distantes da cultura atacada. Acredita-se que o sinal visual das flores poderia ser a primeira pista a ser utilizada pelos inimigos naturais, uma vez que a cor é uma das características visuais mais exploradas pelos insetos, principalmente a longa distância (Renoult et al., 2014; van der Kooi et al., 2018). Dessa forma, espera-se que a atração visual traga os inimigos naturais para mais próximo da espécie florífera, aumentando sua proximidade com sinais secundários tais como sinomônios e/ou caiomônios; o que conseqüentemente facilitaria o encontro da presa ou hospedeiro na planta atacada.

O alisso *Lobularia maritima* (L.) é uma espécie florífera nativa da região do Mediterrâneo, que é de fácil manejo, com rápido florescimento e com grande poder de atratividade de diversos inimigos naturais (Johanowicz e Mitchell, 2000; Berndt e Wratten, 2006; Begum et al., 2006), e baixa atratividade de insetos-praga (Chaney, 1998; Gontijo, 2011). Diversos estudos mostram que o cultivo do alisso, promove a sobrevivência e conservação de diversos inimigos naturais no agroecossistema (Chaney, 1998; Gontijo et al. 2013; Ribeiro e Gontijo, 2017). As flores de alisso vem sendo utilizadas como “planta insetária” para inimigos naturais nos Estados Unidos (Hogg et al., 2011; Gontijo et al., 2013; Brennan, 2013). Todavia, apesar de vários estudos terem indicado que o alisso auxilia o controle biológico, ainda pouco se sabe cientificamente sobre os mecanismos de atração envolvidos.

A couve manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) é uma hortaliça arbustiva da família Brassicaceae e originária do continente Europeu. A cultura da couve é de grande importância para a agricultura familiar brasileira, principalmente pela sua facilidade de propagação (Trani et al., 2015). A couve é atacada por diversas pragas, dentre elas se destaca o pulgão *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758), e a curuquerê da couve *Ascia monuste orseis*

(Latreille, 1819). O controle químico é uma das ferramentas mais usadas no controle dessas pragas, por meio de aplicações (pulverização foliar) periódicas de inseticidas (Filgueira, 2008). Essa prática, além de ter um custo relativamente alto, tem gerado vários inconvenientes, devido ao aparecimento de insetos resistentes e os efeitos prejudiciais ao meio ambiente, à saúde de trabalhadores e consumidores dessa cultura (Kovach et al., 2012; Roel et al., 2000).

Este projeto propôs investigar se o sinal visual das flores de alisso pode ser uma primeira pista a ser explorada pelos predadores (alados e ápteros) e parasitoides que estão distantes da área infestada. Para tanto, testou a hipótese, flores de alisso cultivadas nas proximidades da couve infestada com pulgões, podem prover um sinal visual que permitirá a primeira atração/recrutamento de predadores e parasitoides. Inimigos naturais ao chegarem até as flores estarão mais próximos de sinomônios e cairomônios facilitando assim o encontro com a praga que ataca a cultura (pulgões).

Os resultados obtidos com este trabalho buscam ilustrar a importância da ‘biodiversidade’ nos agroecossistemas para garantir um manejo de pragas ecologicamente mais sustentável. O preenchimento dessa lacuna do conhecimento subsidiará um melhor entendimento dos mecanismos ecológicos que garantem um controle biológico mais eficiente em comunidades de plantas diversas, bem como permitir a elaboração de sistemas de policultivo funcionalmente eficazes.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

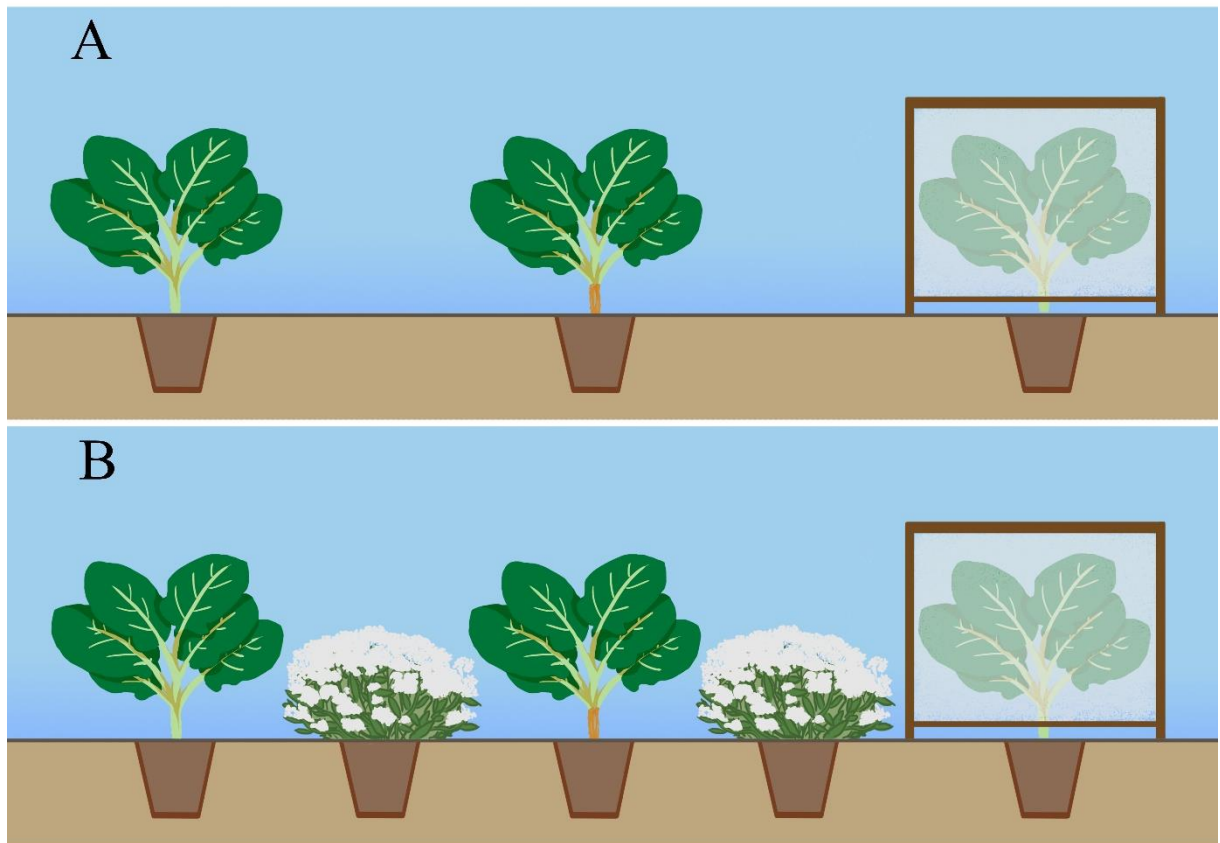
### **2.1 Recrutamento de inimigos naturais a longas distâncias**

O presente estudo foi realizado na Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Florestal, de julho de 2018 a maio de 2019, coordenadas 19° 52' 36.0"S 44° 25' 06.1" W. Neste experimento foi investigado se o sinal visual das flores de alisso (cor branca) poderia mediar uma atração de inimigos naturais distantes, e assim promover uma ação mais rápida do controle biológico de pulgões. O desenho experimental usado foi do tipo parcelas subdivididas (‘split plot’) consistindo de duas parcelas inteiras (com e sem flor de alisso) (Figura 1) e três subparcelas (plantas de couve infestadas com pulgões acessíveis para (i) inimigos naturais ápteros, (ii) alados, e (iii) ambos). As parcelas inteiras foram dispostas dentro de uma área de solo descoberto com tamanho total de 2 hectares, onde a área foi limpa periodicamente

(gradeada e nivelada) para manter a área sem nenhuma planta (Figura 2) além daquelas do experimento. Cada tratamento teve um total de 16 repetições distribuídas em blocos temporais, com duas repetições por tratamento e por data (8 datas distintas). Cada parcela inteira foi representada por um grupo de 4 vasos (3 L) contendo ou não flores de alisso dispostos no campo em forma retangular com espaçamento de 2 m entre vasos. Cada subparcela (alados, ápteros e ambos) foi representada por 2 vasos (3 L), cada um contendo duas plantas de couve infestadas com pulgões (*Brevicoryne brassicae*).

Todos os vasos foram enterrados no solo antes do experimento para melhor simular a realidade de campo (Figura 1). As plantas de couve foram colocadas em campo com um tamanho médio de 30 cm, a infestação foi realizada uma semana antes da instalação em campo. As plantas de couve após a infestação artificial e antes de irem ao campo eram acondicionadas em gaiolas de organza para evitar o parasitismo. As plantas de alisso foram levadas ao campo com um tamanho médio de 30 cm. A subparcela que permitiu apenas o acesso de inimigos naturais ápteros teve uma gaiola de organza suspensa sobre o dossel das couves. A gaiola foi tratada com cola entomológica (tanglefoot) na borda da abertura inferior (3 cm do solo), excluindo assim inimigos naturais alados (Figura 1). Já a subparcela que permitiu acesso apenas aos alados, as plantas de couve tiveram as bases dos seus caules tratadas com cola entomológica para excluir os inimigos naturais ápteros. Por fim, as plantas da subparcela que permitiu o acesso de ambos inimigos naturais (ápteros e alados) não receberam nenhum dos tratamentos descritos anteriormente (Figura 1). Cada repetição (duas por tratamento em cada data) foi colocada em um local distinto no campo com um raio de 25 m (raio ao redor do centro de cada parcela inteira) onde não se observava nenhuma cultura agrônômica ou espécie florífera (Figura 2). Os locais selecionados para colocar as repetições foram mantidos os mesmos durante todo o experimento, porém; para evitar tendenciosidades o local das parcelas inteiras e subparcelas foram alternados nas diferentes datas.

Após enterrar os vasos no solo, foi feita a contagem do número de pulgões nas plantas de couve em todas as repetições. Cada repetição ficou exposta no campo por 48 horas. Após esse período de 48 horas o número de pulgões em cada repetição foi contado novamente, para determinar o nível de predação. Após a contagem do número de pulgões, as plantas de couve eram retiradas do campo e acondicionadas em gaiolas de organza para aguardar o tempo de incubação de parasitoides, uma vez que os pulgões poderiam ter sido parasitados durante as 48 horas de exposição, e desta forma poder determinar o nível de parasitismo nos diferentes tratamentos.



**Figura 1:** (A) Parcela inteira sem flor e (B) Parcela inteira com flor. As plantas na gaiola representam a subparcela com acesso apenas para insetos ápteros, as plantas com cola no caule (planta de couve no centro) representam a subparcela com acesso apenas para alados, e as plantas sem nenhum tratamento representam a subparcela com acesso para ambos (ápteros + alados).



Figura 2: Área onde foi realizado o experimento (área total 22.560,29 m<sup>2</sup>). As setas denotam os locais onde as repetições eram instaladas em cada data (4 por data).

## 2.2 Análises estatísticas

### Predação

O crescimento populacional dos pulgões da couve foi utilizado como variável resposta em relação à ação de predadores. Para tanto, o crescimento *per capita* da população de pulgões ( $r$ ) foi estimado para cada tratamento segundo Chau et al. (2005), através da fórmula abaixo:

$$r = \frac{\ln(Nx + 1/Nx)}{t}$$

Onde,  $N_x$  representa o tamanho da população no tempo inicial,  $N_{x+1}$  representa o tamanho da população no tempo final,  $t$  representa a diferença de dias entre o tempo final e inicial, e  $\ln$  é o logaritmo natural. Os dados de crescimento *per capita* de cada subparcela foram agrupados para todas as datas, e em seguida submetidos à análise de variância do tipo modelos mistos utilizando o pacote to R lmer Test. Nesta análise foi testado o efeito das variáveis

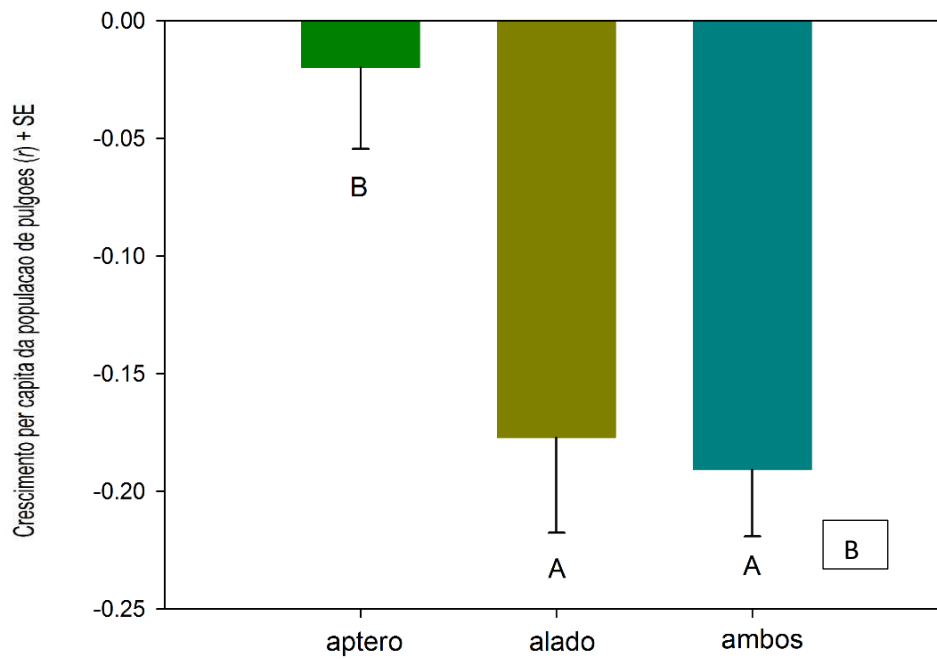
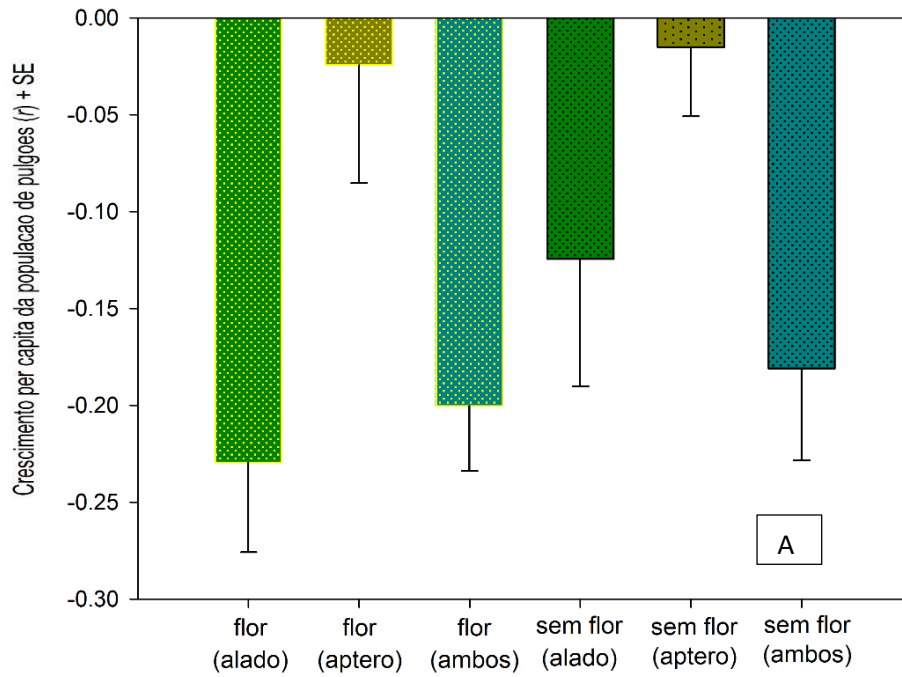
presença/ausência de flores e tipo de ataque dos inimigo naturais (ápteros, alados, ou ambos), bem como a interação entre essas duas variáveis. Subsequentemente, um teste de médias (Post Hoc) foi conduzido para a variável significativa (tipo de ataque dos inimigos naturais) usando o pacote do R multcomp.

## Parasitismo

Os dados de parasitismo dos pulgões também foram agrupados para todas as datas. Os dados dicótomos de pulgões (intactos e mumificados) de cada planta foram submetidos à uma análise de variância do tipo GLM (Generalized Linear Model) com a opção de distribuição binomial. Nesta análise foi considerada apenas o efeito da variável presença/ausência de flores, uma vez que todos parastoides são alados. Todas as análises estatísticas foram conduzidas no programa R (Development Core Team 2018).

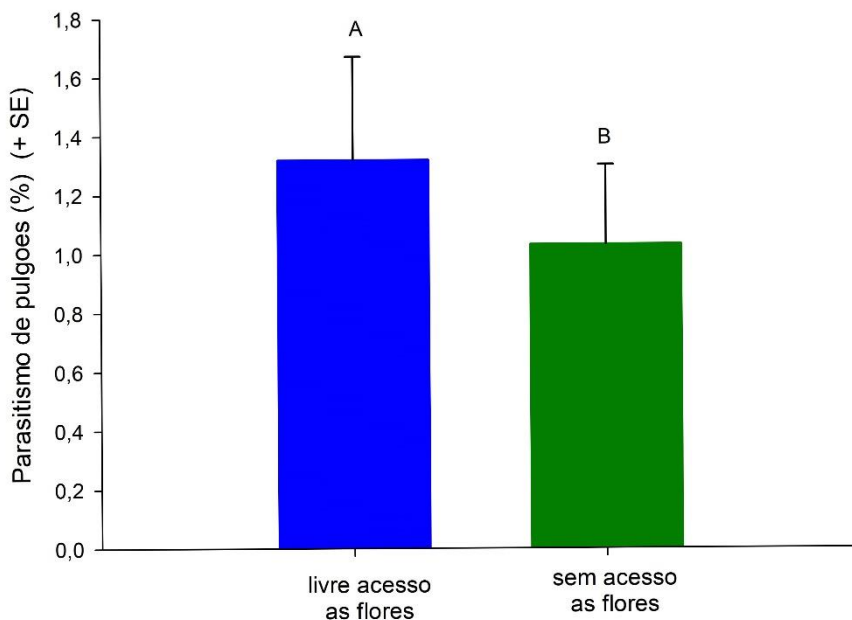
### 3. RESULTADOS

Não houve efeito significativo da variável “presença/ausência de flor” sobre o crescimento *per capita* da população de pulgões ( $r$ ) ( $F = 0,5197$ ;  $P = 0,4980$ ) (Figura. 3 A) com relação a predação. Também não houve interação entre as variáveis presença/ausência de flores e o tipo de inimigos naturais (alados ou ápteros) ( $F = 0,7483$ ;  $P = 0,4771562$ ). A forma de ataque por predadores (alado ou áptero) teve efeito significativo sobre o crescimento *per capita* da população de pulgões ( $r$ ) ( $F = 9,7823$ ;  $P = 0,0001$ ) (Figura 3A). Este crescimento *per capita* da população de pulgões foi significativamente menor quando expostos ao ataque de predadores alados, ou ao ataque conjunto de alados mais ápteros (Figura 3B). As flores de alisso mediarão uma maior taxa de parasitismo dos pulgões ( $F = -3,955$ ;  $P < 0,0001$ ) (Figura. 4). Também houve efeito significativo do tempo sobre a porcentagem de pulgões parasitados ( $F = -4,031$ ;  $P < 0,0001$ ). Todavia, não ocorreu efeito de interação entre tempo e tratamento com relação a porcentagem de pulgões parasitados.



**Figura 3 A e 3 B.** 3A representa crescimento *per capita* da população de pulgões ( $r$ ) mais erro padrão da média (EP), considerando o efeito da presença/ausência de flores combinado com o ‘tipo’ de inimigo natural (áptero, alado, e ambos). 3B representa os dados agrupados do crescimento *per capita* da

população de pulgões ( $r$ ) mais erro padrão da média (EP), sem considerar o efeito da presença/ausência de flores. Barras de média acompanhadas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de TukeyHSD a 5% (pacote multcomp).



**Figura 4.** Porcentagem de pulgões parasitados mais erro padrão da média (EP) em plantas de couve dispostas em parcelas com e sem acesso às flores de alisso. Letras diferentes indicam diferença entre os tratamentos a 5% de significância em análises do tipo GLM (Generalized Linear Model).

#### 4. DISCUSSÃO

O forrageamento de predadores é determinado por diversos comportamentos relacionados à busca e manuseio de presas, e também a fatores ambientais incluindo as características da planta hospedeira (arquitetura, cor e voláteis) (O'Brien et al., 1990; Hunter et al., 1992; Knops et al., 1999; Cortesero et al., 2000). Componentes visuais como a arquitetura e a cor das plantas podem influenciar na direção e na taxa de busca do inimigo natural por suas presas (Cloyd e Sadof, 2000; Legrand e Barbosa, 2003). Em nosso trabalho, a presença das flores não foram determinantes/essenciais para a atração dos predadores, sugerindo que estes foram atraídos provavelmente pelo sinal visual da planta hospedeira (couve). Por esse motivo provavelmente não houve diferença entre os tratamentos com ou sem flor. Os principais predadores dos pulgões são insetos alados como os besouros da família Coccinellidae

(joaninhas), Anthocoridae (Orius) e larvas de Diptera da família Syrphidae (Nieto et al., 2006; Obrycki et al., 2009). Nossos resultados mostraram que o controle biológico dos pulgões foi mais eficiente nos tratamentos com acesso para alados, e ambos (alados e ápteros), isso porque a busca dos predadores alados é mais eficiente uma vez que possuem maior capacidade de dispersão em relação aos predadores ápteros (Fontes et al., 2020).

A maioria dos insetos-praga possuem um parasitoide-chave que atua, no controle biológico (Gravena, 1992). A espécie *Diaeretiella rapae* é considerada o principal parasitoide que atua no controle dos pulgões *M. persicae* e *B. brassicae* na cultura das brássicas (Kalule e Wright, 2002; Dogra et al., 2003). Em nossos resultados, observamos que as flores recrutaram parasitoides (*D. rapae*) a longas distâncias (25 m) e conseqüentemente favoreceram uma maior taxa de parasitismo de pulgões. A cor e o cheiro das flores são atrativos para os insetos e promovem o recrutamento dos inimigos naturais a partir de áreas com ausência de recursos florais (Haslett, 1989). Johanowicz e Mitchell (2000) em seus estudos concluíram que o néctar das flores de alisso é benéfico na longevidade de fêmeas dos parasitoides *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae) e *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae). Mussury e Fernandes (2005) observaram que quando a canola estava em estágio de florescimento ocorreu uma maior taxa de parasitismo do *D. rapae* sobre os afídeos. Resultados semelhantes foram encontrados por Berndt e Wratten (2006) descrevem que a fecundidade do parasitoide *Dolichogenidae tasmanica* é aumentada na presença de flores de alisso.

A oviposição e a alimentação podem se tornar atividades competitivas durante o forrageamento dos parasitoides (Lewis et al., 1998). A procura por hospedeiros para garantir a sua reprodução por vezes pode diminuir suas reservas de energia, e a busca por alimento pode significar a perda da oportunidade de ovipositar (Heimpel et al., 1996; Krivan e Sirot, 1997). A energia gasta pelos parasitoides aumentam com a distância entre hospedeiros e alimentos, e a redução dessa distância pode melhorar a eficiência dos parasitoides (Lavandero et al., 2005; Vollhardt et al., 2010; Nilsson et al., 2012). Forrageamento em trechos com a presença de néctar, melhora a reprodução das fêmeas e conseqüentemente aumenta a taxa de parasitismo. Como observado em nossos resultados, onde os recursos alimentares (pólen e néctar) e os hospedeiro estavam próximos ocorreu um maior parasitismo de pulgões. O que vai de acordo com Chaney (1998) que mostrou que o alisso promove a sobrevivência e a fecundidade do parasitóide *Diaeretiella rapae*. Em estudos de Jamont et al. (2014) mostraram que quando o fragmento tem néctar próximo ao hospedeiro, há um aumento do recrutamento de parasitoides, quando comparado com fragmento sem néctar.

Nesse estudo testamos a hipótese que flores de alisso cultivadas nas proximidades da couve infestada com pulgões, podem prover um sinal visual que permitirá a primeira atração/recrutamento de predadores e parasitoides. Nosso estudo mostrou que o recrutamento exercido pela flor de alisso a longas distâncias é mais eficiente para os parasitoides do que para predadores. O plantio do alisso junto a cultura da couve promove o recrutamento de parasitoides para perto da cultura e assim promover um maior controle biológico. Em nosso estudo podemos observar que predadores alados foram mais eficiente que os predadores ápteros, um dos motivos para que isso tenha ocorrido foi o tempo (48h) que as plantas ficaram expostas. Estudos futuros com um maior tempo de exposição da planta em campo poderia ser feito para elucidar essa questão.

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com este trabalho ilustram a importância da diversificação do agroecossistemas uma vez que as flores de alisso atraem os parasitoides e esses auxiliam no controle biológico. Nossos resultados mostram que o recrutamento do parasitoide *Diaeretiella rapae* por plantas de alisso a longa distância (25 m) é uma informação importante para o desenvolvimento do controle biológico conservativo na cultura da couve. Um dos grandes limitantes para a utilização de plantas companheiras nas áreas cultivadas é a perda de área produtiva. O recrutamento a longa distância de *D. rapae* permite que os produtores de couve possam optar por distribuir as plantas de alisso mais distantes entre si, reduzindo-se assim a perda de área destinada para a cultura de interesse econômico.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M. A. **Patterns of insect diversity in monocultures and polycultures of brussel sprout**. Protection Ecology, Amsterdam, v. 6, p. 227- 232, 1984.

ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 226p. 2003.

ANDOW, D. A. **Vegetational diversity and arthropod population response**. Annual Review of Entomology 36: 561-586. 1991.

BALAMURALI, G.S., KRISHNA, S. SOMANATHAN, H. **Senses and signals: evolution of floral signals, pollinator sensory systems and the structure of plant–pollinator interactions**. Current Science, 108, 1852. 2015.

BEGUM, M., GURR, G.M., WRATTEN, S.D., HEDBERG, P.R., NICOL, H.I. **Using selective food plants to maximize biological control of vineyard pests**. Applied Ecology 43, 547-554. 2006.

BERNDT, L.A., WRATTEN, S.D. **Effects of alisso flowers on the longevity, fecundity, and sex ratio of the leafroller parasitoid *Dolichogenidea tasmanica***. Biological Control. 32, 65-69. 2006.

BIANCHI, F. J. J. A.; WACKERS, F. L. **Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids**. Biological Control, San Diego, v. 46, n. 3, p. 400-408, 2008.

BRENNAN, E. B. **Agronomic aspects of strip intercropping lettuce with alyssum for biological control of aphids**. Biological Control. 65, 302-311. 2013.

CHANEY, W. E. **Biological control of aphids in lettuce using in-field insectaries**. In: Pickett, C. H., R. L. Bugg, (Ed.). Enhancing biological control, habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. University of California Press, Berkeley, CA, p. 73-85. 1998.

CHAU, A.; HEINZ, K. M.; DAVIES, F. T. J. Influences of fertilization on *Aphis gossypii* and insecticide usage. J. Appl. Entomol. 129:89–97. 2005.

CHITTKA, L.; RAINE, N.E. **Recognition of flowers by pollinators.** Current Opinion in Plant Biology, 9, 428–435. 2006.

CLOYD, R. A.; SADOFF, C.S . **Effects of plant architecture with attack rate of *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae), a citrus parasitoid (Homoptera: Pseudococcidae).** Environmental Entomology. 29: 535-541. 2000.

CORTESERO, A.M .; STAPEL, J.O .; LEWIS, W.J. **Understanding and manipulating plant attributes to improve biological control.** Biological Control 17: 35–49. 2000.

DOGRA, I.; DEVI, N.; RAJ, D. **Parasitization of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt. by *Diaeretiella rapae* M'Intosh in the mid-hill zone of Himachal Pradesh (India).** Journal of Entomological Research, New Delhi v. 27, n. 2, p. 145-149, 2003.

FILGUERIA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agroecologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Ed. 2. Ver. Ampla. Viçosa: UFV, p. 421.2008.

FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Controle biológico de pragas da agricultura.** Brasília, DF: Embrapa, p.: 510 .2020.

GIURFA, M.; NÚÑEZ, J.; BACKHAUS, W. **Odour and colour information in the foraging choice behaviour of the honeybee.** Comparative Physiology A, 175, 773–779.1994.

GONTIJO, L. M. **Integrated biological control of woolly apple aphid in Washington State.** (Ph.D. Dissertation). Washington State University, Pullman. 2011.

GONTIJO, L. M.; E. H. BEERS, W. E. SNYDER. **Flowers promote aphid suppression in apple orchards.** Biological Control 66: 8-15. 2013.

GRAVENA, S. **Controle biológico no manejo integrado de pragas.** Pesqui. Agrop. Bras. 27, 281-299. 1992.

GURR, G. M.; WRATTEN. S. D.; ALTER, M.; A. **Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods.** CSIRO Publishing, Canberra. 2004.

GURR, G. M.; WRATTEN, S. D.; LUNA, J. M. **Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits.** Basic and Applied Ecology. 4: 107-116. 2003.

HAENKE, S. et al. **Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes.** Applied Ecology, Oxford, v. 46, n. 5, p. 1106-1114, 2009.

HASLETT, J. R. **Interpreting patterns of resource utilization: randomness and selectivity in pollen feeding by adult hoverflies.** Oecologia, Heidelberg, v. 78, p. 433-442, 1989.

HEIMPEL, G. E.; ROSENHEIM, J. A.; MANGEL, M. **Egg limitation host quality and dynamic behavior by parasitoid in the field.** ECOLOGY, 77, 2410-2420. 1996.

HOGG, B. N., NELSON, E. H., MILLS, N. J., DAANE, K. M. **Floral resources enhance aphid suppression by a hoverfly.** Entomologia Experimentalis et Applicata. 141, 138-144. 2011.

HONDA, K.; OMURA, H.; HAYASHI, N. **Identification of floral volatiles from *Ligustrum japonicum* that stimulate flower-visiting by cabbage butterfly, *Pieris rapae*.** Chemical Ecology, 24, 2167–2180. 1998.

HUNTER, M. D.; PRICE, P. W. **Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities.** Ecology. 73: 724–732. 1992.

JAMONT, M.; PIVA, G.; FUSTEC, J. **Sharing N resources in the early growth phase see different crops with faba bean: Does N transfer matter?** Plant and Soil, 371, 1–13. 2014.

JOHANOWICZ, D.L., MITCHELL, E.R. **Effects of sweet aliso flowers on the longevity of the parasitoid wasps *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) and *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae).** Florida Entomologist. 83, 41-47. 2000.

KEVAN, P. G.; LANE, M. A. **A microtextura de pétalas de flores é uma sugestão para abelhas.** Proceedings of the National Academy of Sciences of EUA, 82, 4750-4752. 1985.

KNOPS, J. M. H.; TILMAN, D.; HADDAD, N.M.; NAEEM, S.; MITCHELL, C.E.; HAARSTAD, J.; ET AL. **Effects of plant species richness on invasion dynamics, disease outbreaks, insect abundances and diversity.** Ecology. 2: 286–293. 1999.

KOVACH, J.; C. PETZOLDT, J.; J, Tette. **A method to measure the Environmental Impact of Pesticides: List of Pesticides.** 2012.

KRIVAN, V.; SIROT, E. **Searching for food or hosts: The influence of parasitoids behavior on host- parasitoid dynamics.** Theoretical Population Biology, 51, 201–209. 1997.

KALULE, T.; WRIGHT, D.J. **Tritrophic interactions between cabbage cultivars with different resistance and fertilizer levels, cruciferous aphids and parasitoids under field conditions.** Bulletin of Entomological Research, London v. 92, n. 1, p. 61-69, 2002.

LANDIS, D. A. et al. **Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture.** Annual Review of Entomology, Palo Alto, v. 45, p. 175-201, 2000.

LAVANDERO, B.; WRATTEN, S.; SHISHEHBOR, P. E.; WORNER, S. **Enhancing the effectiveness of the parasitoid *Diadegma semiclausum* (Helen): Movement after use of nectar in the field.** Biological Control, 34, 152–158. 2005.

LEIUS, K. **Attractiveness of different foods and flowers to the adults of some hymenopterous parasitoids.** Canadian Entomologist, Ottawa, v. 92, p. 369-376, 1960.

LEGRAND, A.; BARBOSA, P. **The morphological complexity of the plant affects the foraging efficiency of adults *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae).** Environmental Entomology. 32: 1219–1226. 2003.

LEWIS, W. J.; STAPEL, J. O.; CORTESERO, A, M.; TAKASU, K. **Understanding how parasitoids balance food and host needs; importance to biological control.** Biological Control, v.11, p.175-182.1998.

MUSSURY, R. M.; FERNANDES, W.D. **Occurrence of *Diaretiella rapae* (McIntosh, 1855) (Hymenoptera: Aphidiidae) Parasitising *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach, 1843) and *Brevicoryne brassicae* (L. 1758) (Homoptera: Aphididae) in *Brassica napus* in Mato Grosso do Sul.** Brazilian Archives of Biology and Technology. Vol.45, n.1.p 41-46.2005.

NIETO, D. J.; SHENNAN, C.; SETTLE, W. H.; O'MALLEY, R.; BROS, S.; HONDA, J.Y. **How natural enemies and cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) population dynamics affect organic broccoli harvest.** Environmental Entomology, 35(1): 94-101. 2006.

NILSSON, U.; ERIKSSON, A.; RAMERT, B.; ANDERSON, P. **Male and female *Trybliographa rapae* (Hymenoptera: Fig- itidae) behavioural responses to food plant, infested host plant and combined volatiles.** *Arthropod–PlantInteractions*, 6, 251–258. 2012.

O'BRIEN, W. J .; BROWMAN, H. I .; EVANS, B.I. Animal foraging search strategies. *American Scientis*.78: 152–160. nineteen ninety.

OBRYCKI, J. J.; HARWOOD, J. D.; KRING, T. J.; O'NEIL, R. J. **Aphidophagy by Coccinellidae: Application of biological control in agroecosystems.** *Biological Control*, 51(2): 244-254. 2009.

OHASHI, K.; MAKINO, T.T.; ARIKAWA, K. **Floral colour change in the eyes of pollinators: testing possible constraints and correlated evolution.** *Functional Ecology*, 29, 1144–1155. 2015.

OMURA, H.; HONDA, K. **Priority of color over scent during flower visitation by adult *Vanessa indica* butterflies.** *Oecologia*, 142, 588–596. 2005.

PONTI, L. M. A.; ALTIERI, A. P.; GUTIERREZ. **Effects of crop diversification levels and fertilization regimes on abundance of *Brevicoryne brassicae* (L.) and its parasitization by *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) in broccoli.** *Agricultural and Forest Entomology* 9, 209–214. 2007.

RAGUSO, A. **Wake up and smell the roses: the ecology and evolution of floral scent.** *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39, 549–569. 2008.

RECHI, A. R.; AGOSTINO, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I.C. **Biologia da polinização.** Rio de Janeiro: Projeto cultura.isns 978-85-68126-01-1.p 288. 2014.

RENOULT, J.P.; VALIDO, A.; JORDANO, P.; SCHAEFER, H.M. **Adaptation of flower and fruit colours to multiple, distinct mutualists.** *New Phytologist*, 201, 678–686. 2014.

RIBEIRO, A. L.; GONTIJO, L. M. **Alyssum promote biological control of cabbage pests.** *BioControl* 62,185-196.2017. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9783-7>.

ROEL, A.R.; VENDRAMIM, J.D.; FRIGHETTO, R.T.S. E F RIGHETTO, N. **Atividade tóxica de extratos orgânicos de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith).** *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v.29, p.799-808, 2000.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; BLAT, S. F. PRELA-PANTANO, ANGÉLICA.; TEIXEIRA, É. P.; ARAÚJO, H. S.; FELTRAN, J. C.; PASSOS, F. A.; FIGUEIREDO , G. J. B.; NOVO,

M. C. S. S. **Couve de folha: do plantio à pós-colheita** et al. Campinas: Instituto Agronômico, 36 p. online. (Série Tecnologia Apta Boletim Técnico IAC, 214). 2015.

VAN DER KOOI, C.J.; DYER, A.G.; KEVAN, P.G.; LUNAU, K. **Functional significance of the optical properties of flowers for visual signalling.** *Annals of Botany*, 123, 263–276. <https://doi.org/10.1093/aob/mcy119>. 2018.

VET, L. E. M., M. DICKE. **Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context.** *Annual Entomology Review* 37, 141-172. 1992.

VINSON, S.B.; PIPER, G.L. **Source and characterization of host recognition kairomones of *Tetrastichus hogenowii*, a parasitoid of cockroach eggs.** *Physiological Entomology*, 11, 429-468. 1985.

VOLLHARDT, I. M. G.; BIANCHI, F.; WÄCKERS, F. L.; THIES, C.; TSCHARN-TKE, T. **Nectar vs. honeydew feeding by aphid parasitoids: Does it pay to have a discriminating palate?** *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 137, 1–10. 2010.

VON HELVERSEN, D.; VON HELVERSEN, O. **Acoustic guide in flower pollinated by bats.** *Nature*, 398, 759-760. Weiss, MR (1991). **The floral color changes as a signal for pollinators.** *Nature*, 354, 227-229. 1999.

WACKERS, F.L. **The effect of food deprivation on the innate visual and olfactory preferences in *Cotesia rubecula*.** *Journal of Insect Physiology*, 40, 641-649. 1994.

WYCKHUYS, K. A. G.; LU, Y.; MORALES, H.; VAZQUEZ, L. L.; LEGASPI, J. C.; ELIOPOULOS, P. A.; HERNANDEZ, L. M. **Current status and potential of conservation biological control for agriculture in the developing world.** *Biological Control*, v. 65, n. 1, p. 152-167, Apr. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2012.11.010. 2013.

## **CAPITULO 2: FAIXAS FLORÍFERAS PODEM AUMENTAR A ABUNDÂNCIA DE PRESAS ALTERNATIVAS, E CONSEQUENTEMENTE DISTRAIR OS AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO**

### **RESUMO**

Um dos principais desafios da agricultura é manejar adequadamente o agroecossistema para controlar as populações de insetos-praga que podem causar danos às lavouras. A diversificação de plantas (policultura) dentro do agroecossistema, permite aumentar a abundância e disponibilidade de alimentos alternativos, como néctar, pólen e 'honeydew'. O policultivo é particularmente importante para inimigos naturais generalistas, uma vez que a presença constante desses no sistema pode manter continuamente pragas em baixas densidades populacionais. A abundância e distribuição espacial das populações de insetos-pragas influenciam de diferentes maneiras os inimigos naturais generalistas e especialistas. Os generalistas tendem a ser favorecidos pelo policultivo devido aos recursos alternativos com os quais se alimentam em sistemas diversificados. Já os especialistas não são beneficiados diretamente pelas presas/hospedeiros alternativos. Apesar do potencial benéfico da diversificação de plantas, nem sempre é observada uma redução de insetos-pragas, uma vez que alguns deles podem ser favorecidos pelos recursos disponibilizados na diversificação do agroecossistema, o que pode promover um aumento em sua abundância. Em um outro cenário, a disponibilidade de néctar e pólen pode ainda atrair presas alternativas que podem desviar a "atenção" de parasitoides e, principalmente, de predadores generalistas, prejudicando a eficiência do controle biológico. O presente estudo testou a hipótese de que o plantio de espécies floríferas antes da cultura principal permite um recrutamento mais rápido de inimigos naturais, o que proporcionaria um controle biológico mais rápido das pragas. Nossos resultados teve um maior número de herbívoros nos tratamentos em que a espécie florífera estava presente. A oviposição da curuquerê em plantas de couve, não foi influenciada pela presença alisso. A disponibilidade de recursos florais antes do plantio da couve não favoreceu o controle biológico do pulgão, mas o plantio da espécie florífera simultaneamente sim. A presença de alisso em consórcio fornece benefícios e não acarreta redução da produtividade da couve.

Palavras-chave: *Lobularia maritima*. Inimigos Naturais. Herbívoros. Couve. Policultivo.

## **FLOWER STRIPS CAN INCREASE THE ABUNDANCE OF ALTERNATIVE PREY WHICH MAY AVERT BIOLOGICAL CONTROL AGENTS**

### **ABSTRACT**

One of the main challenges of agriculture is to properly manage the agroecosystem in order to control the populations of insect pests that may cause damage to the crops. The diversification of plants (polyculture) within the agroecosystem, allows to increase the abundance and availability of alternative foods, such as nectar, pollen and 'honeydew'. Polyculture is particularly important for generalist natural enemies. The constant presence of generalists in the system can continuously maintain pests at low densities. The abundance and distribution of insect pest populations influence generalist and specialist natural enemies in different ways. Generalists tend to be favored by polyculture because of the alternative prey/host they feed upon in diversified systems, whereas specialists are not directly benefited from alternative prey/host. Despite the beneficial potential of plant diversification, a reduction in pest insects is not always observed, since some insect pests can be favored by the resources made available in the diversification of the agroecosystem, which can promote an increase in the abundance of those pests. The availability of nectar and pollen can attract alternative prey that can divert the 'attention' of parasitoids and especially generalist predators, which can impair the efficiency of biological control. The present study tested the hypothesis that planting flowering species before the main crop allows faster recruitment of natural enemies, which would provide faster biological control of pests. Our results showed a greater number of herbivores in the treatments in which a floriferous species was present. The oviposition of curuquerê in cabbage plants was not influenced by the presence of aliso. The availability of floral resources before planting the cabbage did not favor the biological control of the aphid, but the planting of the flower species simultaneously did. The presence of consortium consortium offers benefits and does not reduce the cabbage productivity.

Keywords: *Lobularia maritima*. Natural enemies. Herbivores. Collards. Polyculture.

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios da agricultura é manejar adequadamente o agroecossistema de forma a controlar a população dos insetos-praga que podem vir a causar dano econômico à cultura. Uma estratégia de manejo interessante para controlar a população dos insetos-praga é a utilização do controle biológico conservativo que consiste na manipulação do ambiente de forma a favorecer os inimigos naturais, aumentando a sua fecundidade, longevidade, sobrevivência, eficiência e permanência no agroecossistema (Landis, 2000; Altieri, 1994; Barbosa, 1998). A diversificação do agroecossistema pode ser feita através do manejo de plantas espontâneas, manipulação da vegetação no entorno da cultura, faixas floríferas e substituição de monocultivo (pouco diverso) por policultivo (mais diverso), o que por consequência suporta uma abundância maior de inimigos naturais, especialmente predadores generalistas (Altieri et al., 2003; Gontijo et al., 2013). A diversificação de plantas (policultivo) dentro do agroecossistema, permite aumentar a abundância e a disponibilidade de alimentos alternativos, como néctar, pólen e ‘honeydew’ (Landis, et al., 2000, Gurr et al., 2003).

O policultivo é particularmente importante para inimigos naturais generalistas, que frequentemente formam a primeira linha de defesa contra os insetos-praga, uma vez que são os primeiros a chegar na cultura após a infestação inicial por pragas (Hardwood et al. 2007; Michalko et al., 2019). A presença constante de inimigos naturais generalistas no sistema pode manter as pragas continuamente em baixas densidades (Symondson et al., 2002; Gontijo et al., 2015). Isso corrobora o trabalho de Root (1973), que afirma que em sistemas agrícolas mais diversificados, as populações de insetos fitófagos tendem a ser menores do que em sistemas homogêneos devido à maior abundância, diversidade e eficiência dos inimigos naturais.

Populações de insetos-praga influenciam as populações de inimigos naturais generalistas e especialistas de diferentes formas. A resposta funcional dos predadores e parasitoides está relacionada a densidade da presa/hospedeiro, ou seja, quanto maior a densidade de presas/hospedeiros maior a chance de encontro com o predador (Costamagna e Landis 2007; Morgan et al., 2017). Os inimigos naturais especialistas possuem uma resposta numérica tardia quando comparado aos inimigos naturais generalistas (Hassel, 1986). Os generalistas tendem a ser mais favorecidos pelo policultivo do que os especialistas, uma vez que estes últimos não se beneficiam da presença de presas/hospedeiros alternativos encontrados no policultivo (Sheehan, 1986; Gols et al., 2005).

Apesar do potencial benéfico da diversificação de plantas, nem sempre se observa uma redução dos insetos-praga, uma vez que estes podem ser favorecidos pelos recursos disponibilizados na diversificação do agroecossistema, podendo promover o aumento da sua abundância (Swirski et al., 1980; Prokopy et al., 1996; Tschardt et al., 2016; Baggen et al., 1999; Wackers et al., 2007). Algumas das formas prováveis pelas quais a diversificação pode dificultar o controle biológico incluem, a redução da taxa de encontro entre inimigos naturais e insetos-praga, desvio de ataques de predadores, e abrigo para insetos-praga (Cerdeira et al., 2015; Gontijo et al., 2018, Gontijo, 2018). A disponibilidade de néctar e pólen pode atrair presas alternativas que podem também desviar a ‘atenção’ dos parasitoides e principalmente dos predadores generalistas, o que pode prejudicar a eficiência do controle biológico (Harmon e Andow, 2004; Wäckers et al., 2007).

Uma das modificações do agroecossistema é a inserção de plantas floríferas para atração e manutenção de inimigos naturais. Todavia, nem todas as flores são igualmente apropriadas como fonte alternativa de alimento para inimigos naturais e insetos-praga (Gontijo, 2018). Dependendo da morfologia, cor e o conteúdo nutricional, as flores podem atrair diferentes espécies de insetos (Wäckers et al., 2007). Portanto, é de grande importância conhecer tais fatores com o intuito de selecionar os recursos florais que irão realmente beneficiar os inimigos naturais, sem beneficiar os insetos-praga (Baggen et al., 1999).

As flores de alisso *Lobularia maritima* (L.) tem se mostrado muito atrativas para predadores e parasitoides em diversos agroecossistemas (Hogg et al., 2011, Gontijo et al., 2013, Ribeiro e Gontijo, 2017). Em geral, alisso possui flores pequenas de cor branca e com corola de profundidade rasa, o que facilita o acesso de predadores e parasitoides ao pólen e néctar (Fiedler e Landis, 2007). Pouco se sabe sobre a influência que as flores exercem no tempo de colonização da cultura por insetos-praga, tornando importante avaliar a influência da espécie florífera sobre o tempo de colonização das plantas cultivadas por insetos-praga.

A couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), é atacada por diversos insetos-praga, cujo manejo depende muito do controle biológico, uma vez que há poucos inseticidas registrados para a cultura (Oelofse et al., 2010). A curuquerê-da-couve *Ascia monuste orseis* (Latreille, 1819), é uma das principais pragas de cultura da couve, o seu dano é caracterizado pela desfolha da planta (Bittencourt e Zucoloto, 2005; Filgueira, 2008). Outra praga-chave para da couve é o pulgão *Brevicoryne brassicae* (L.) que causa danos diretos pela sucção de seiva e indiretos pela excreção de ‘honeydew’ (Ellis et al., 1994). Espera-se que o consórcio da couve junto a

plantas floríferas possa promover o controle biológico de pulgões através da atração de inimigos naturais como parasitoides, sirfídeos, e coccinelídeos. E que esse consórcio entre couve e alisso não promova o aumento da população da curuquerê incidindo sobre cultura da couve.

O presente trabalho testou a hipótese de que o plantio mais cedo do alisso (antes da cultura principal) permitirá um aumento mais rápido da abundância de inimigos naturais, que conseqüentemente garantirá um controle biológico também mais rápido e eficiente. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi investigar se disponibilizando os recursos florais (alimento alternativo e abrigo) antes do plantio da cultura principal, poderia favorecer o controle biológico dos pulgões e curuquerê.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O presente estudo foi realizado em campo na Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal*, entre os meses de agosto a dezembro de 2019, coordenadas 19° 52' 31.4" S 44° 25' 19.2" W. Esta área está localizada na região do Cerrado e é cercada por vegetação baixa e esparsa. Além disso, a 10 m no sentido norte do experimento uma plantação de soja foi estabelecida (1 ha). No entorno desta área também possui manchas de floresta (mistura de eucaliptos e espécies nativas) 300 m no oeste e 400 m na direção norte. A primavera nesta região (setembro a dezembro) é caracterizada por altas temperaturas medianas (média de 16 a 28 °C).

O experimento constituiu-se de três tratamentos com seis repetições cada, e foi usado um delineamento inteiramente ao acaso. Os tratamentos foram: (i) alisso transplantado antes do transplantio das mudas de couve (alisso cedo), (ii) alisso transplantado concomitantemente com as mudas de couve (alisso normal) e (iii) couve solteira. Todas as mudas de couve foram transplantadas com uma altura média de 7 cm, na mesma data (5 de outubro) variando apenas a data de plantio do alisso (alisso cedo = 15 de agosto, e alisso normal = 5 de outubro). Cada repetição foi representada por um canteiro com 4 linhas contendo 8 plantas de couve cada (espaçamento 0,70 × 0,4 m), totalizando 32 plantas de couve por canteiro. As plantas de alisso foram transplantadas com aproximadamente 10 cm de altura, em uma faixa central (largura de 1 m), contendo quatro fileiras (15 plantas de alisso or fileira) espaçadas entre si por 0,25 m, com um espaçamento entre plantas de 0,20 m, totalizando 60 plantas de alisso por repetição.

Sendo o espaçamento entre os canteiros de 13 m x 13 m de distância entre si. Todas as avaliações descritas abaixo foram realizadas semanalmente durante 9-10 semanas.

Contamos o número de inimigos e herbívoros/pragas usando cinco métodos: (a) para avaliar a contribuição dos inimigos naturais e herbívoros diurnos e noturnos que vivem na superfície do solo foram usadas armadilhas do tipo pitfall (6 cm de altura x 9 cm de diâmetro superior) onde foram mantidas por 12 horas durante o dia (6:00 as 18:00 horas) e 12 horas durante a noite (18:00 as 6:00 horas). Para tanto, uma armadilha pitfall contendo aproximadamente 150 ml de álcool (70%) foi colocada em cada repetição. (b) para os inimigos naturais e herbívoros alados, foi usado uma armadilha de plástico pintadas de amarelo (9,4 cm de altura x 15 cm de diâmetro) por repetição. As armadilhas amarelas ficavam presas a uma haste de bambu a aproximadamente 50 cm do solo. Em cada armadilha continha aproximadamente 300 ml de água e 3 ml de detergente neutro (para romper a tensão superficial da água), e essas armadilhas permaneciam em cada repetição por 24 horas. Posteriormente todos os insetos coletados nas armadilhas pitfall e amarela foram triados em laboratório com microscópio estereoscópico Olympus®. As formigas e os parasitoides foram diferenciados em morfoespécies com base em suas características morfológicas. Os demais artrópodes coletados foram diferenciados em grupos de herbívoros e inimigos naturais (níveis de família e gênero). (c) contagem direta de inimigos naturais na couve: A contagem de inimigos naturais foi realizada em duas plantas de couve da linha central do canteiro. Em cada repetição as plantas foram vistoriadas com cuidado e foram inspecionados visualmente os inimigos naturais (predadores e parasitoides adultos) em toda a planta. (d) Contagem direta no solo: examinamos visualmente uma área (20 cm x 20 cm) no meio de cada repetição onde inspecionávamos os inimigos naturais e insetos herbívoros, ocorrendo no chão descoberto e / ou em plantas de alisso. (e) a contagem do número de pulgões foi realizada de maneira visual em duas plantas de couve localizadas nas linhas centrais de cada repetição. Nessas plantas foram contados todos os pulgões presentes nas plantas de couve. Essa avaliação foi feita a fim de averiguar a colonização das plantas de couve por pulgões. Já a contagem do número de múmias foi realizada toda semana de maneira visual em duas plantas de couve localizadas nas linhas centrais de cada repetição. Nessas plantas foram contados o número de múmias intactas e emergidas presentes em todas as folhas das plantas. Essas duas plantas de couve eram marcadas, para a recontagem na semana seguinte. Essa avaliação foi feita com o intuito de se conhecer a taxa de parasitismo, e também a taxa de predação das múmias, caracterizada como predação intraguilda.

Contamos a presença de curuquerê, na couve e no alisso: (a) contagem direta de lagartas e ovos de curuquerê na couve: Ovos e lagartas de curuquerê foram contados em todas as folhas de quatro plantas de couve e quatro plantas de alisso nas linhas centrais do canteiro. Além disso, a presença de desfolha também foi avaliada em quatro plantas de couve das linhas centrais. Foi realizada a contagem da quantidade de flores abertas e a altura de duas plantas de alisso por repetição, essa avaliação foi feita 3 vezes durante o experimento com o intuito de acompanhar o desenvolvimento do alisso.

No final da décima semana foi feita a análise da área foliar das plantas de couve usando o medidor de área foliar modelo LI 3000 C. Para tanto, foram escolhidas aleatoriamente duas plantas de couve nas linhas centrais de cada canteiro. Foram utilizadas para essa avaliação todas as folhas das plantas de couve exceto as folhas em senescência. Durante a medição foi preciso recortar as folhas em aproximadamente 5 cm de largura e retirar os pecíolos das folhas para que fosse possível ser feita a leitura da área foliar (em cm<sup>2</sup>) pelo equipamento. Essa avaliação foi feita buscando saber se o plantio consorciado do alisso com a couve interferiria na produtividade da couve.

## 2.1 Análises estatísticas

Análises de Anova do tipo medidas repetidas usando modelos mistos (pacote R utilizado lme) foram utilizadas para testar o efeito dos tratamentos sobre as seguintes variáveis resposta: números de pulgões por planta de couve, herbívoros/canteiro, total de predadores/canteiro, predadores diurnos (pitfall), predadores noturnos (pitfall), parasitoides/armadilhas amarelas, e parasitismo de pulgões por planta de couve (%). Também foi realizado o cálculo do cumulativo de insetos-dia para cada repetição considerando separadamente abundâncias de pulgões, predadores, herbívoros, e múmias de pulgões. Esses cálculos do cumulativo de insetos-dia foram realizados segundo a fórmula abaixo:

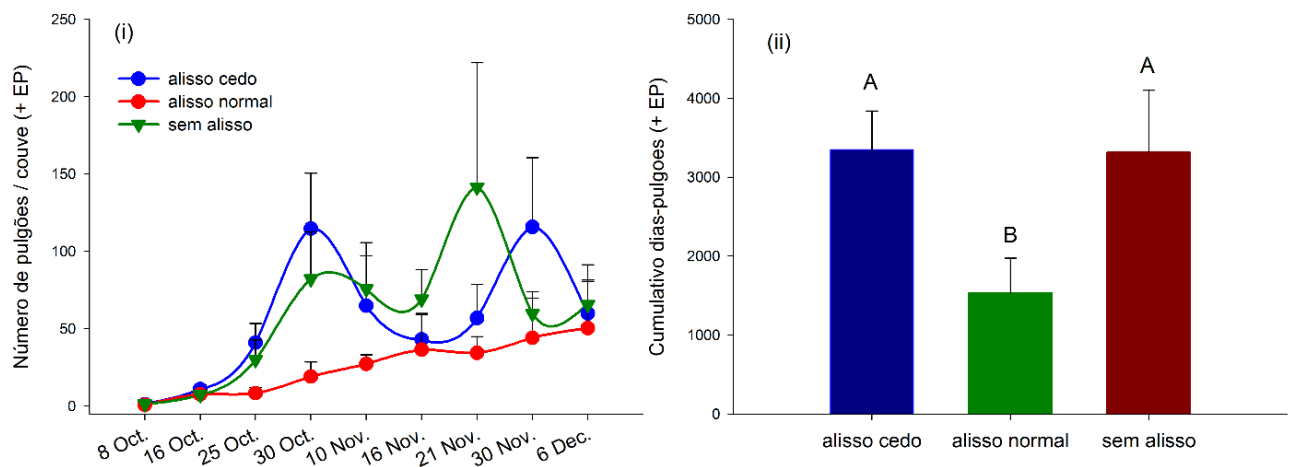
$$\sum = (D_{i+1} - D_i) \left[ \frac{(Y_i + Y_{i+1})}{2} \right]$$

Onde  $D_i$  e  $D_{i+1}$  são as datas de observação adjacentes (dias) e  $Y_i$  e  $Y_{i+1}$  são as contagens de pragas nesses dias (Ruppel, 1983). Em seguida, análises de variância do tipo GLM (Generalized Linear Model) foram conduzidas para testar o efeito dos tratamentos sobre os números cumulativos de insetos-dia.

As análises de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis) foram utilizadas para avaliar o efeito dos tratamentos sobre as variáveis número de lagartas de curuquerê nas plantas de couve, ovos de curuquerê na couve, cumulativo de múmias, e área foliar da couve. Por fim, um test t foi realizado para comparar número de ovos de curuquerê no alisso e couve. Todas as análises estatísticas foram conduzidas no programa R (Development Core Team 2018).

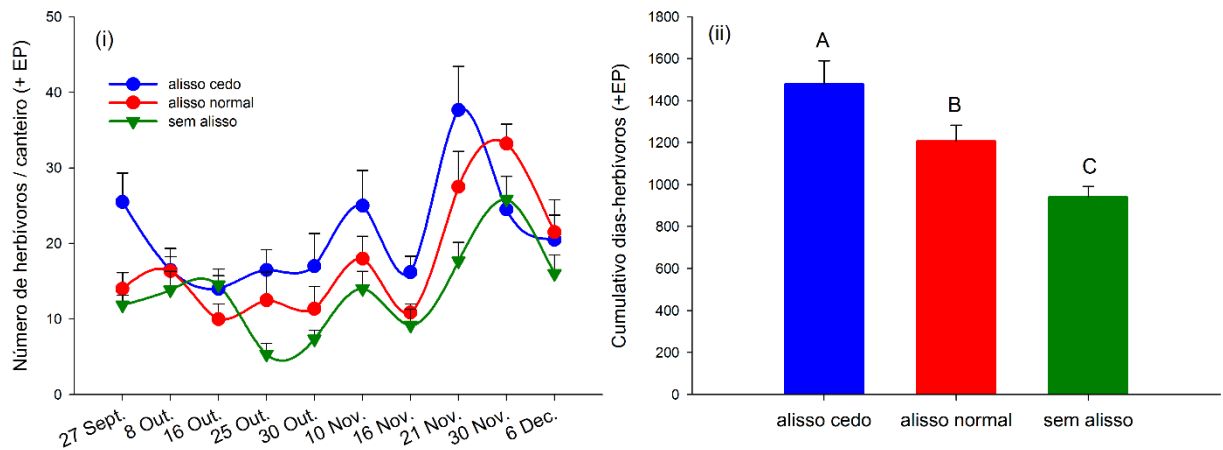
### 3. RESULTADOS

As variáveis tratamento e tempo tiveram efeito significativo sobre a abundância de pulgões por planta de couve (Fig. 1i) e (Tab.1). Todavia, o efeito de interação entre essas variáveis não foi significativo (tabela 1). Nesta análise foi observado uma menor abundância de pulgões no tratamento alisso normal (Fig. 1ii).



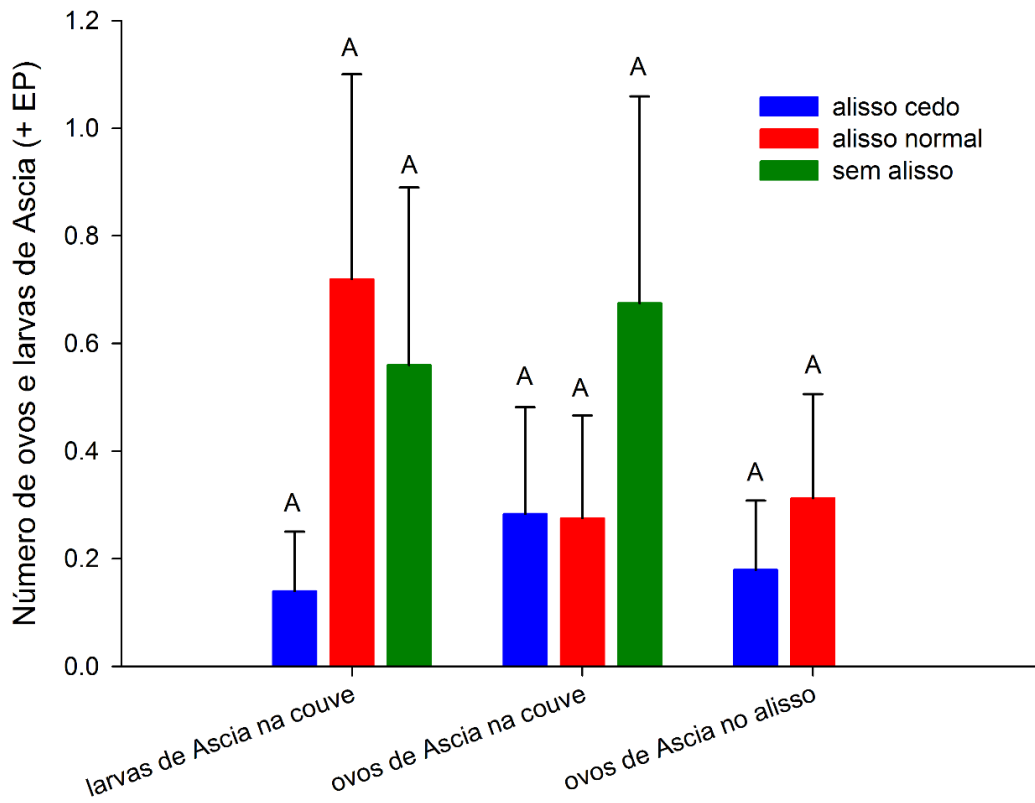
**Figura 1.** (i) Número médio de pulgões por planta de couve + Erro Padão (+EP) por semana. (ii) 'Número cumulativo de pulgões-dias' por tratamento (+EP). Letras diferentes indicam diferença entre os tratamentos.

As variáveis tratamento e tempo tiveram efeito significativo sobre a abundância de herbívoros (presas alternativas) (Fig. 2i) e (Tab.1). Todavia, o efeito de interação entre essas variáveis não foi significativo (tabela 1). Nesta análise foi observado um maior ‘número cumulativo de herbívoros-dias’ no tratamento alisso cedo (Fig. 2ii).



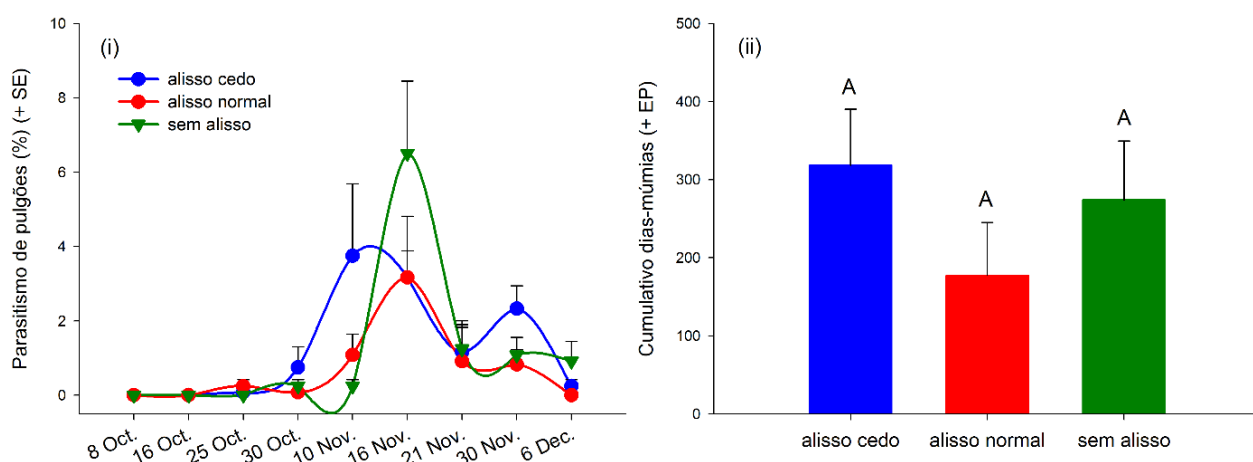
**Figura 2.** (i) Número médio de herbívoros por planta de couve (+EP) por semana. (ii) ‘Número cumulativo de herbívoros-dias’ por tratamento (+EP). Os valores de herbívoros representam os insetos contados através da contagem direta no solo em área de 20 x 20 cm, pitall diurno, pitall noturno e armadilha amarela. Letras diferentes indicam diferença entre os tratamentos.

Os tratamentos não afetaram a quantidade de ovos de curuquerê na couve ou alisso bem como a quantidade de lagartas na couve (Fig.3) e (Tab.2).



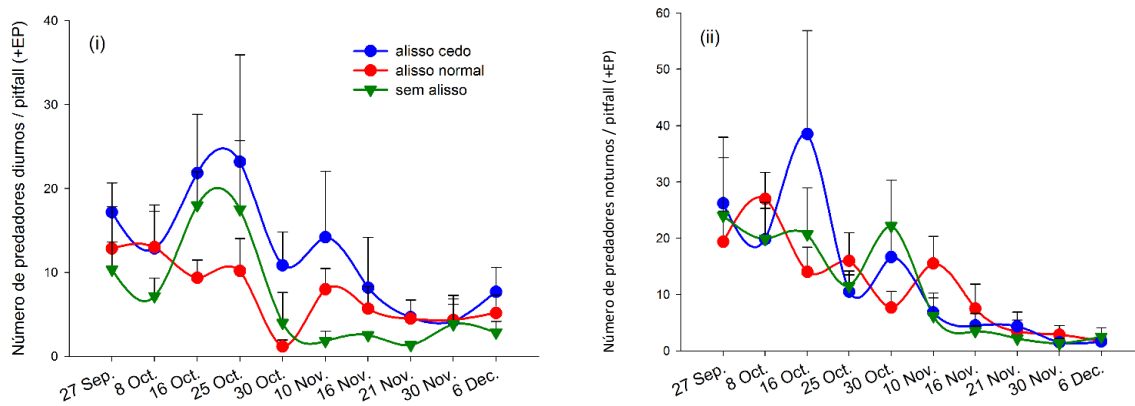
**Figura 3.** Número de ovos e larvas de curuquerê na couve (+ EP), e número de ovos de curuquerê no alisso (+ EP).

A variável tempo teve efeito significativo sobre a porcentagem de parasitismo de pulgões (Tab.1). Entretanto não houve efeito da variável tratamento sobre a porcentagem de parasitismo de pulgões (Fig. 4i). Todavia, o efeito de interação entre essas variáveis não foi significativo (tabela 1). Nesta análise foi observado que não houve diferença no ‘número cumulativo de múmias-dias’ entre os tratamentos (Fig. 4ii).



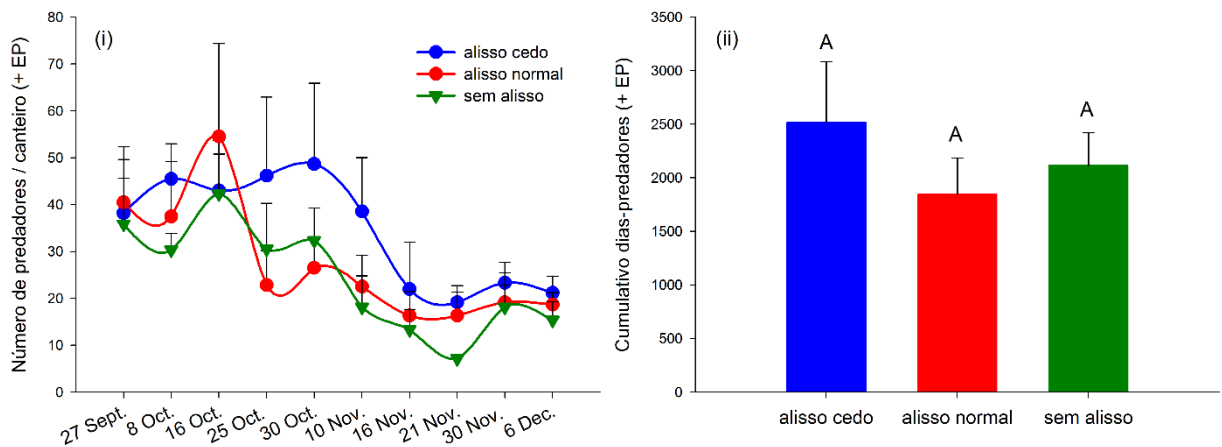
**Figura 4.** (i) Parasitismo médio de pulgões em porcentagem por semana (+ EP) . (ii) ‘Número cumulativo de múmias-dias’ (+ EP) para os três tratamentos . Barras acompanhadas das mesmas letras não diferem estatisticamente entre si.

Não houve efeito significativo dos tratamentos, ou da sua interação com o tempo, sobre a abundância de predadores diurnos e noturnos ao longo do tempo (Fig. 5i) (Fig. 5ii) e (Tab.1). Todavia, a variável tempo teve uma influência significativa sobre o número médio de predadores coletados através das armadilhas pitfalls de exposição diurna (Tab.1).



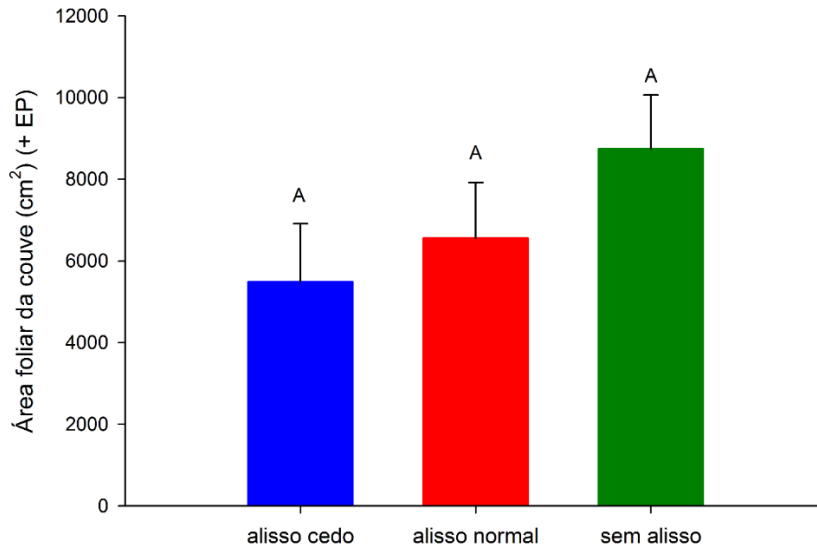
**Figura 5.** (i) Número de predadores coletados através de armadilhas do tipo pitfall de exposição diurna (EP) por semana . (ii) Número de predadores coletados através de armadilhas do tipo pitfall de exposição noturna (+ EP) por semana .

A variável tempo teve efeito significativo sobre o número de predadores por canteiro (Tab.2). Entretanto não houve efeito da variável tratamento sobre o número de predadores por canteiro (Fig. 6i). Todavia, o efeito de interação entre essas variáveis não foi significativo (tabela 1). Nesta análise foi observado que houve uma tendência para um maior número de predadores no tratamento alisso cedo (Fig. 6ii) e (Tab.2).

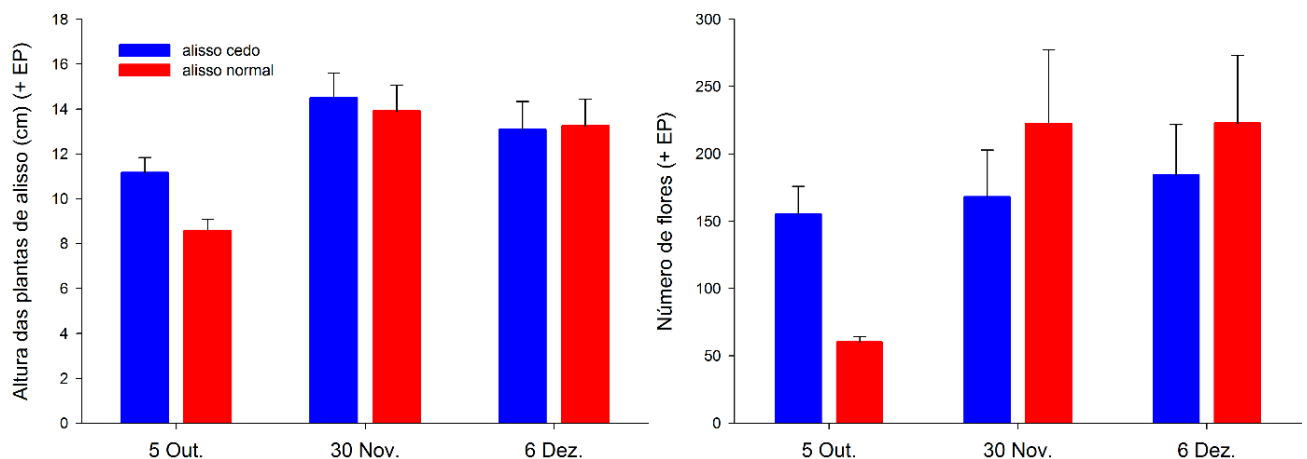


**Figura 6.** (i) Número de predadores por canteiro (+EP) e por semana . (ii) 'Número cumulativo de predadores-dias' (+EP) para os três tratamentos. Os valores de predadores representam o número total de insetos contados em duas plantas de couve, contagem no solo em área de 20x20 cm, pitfall diurno, pitfall noturno e armadilha amarela.

Não houve efeito significativo do tratamento sobre a área foliar das plantas de couve (Fig. 7) e (Tab.2) (Fig. 8).



**Figura 7.** Média da área foliar da couve em cm<sup>2</sup> mais (EP), para os três tratamentos. Médias não diferiram entre os tratamentos a nível de 5% de significância no teste de Kruskal Waliss.



**Figura 8.** Altura média das plantas de alisso em centímetros mais (EP) em três datas, para os dois tratamentos contendo alisso. Média de flores por plantas de alisso em três datas mais (EP), para os dois tratamentos contendo alisso.

**Tabela 1.** Resultados das ANOVA medidas repetidas. Fatores (tratamento, tempo e interação de tratamento e tempo que apresentaram diferença estatística a 5% de significância são indicadas com (\*).

<b>Respostas</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
<b>Número de pulgões/couve</b>		
Tratamento	3,7609	0,0474*
Tempo	29,1382	< 0,0001*
Tratamento* Tempo	0,3459	0,7081
<b>Parasitismo de pulgões (%)</b>		
Tratamento	1,9792	0,1417
Tempo	21,1001	< 0,0001*
Tratamento* Tempo	12,841	0,2799
<b>Número de herbívoros/ canteiro</b>		
Tratamento	12,1739	0,0007*
Tempo	24,3115	<0.0001
Tratamento* Tempo	1,2719	0,2839
<b>Número de predadores/canteiro</b>		
Tratamento	1,3283	0,2944
Tempo	26,1728	<0.0001*
Tratamento* Tempo	0,1821	0,8337
<b>Número de predadores diurnos/pitfall</b>		
Tratamento	2,0221	0,1669
Tempo	26,3822	< 0,0001*
Tratamento* Tempo	0,3645	0,6951
<b>Número de predadores noturnos/pitfall</b>		
Tratamento	0,0523	0,9492
Tempo	100,54	< 0,0001*
Tratamento* Tempo	0,2940	0,7456
<b>Número de parasitoides/ armadilhas amarelas</b>		
Tratamento	1,5746	0,1417
Tempo	21,0537	< 0,0001*
Tratamento* Tempo	0,1762	0,2799

**Tabela 2.** Resultados das análises de Kruskal Wallis, Teste t de Student e análises de GLM (Generalized Linear Model). Variáveis que apresentaram diferença estatística a 5% de significância são indicadas com (\*).

<b>Respostas (Kruskal Waliss)</b>		
	<b><math>\chi^2</math></b>	<b>P-valor</b>
Número de larvas de curuquerê sobre as plantas de couve	0,86644	0,6484
Número de ovos de curuquerê sobre as plantas de couve	0,44024	0,8024
Área foliar da couve	2,0468	0,3594
Cumulativo dias-múmias	2,9301	0,2311
Cumulativo dias-predadores	2,6493	0,2659
Cumulativo dias-herbívoros	724,78	<0,0001*
<b>Respostas (análises de GLM)</b>		
	<b>z</b>	<b>P-valor</b>
Cumulativo dias-pulgões	-5,2420	<0.0001*
<b>Respostas (Teste t de Student)</b>		
	<b>t</b>	<b>P-valor</b>
Número de ovos de curuquerê sobre as plantas de alisso	-0,57453	0,5682

#### 4. DISCUSSÃO

O plantio do alisso consorciado, ou próximo ao cultivo de couve contribui para a supressão de insetos-praga por promover o aumento do número e diversidade de predadores e parasitoides (Gontijo et al., 2013; Ribeiro e Gontijo 2013; Brenann, 2013). O alisso propicia um aumento na abundância de predadores generalistas e também favorece a sobrevivência e a fecundidade de parasitoides (Hogg et al., 2011; Chaney 1998). Pouco é compreendido sobre como a disponibilização de recursos florais do alisso (alimento alternativo e abrigo) antes do plantio da cultura da couve, pode favorecer o controle biológico do pulgão. Nossos resultados demonstram que o momento em que o recurso floral é inserido no sistema de cultivo da couve afeta as populações de insetos-praga e de seus inimigos naturais.

O número de pulgões no tratamento ‘alisso normal’ diferiu significativamente quando comparado com os tratamentos ‘alisso cedo’ e ‘controle’. Alguns trabalhos apesar de não terem testado o tempo de plantio do alisso, observaram que o consórcio do alisso com a cultura principal teve resultados positivos quando comparados com a cultura principal solteira, como relatado em Gontijo et al. (2013) que observaram que o plantio do alisso junto a macieiras

favorece o controle biológico de pulgões e de Brennan (2013) que relata que o consórcio entre alface e alisso é eficiente no controle biológico de pulgões. Resultado semelhante foi observado por Ribeiro e Gontijo (2017). Nosso trabalho demonstra que alterações temporais do plantio da planta florífera pode acarretar mudanças na eficiência do controle biológico, como visto no tratamento ‘alisco cedo’ que não diferiu da couve solteira. Essa diferença entre o ‘alisco cedo’ e o ‘alisco normal’ muito provavelmente ocorreu devido ao tempo de plantio do alisco. O alisco cedo atraiu herbívoros, e esses serviram como alimento alternativo para os inimigos naturais dificultando o encontro com a planta hospedeira, fazendo com que não houvesse diferença com o tratamento couve solteira. Como visto em alguns estudos que o aumento da diversidade pode fornecer presas alternativas que podem dificultar que o predador encontre a planta infestada (Koss e Snyder, 2004; Symondson et al., 2006).

O número de herbívoros diferiu significativamente entre os tratamentos. Um maior número de herbívoros foi observado nos tratamentos ‘alisco cedo’ seguido pelo ‘alisco normal’ evidenciando o impacto da presença de flores também sobre este grupo de insetos. Sabe-se que diversos herbívoros frequentam as flores (Inouye, 1980; Antonini et al., 2005; Polatto et al., 2008). O maior número de herbívoros em ambientes com maior disponibilidade de recursos florais está correlacionado com a presença de pólen e/ou néctar que são usados na alimentação destes insetos. Um outro fator que pode explicar o maior número de herbívoros nos tratamentos com flor é a florivoria (ingestão de órgãos reprodutivos ou tecidos florais pelo inseto) (McCall e Irwin, 2006; McCall, 2008). No tratamento ‘alisco cedo’ foi observado um maior número de herbívoro desde do começo do projeto. A oferta dos recursos florais antes da cultura principal favoreceu a colonização dos insetos herbívoros. Esse maior número de herbívoros no tratamento ‘alisco cedo’ pode ter atrapalhado o controle do pulgão nesse tratamento. Uma vez que o encontro entre os inimigos naturais que visitam as flores com os herbívoros que estavam sobre as flores, pode levar a uma diminuição da quantidade de aproximações, pousos, e tempo de visita nestas flores (McCall e Irwin, 2006; Cardel e Koptur, 2010). Essa diminuição dos visitantes florais se deve a correlação feita entre a presença do herbívoro com a má qualidade dos recursos florais, com a competição por estes recursos e com o maior ameaça de predação (Dukas e Morse, 2003). O mesmo efeito também ocorre quando os próprios predadores desses visitantes florais estão sobre as flores, como elucidado na literatura para aranhas da família Thomisidae que são conhecidas por seus hábitos de caçar sobre as flores, camuflando-se nelas em alguns casos (Morse e Fritz, 1982; Romero e Vasconcellos-Neto, 2004; Romero et al., 2008). Como em observações recorrentes feitas neste trabalho onde aranhas da família

Thomisidae estavam predando sirfídeo, sobre as flores de alisso (Apêndice 1) e (Apêndice 2) e também foi observado herbívoros sobre as plantas de alisso (Apêndice 3).

A disponibilidade de recursos florais influencia a abundância e riqueza de espécies de lepidópteros que são atraídas com o objetivo de se alimentar do néctar floral. (Pywell et al., 2004; Kitahara et al., 2008; Curtis et al., 2015). Embora as borboletas apresentem certo nível de generalismo com relação à fonte de néctar para sua alimentação, algumas espécies podem apresentar maior especialização na seleção de néctar floral (Stefanescu e Traveset, 2009; Dennis, 2010). Estudos relatam que cultivos de couve associados a alisso podem promover maior atração de lepidópteros como *Evergestis rimosalis* (Shrestha et al., 2019) e *Plutella xylostella* L. (Badenes, 2018). Em nossa pesquisa, não observamos maior oviposição da curuquerê em plantas de couve associadas a alisso, indicando que a presença do alisso não ocasionou maior atração desta praga. Observamos que a borboleta da curuquerê oviposita em plantas de alisso, mas não verificamos se o desenvolvimento da curuquerê (se alimentando exclusivamente de alisso) pode ser completado, ou se assim como ocorre com *Plutella xylostella* as larvas que se desenvolvem no alisso tem baixa sobrevivência (de Groot et al., 2005; Badenes, 2018).

Os parasitoides e o número de pulgões parasitados não diferiram significativamente entres os tratamentos. Esse baixo número de parasitoides adultos e pulgões parasitados em ambos tratamentos pode ser devido a curta distância entre as repetições (13 m), distância essa que permitiria que o parasitoide visitasse igualmente todos os tratamentos. Esse resultado vai de acordo com Ribeiro e Gontijo (2017) que não encontraram diferença entre os parasitoides e número de pulgões parasitados em um consórcio de couve mais alisso. Similarmente, a presença do alisso junta a um vinhedo também não resultou em aumento significativo do parasitismo do *Epiphyas postvittana* (Walker) (Lepidoptera: Tortricidae) por *Dolichogenidea* spp. (Bell et al., 2006).

A abundância de predadores não diferiu significativamente entres os tratamentos. Esse resultado pode ser explicado pela resposta numérica dos predadores. A resposta numérica (atração e recrutamento dos predadores e/ou parasitoides pela população da praga) é influenciada pela densidade populacional de presas (Torres et al., 2004). Em nosso trabalho o número de predadores não diferiu entre os tratamento, provavelmente porque o número de presas (pulgões e/ou presas alternativas) estava em baixas densidades em todos os tratamentos.

A área foliar da couve não diferiu significativamente entre os tratamentos. O que indica que o maior número de herbívoros associados aos tratamentos onde o alisso estava presente não eram pragas da couve. O espaçamento usado no consórcio entre couve e alisso não interferiu na produção da couve. Resultados semelhantes foram observados no consórcio entre o brócolis e o alisso, onde não houve prejuízo na produção do brócolis (Brenann, 2016). A utilização de alisso em consórcio não reduziu a produtividade da couve neste experimento, sendo um aspecto favorável a utilização desta planta companheira em programas de controle biológico conservativo.

Em nosso estudo foi possível observar que disponibilizar recursos florais (pólen e néctar), antes da implementação da cultura principal não resultou em um aumento do controle biológico. Entretanto, o transplântio simultâneo do recurso floral e da cultura principal é sim benéfico para controle biológico de pulgões. No entanto, mais estudos precisam ser conduzidos a fim de elucidar como se dá a colonização inicial das plantas floríferas, se esta é feita por insetos herbívoros ou se é feita por predadores, e se esses predadores na falta da presa se dispersaram.

## **5. CONCLUSÃO**

O nosso estudo fornece evidências de que antecipar o recurso floral não favorece o controle biológico, mostrando que a interação entre planta, recurso floral, inimigos naturais e herbívoros é complexa e difícil de se prever. Assim a utilização do recurso floral deve ser planejada não apenas considerando-se a quantidade e disposição do recurso, mas também deve-se considerar o momento de sua inserção na paisagem agrícola.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M.A. **Biodiversity and pest management in agroecosystems.** Food Products Press. New York. 185p. 1994.

ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas.** Ribeirão Preto: Holos, 226p. 2003.

ANTONINI, Y. S.; HENRIQUE, G.; JACOBI, C. M.; MURY, F. B. **Diversidade e comportamento dos insetos visitantes florais de *Stachytarpheta glabra* Cham. (Verbenaceae), em uma área de campo ferruginoso, Ouro Preto, MG.** Neotropical Entomology, 34(4), 555-564. 2005. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000400004>

BAGGEN, L. R.; GURR, G.M.; MEATS, A. **Flowers in tri-trophic systems: Mechanisms allowing selective exploitation by insect natural enemies for conservation biological control.** Entomology Experimentalis et Applicata, 91: 155-161. 1999.

BARBOSA, P. **Conservation biological control.** Academic Press, San Diego, 396p. 1998.

BADENES-PÉREZ, F. R. **Trap Crops and Insectary Plants in the Order Brassicales.** Annals of the Entomological Society of America. 2018. doi:10.1093/aesa/say043

BELL, V. A.; R. J. Brightwell, P. J. Lester. **Increasing vineyard floral resources may not enhance localised biological control of the leafroller *Epiphyas postvittana* (Lepidoptera: Tortricidae) by *Dolichogenidea* spp. (Hymenoptera: Braconidae) parasitoids.** Biocontrol Science and Technology 16: 1031–1042. 2006.

BITTENCOUR, R. R. de S.; ZUCOLOTO, F. S. **Effect of host age on the oviposition and performance of *Ascia monuste* Godart (Lepidoptera: Pieridae).** Neotropical Entomology, v. 34, n. 2, p. 169 -175, 2005.

BRENNAN, E. B. **Agronomic aspects of strip intercropping lettuce with alyssum for biological control of aphids.** Biological Control. 65, 302-311. 2013.

BRENNAN, E. **Agronomy of strip intercropping broccoli with alyssum for biological control of aphids.** Biological Control. 97: 109-119.2016.

CARDEL, Y. J.; KOPTUR, S. **Effects of florivory on the pollination of flowers: an experimental field study with a perennial plant.** International Journal of Plant Sciences 171, 283–292. 2010.

CERDA, Y.; GREZ, A. A.; SIMONETTI, J.A. **The role of understory in the abundance, movement and survival of *Ceroglossus chilensis* in pine plantations: experimental test.** Insect Conservation .19, 119-127. 2015.

CHANEY, W. E. **Biological control of aphids in lettuce using in-field insectaries.** In: Pickett, C. H., R. L. Bugg, (Ed.). Enhancing biological control, habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. University of California Press, Berkeley, CA, p. 73-85. 1998.

COSTAMAGNA, A. C.; LANDIS D. A. **Quantifying predation on soybean aphid through direct field observations.** Biological Control, 42, 16–24. 2007.

CURTIS, R. J.; BRERETON, T. M.; DENNIS, R. L. H.; C.; CARBONE, N. J. B.; DIAMOND, S. **Butterfly abundance is determined by food availability and is mediated by species traits.** Applied Ecology 62:1676–1684. 2015.

DENNIS, R. L. H. *A resource-based habitat view for conservation: butterflies in the British landscape.* First edition. John Wiley e Sons, West Sussex, UK. 2010.

DUKAS, R.; MORSE, D. H. **Crab spiders affect flower visitation by bees.** Oikos 101, 157–163. 2003.

ELLIS, P. R.; SINGH, D. A. C.; PINK, J. R.; LYNN, P. L. SAW. **Resistance to *Brevicoryne brassicae* in horticultural brassicas.** Euphytica. 88: 85- 96. Giurfa, M., Núñez, J.; Backhaus, W. Odour and colour information in the foraging choice behaviour of the honeybee. Comparative Physiology A, 175, 773–779.1994.

FIEDLER, A. K.; D. A. LANDIS. **Plant characteristics associated with natural enemy abundance at Michigan native plants.** Environmental Entomology. 36(4): 878-886. 2007.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 3. ed. Viçosa: UFV. 421 p. 2008.

GOLS, R.; BUKOVINSZKY, T.; HEMERIK, L.; HARVEY, J. A.; VAN LENTEREN, J. C.; VET, L. E. M. **Reduced foraging efficiency of a parasitoid under habitat complexity: implications for population stability and species coexistence.** Animal Ecology, 74,1059–1068. 2005.

GONTIJO, L. M. **Engineering of natural enemy shelters to improve biological conservation control in field crops**, Biological Control. 2018.

GONTIJO, L.M.; SALDANHA, A.V.; SOUZA, D.R.; VIANA, R.S. ; BORDIN, B.C. ; ANTONIO, A.C. **Intercropping hampers the nocturnal biological control of aphids**. Annals of applied biology, v. 172, p. 148-159, 2018.

GONTIJO, L. M.; BEERS, E.H.; SNYDER, W.E. **Complementary suppression of aphids by predators and parasitoids**. Biological Control 90, 83-91. 2015.

GONTIJO L. M.; BEERS, E. H. W.; SNYDER E. **Flowers promote aphid suppression in apple orchards**. Biological Control 66: 8-15. 2013.

GROOT, M.; WINKLER, K.; POTTING, R. P. J. **Testing the potential of white mustard (*Sinapis alba*) and sweet alyssum (*Lobularia maritima*) as trap crops for the diamondback moth *Plutella xylostella***. Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society. 16: 117–122. 2005.

GURR, G.M.; WRATTEN, S.D.; LUNA, J.M. **Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits**. Biological Applied Ecology, 4: 107-116. 2003.

HARMON, J.P.; ANDOW, D.A. **Indirect effects between shared prey: predictions for biological control**. BioControl. 49, 605-626. 2004.

HASSEL, M. P.; MAY, R. M. **Generalist and specialist natural enemies in insect predator-prey interactions**. Animal Ecology, 55, 923–940. 1986.

HOGG, B. N.; NELSON, E. H.; MILLS, N. J.; DAANE, K. M. **Floral resources enhance aphid**. 2011.

INOUE, D.W. **The terminology of floral larceny**. Ecology 61: 1251-1253. 1980. <https://doi.org/10.2307/1936841>

KITAHARA, M.; YUMOTO, M.; T. KOBAYASHI. **Relationship of butterfly diversity with nectar plant species richness in and around the Aokigahara primary woodland of Mount Fuji, central Japan**. Biodiversity and Conservation 17:2713–2734. 2008.

KOSS, A.M.; SNYDER, W.E. **Alternative prey disrupt biocontrol by a guild of generalist predators**. Biological Control, 32, 243–251. 2005.

LANDIS, D. A. et al. **Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture.** Annual Review of Entomology, Palo Alto, v. 45, p. 175-201, 2000.

MCCALL, A. C.; IRWIN, R. E. **Florivory: the intersection of pollination and herbivory.** Ecology Letters 9, 1351–1365. 2006.

MCCALL, A.C. **Florivory affects pollinator visitation and female fitness in *Nemophila menziesii*.** Oecologia, 155:729–737. 2008.

MICHALKO R.; PEKÁR S.; ENTLING M. H. **An updated perspective on spiders as generalist predators in biological control.** Oecologia, 189, 21–36. 2019.

MORGAN, W. H.; ELISA, THÉBAULT, COLLEEN, L.; SEYMOUR, F. J.; FRANK, VAN VEEN. **Density dependence and environmental factors affect population stability of an agricultural pest and its specialist parasitoid.** Biological Control, 62, 175–184. 2017.

MORSE, D. H.; FRITZ, R. S. **Experimental and observational studies of patch choice at different scales by the crab spider *Misumena Vatia*.** Ecology 63: 172–182. 1982.

OELOFSE, M.; HOGH-JENSENB, H.; ABREUC, L.S.; ALMEIDAD, G. F.; HUIE, Q. Y.; SULTANF, T.; NEERGAARDA, A. **Certified organic agriculture in China and Brazil: Market accessibility and outcomes following adoption.** Journal of Ecological Economics. 69, 1785- 1793 . 2010.

POLATTO, LEANDRO. P.; ALVES, J. R.; VALTER, V. **Utilização dos recursos florais pelos visitantes em *Sparattosperma leucanthum* (Vell.) K. Schum. (Bignoniaceae).** Neotropical Entomology, 37(4), 389-398. 2008. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2008000400006>

PROKOPY, R.J.; DUAN, J.J.; VARGAS, R.I. **Potential for host range expansion in *Ceratitis capitata* flies: impact of proximity of adult food to egg-laying sites.** Ecological Entomology. 21, 295-299. 1996.

PYWELL, R. F.; WARMAN, E. A.; SPARKS, T. H.; GREATORREX-DAVIES, J. N.; WALKER, K. J.; MEEK, W. R.; CARVELL, C.; PETIT, S.; FIRBANK L. G. **Assessing habitat quality for butterflies on intensively managed arable farmland.** Biological Conservation 118:313–325. 2004.

RIBEIRO, A. L.; GONTIJO, L. M. **Alyssum promote biological control of cabbage pests.** *BioControl* 62,185-196.2017. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9783-7>

ROMERO, G. Q., VASCONCELLOS-NETO, J. **Beneficial effects of flower-dwelling predators on their host plant.** *Ecology* 85, 446–457. 2004.

ROMERO, G. Q., SOUZA, J. C., VASCONCELLOS-NETO, J. **Anti-herbivore protection by mutualistic spiders and the role of glandular trichomes.** *Ecology* 89, 3105–3115. 2008.

ROOT, R.B. **Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*).** *Ecology Monographs*, 43: 95-114. 1973.

RUPPEL, R. F. **Cumulative insect-days as an index of crop protection.** *Economic Entomology*, V. 76, Ed. 2, p. 375–377. 1983. <https://doi.org/10.1093/jee/76.2.375>

SHEEHAN, W. **Response by specialist and generalist natural enemies to agroecosystem diversification: A selective review.** *Environmental Entomology*, 15, 456-461. 1986.

SHRESTHA, B.; FINKE, D. L.; PIÑERO, J. C. **The “Botanical Triad”: The Presence of Insectary Plants Enhances Natural Enemy Abundance on Trap Crop Plants in an Organic Cabbage Agro-Ecosystem.** *Insects*, 10(6), 181. 2019.

STEFANESCU, C.; TRAVESET, A. **Factors influencing the degree of generalization in flower use by Mediterranean butterflies.** *Oikos* 118:1109–1117. 2009.

SYMONDSON, W.O.C.; SUNDERLAND, K.D.; GRENNSTONE, M.K. **Can generalist predators be effective biocontrol agents.** *Annual Review of Entomology*.47, 561-594. 2002.

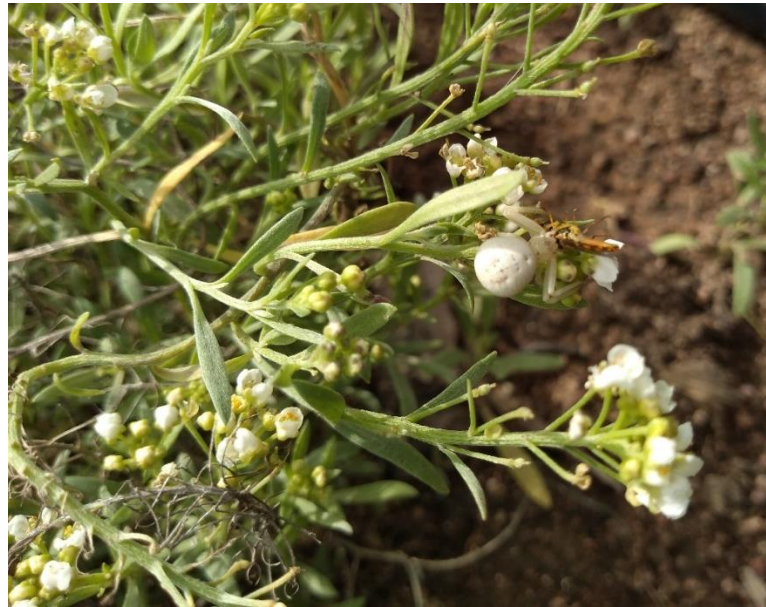
SYMONDSON, W.O.C.; SESARINI S., DODD, P.W.; HARPER, G.L.; BRUFORD, M.W.; GLEN D.M.; WILTSHIRE, C.W.; HARDWOOD J.D. **Biodiversity vs. biocontrol: positive and negative effects of alternative prey on control of slugs by carabid beetles.** *Bulletin of Entomological Research*, 96, 637–645. 2006.

SWIRSKI, E.; IZHAR, Y.; WYSOKI, M.; GUREVITZ, E.; GREENBERG, S. **Integrated control of the long-tailed mealybug, *Pseudococcus longispinus* (Hom., Pseudococcidae), in avocado plantations in Israel.** *Entomophaga* 25, 415-426. 1980.

**TORRES, J.B., SILVA TORRES, C.S.A.; RUBERSON, J.R. Effect of two prey types on life history characteristics and predation rate of *Geocoris floridanus* (Heteroptera: Geocoridae).** Environmental Entomology, v.33, p.964-974, 2004

**WACKERS, F.L.; ROMEIS.; VAN RIJN, P.C.J. Nectar and pollen feeding by insect herbivores and implications for multitrophic interactions.** Annual Review Entomology, 52: 301-32. 2007.

## 7. APÊNDICE



**Apêndice 1:** Aranha predando sirfídeo.



**Apêndice 2:** Aranha predando sirfídeo.



**Apêndice 3:** Herbívoro sobre a planta de alisso.