

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**IMPACTO DE INSETICIDAS APLICADOS EM SOJA
SOBRE ABELHAS MELÍFERAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Affonso Hermeto Jung

Santa Maria, RS, Brasil

2014

IMPACTO DE INSETICIDAS APLICADOS EM SOJA SOBRE ABELHAS MELÍFERAS

Affonso Hermeto Jung

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Engenharia Agroambiental, Linha de Pesquisa em Engenharia Ambiental de Agroecossistemas, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção de grau de
Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Jerson Vanderlei Carús Guedes

Santa Maria, RS, Brasil

2014

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Jung, Affonso Hermeto
Impacto de inseticidas aplicados em soja sobre
abelhas melíferas / Affonso Hermeto Jung.-2014.
63 p.; 30cm

Orientador: Jerson Vanderlei Carús Guedes
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2014

1. Polinização 2. Contaminação 3. Apis mellifera L. I.
Guedes, Jerson Vanderlei Carús II. Título.

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Affonso Hermeto Jung. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: affonsojung@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**IMPACTO DE INSETICIDAS APLICADOS EM SOJA SOBRE
ABELHAS MELÍFERAS**

Elaborada por
Affonso Hermeto Jung

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA :

Jerson Vanderlei Carús Guedes, Dr.
(Presidente/Orientador)

Alexandre Swarowsky, PhD. (UFSM)

Noeli Júlia Schüssler de Vasconcellos, Dr. (UNIFRA)

Santa Maria, 25 de Fevereiro de 2014.

OFEREÇO

*Ao meu amado pai, Hermeto Cristóvão Jung,
Que nos deixou o exemplo e a alegria de viver...
Sem ele, nem este trabalho, nem a vida seria possível.*

DEDICO

*Aos meus pais, **Maria Helena e Hermeto**,
meu irmão **Antenor** e minha namorada **Lucia**,
pelo apoio nas dificuldades e confiança
na realização deste objetivo.*

AGRADECIMENTO

À Deus por me proporcionar uma vida com saúde.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa.

Ao Professor Jerson Carús Guedes pela orientação, ensinamentos e companheirismo.

Aos membros do Comitê de Orientação, Alexandre Swarowsky e Noeli Júlia Schüssler de Vasconcellos pelas sugestões, críticas e contribuições na melhoria deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Defesa Fitossanitária Jorge França, Angelita Martins, Marizete Pozzobon, Fioravante Amaral, Fernando Gnocatto e Silon Junior Procath da Silva pelo seu apoio para com esse trabalho.

Ao apicultor Gerson Fensterseifer e sua equipe pelo empréstimo das colméias, ajuda na condução dos experimentos e ensinamentos na área apícola.

Ao Professor Aroni Sattler pela disposição em realizar as análises polínicas, além dos ensinamentos sobre o tema.

Aos funcionários do Haras Gramado de Lorena pela ajuda na instalação dos experimentos e disposição para trabalhar em prol do estudo.

Aos colegas de pós-graduação Elder Dal Prá, Valmir Aita, Janine Palma, Jonas Arnemann, Mauricio Bigolin, Rodrigo Tascheto Machado, Adriano Arrué, Glauber Stürmer, Clérison Perini.

Aos estagiários e bolsistas do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFSM, pelo auxílio na condução dos trabalhos, pelo coleguismo e amizade.

Agradecimento especial ao Maicon Machado, Jacson Zuhl, Mirian Barbieri, Lucas da Silva Stefanelo, Rodrigo Tascheto, Ricardo Rosso e Rogério Torres, pelo auxílio na condução dos trabalhos de campo.

Aos meus pais, Hermeto Cristóvão Jung e Maria Helena Jung e ao meu irmão Antenor Hermeto Jung, que sempre me apoiaram nessa caminhada, e deram força para seguir em frente.

À minha namorada Lucia Inchauspe Rosat, pelo amor, compreensão, força e acima de tudo a disposição em sempre me ajudar e não deixar que nada atrapalhasse esse objetivo. E aos seus pais, Jorge e Gladis Rosat, que também me apoiaram em busca desta meta.

E ainda a demais familiares e amigos que não foram lembrados, mas que direta ou indiretamente contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

Quero deixar os meus mais sinceros agradecimentos.

*“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas.
Isso é perfeitamente aceitável, eles são a abertura
para achar as que estão certas”.*

(Carl Sagan)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

IMPACTO DE INSETICIDAS APLICADOS EM SOJA SOBRE ABELHAS MELÍFERAS

AUTOR: AFFONSO HERMETO JUNG

ORIENTADOR: JERSON VANDERLEI CARÚS GUEDES

Data e local da defesa: Santa Maria, 25 de Fevereiro de 2014.

Este trabalho teve como objetivos investigar o horário de forrageamento e a distribuição espaço-temporal de *Apis mellifera*, bem como sua influência na produtividade da cultura, além de analisar a origem botânica e os resíduos de inseticidas no mel ao longo do período da floração. O estudo foi realizado em soja na safra 2012/13, em duas áreas no município de Hulha Negra-RS. Na primeira área, referente à lavoura comercial de 19,70 hectares, foram alocadas quatro colmeias modelo Langstrogh nas extremidades e divididas em 4 áreas/tratamentos, realizados em faixas, com os seguintes inseticidas: 1- Tiametoxam+Lambda-Cialotrina; 2- Imidacloprid+Beta-Ciflutrina; 3- Acefato e 4- Testemunha. Enquanto na segunda área, cada tratamento foi instalado em uma gaiola de 32 m², sendo quatro colmeias/núcleo, uma por gaiola. A instalação das colônias em ambas as áreas de estudo, ocorreu no período de pré-florescimento e a pulverização dos tratamentos 15 dias após. No estudo de forrageamento foi observado e amostrado o número de abelhas nas flores, em locais determinados, durante 5 minutos a cada hora, no período entre 7 e às 19 horas. Para a pesquisa de distribuição dos polinizadores foi demarcado o perímetro da área com auxílio de um GPS de navegação, com dimensões de grade de 50 x 50 m e 79 pontos amostrais, sendo a densidade populacional estimada por observações visuais. Os fatores de rendimento avaliados foram o peso de 100 grãos (g) e a produção (g/3m²), que foi convertida para kg/ha⁻¹. A coleta de mel foi realizada no final do florescimento e as amostras multiresíduos foram enviadas ao Laboratório de Análise de Resíduos de Pesticidas (LARP). Já para a detecção da origem botânica, as amostras de mel foram encaminhadas para o Laboratório de Apicultura da UFRGS. As abelhas campeiras forragearam nas flores de soja em busca de néctar e pólen, preferencialmente no período das 10 às 13 horas. Os mapas de densidade total demonstram a distribuição aleatória das abelhas devido à grande disponibilidade de recursos. A florada de soja ocorreu de forma predominante no forrageamento das abelhas campeiras. O tratamento com o inseticida Acefato contaminou o mel produzido, e os tratamentos de gaiolas fechadas com abelhas não influenciaram na produtividade da cultura.

Palavras-chave: Polinização. Contaminação. *Apis mellifera* L.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

IMPACT OF INSECTICIDES APPLIED IN SOYBEAN ON HONEYBEE

AUTHOR: AFFONSO HERMETO JUNG
SUPERVISOR: JERSON VANDERLEI CARÚS GUEDES
Place and Date of Defense: Santa Maria, February 25, 2014.

This study aimed to investigate the time foraging and spatial-temporal distribution of *Apis mellifera* as well as its influence on crop productivity, in addition to analyzing the botanical origin and insecticide residues in honey throughout the flowering period. The study was conducted on soybean crop in 2012/13, in two areas in Hulha Negra - RS. In the first area, referring to commercial farming of 19.70 acres, four model Langstrogh hives were placed at the ends and divided into 4 areas/treatments performed in bands, the following insecticides: 1- Lambda-cyhalothrin+ thiamethoxam; 2- Imidacloprid+Beta-cyfluthrin, 3- Acephate and 4 - Untreated. While in the second location, each treatment was installed in a cage of 32 m², four hives/core, one per cage. The installation of colonies in both study areas, occurred on the pre-flowering and spray treatments 15 days after. In the study of foraging were observed and sampled the number of bees in the flowers, in certain places, for 5 minutes every hour, between 7 and 19 hours. To research the distribution of pollinators was marked the perimeter of the area with the aid of a GPS navigation, with dimensions of 50 x 50 grid of me 79 sample points, with population density estimated by visual observations. The yield factors were assessed weight of 100 grains (g) and production (g/3m²), which was converted to kg/ha⁻¹. The honey gathering was held at the end of flowering and multiresidue samples were sent to the Laboratório de Análise de Resíduos de Pesticidas (LARP). As for the detection of biological origin in the honey samples were sent to the Laboratory of Apiculture, UFRGS. The foraging bees foraged in soybean flowers in search of nectar and pollen, preferably in the period from 10 to 13 hours. The maps show the total density of the random distribution of bees due to the wide availability of resources. The soybean bloom occurred predominantly foraging by foraging bees. Treatment with insecticide Acephate contaminated honey produced, and treatments of closed cages with bees no effect on crop productivity.

Key words: Pollination. Contamination. *Apis mellifera* L

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Escala fenológica da soja com setas indicando os momentos das avaliações e o spray indicando o momento da pulverização.....	20
Figura 2 –	Mapa da área com a grade regular e os pontos de amostragem, além da localização das colmeias.....	21
Figura 3 –	Número de abelhas melíferas (<i>Apis mellifera</i> L.) em flores de soja (<i>Glycine Max</i> (L) Merrill) ao longo do dia, nos períodos (a) início de florescimento, (b e c) florescimento pleno e (d) fim de florescimento, em Hulha Negra, RS, 2013.....	22
Figura 4 –	Distribuição espacial de abelhas <i>Apis mellifera</i> , nos períodos (a) início de florescimento, (b e c) florescimento pleno e (d) fim de florescimento, resultantes da krigagem ordinária, em Hulha Negra, RS, 2013	24
Figura 5 –	Semivariogramas unidirecionais ajustados para: (a) primeira avaliação; (b) segunda avaliação; (c) terceira avaliação; (d) quarta avaliação de abelhas <i>Apis mellifera</i> , Hulha Negra, RS, 2013	26
Figura 6 –	Lavoura comercial com alocação de colmeia (a) e as quatro gaiolas fechadas (b).....	39
Figura 7 –	Abelhas mortas no entorno da colmeia em área de soja sob gaiola telada no tratamento Acefato, Hulha Negra, RS, 2013	42
Figura 8 –	Lâminas de mel com espécie pólen dominante, soja (<i>Glycine Max</i>).....	44
Figura 9 –	Gaiola telada (4 m x 8m x 2m), em Hulha Negra, RS, 2013.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Pesticidas aplicados na soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill) durante a exposição das abelhas em soja, Hulha Negra-RS,2013.....	40
Tabela 2 –	Análise dos resíduos de pesticidas aplicados durante o período de floração da soja em Hulha Negra - RS, 2013	41
Tabela 3 –	Médias da produção de soja (kg/ha-1) sob efeito de tratamentos inseticidas e presença de <i>Apis mellifera</i> L.....	56
Tabela 4 –	Médias do peso médio de 100 grãos (g) sob efeito de tratamentos inseticidas e presença de <i>Apis mellifera</i> L.....	58

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	13
1 CAPÍTULO I - HORÁRIOS DE FORRAGEAMENTO E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE ABELHAS MELÍFERAS NA CULTURA DA SOJA	15
1.1 Introdução	17
1.2 Material e Métodos.....	19
1.3 Resultados e Discussão	22
1.4 Conclusões	27
1.5 Referências	28
2 CAPÍTULO II - ANÁLISE MULTIRESÍDUOS DE PESTICIDAS E ORIGEM BOTÂNICA DO MEL DE ABELHAS MELÍFERAS PRÓXIMO A CULTIVO DE SOJA	33
2.1 Introdução	35
2.2 Material e Métodos.....	38
2.3 Resultados e Discussão	41
2.4 Conclusões	44
2.5 Referências	45
3 CAPÍTULO III - EFEITO DA POLINIZAÇÃO DE ABELHAS MELÍFERAS NA PRODUTIVIDADE DA SOJA	50
3.1 Introdução	52
3.2 Material e Métodos.....	54
3.3 Resultados e Discussão	56
3.4 Conclusões	59
3.5 Referências	59

INTRODUÇÃO GERAL

A área de soja plantada no Brasil na safra 2012/13 apresentou um aumento de 10,7% em relação a safra anterior. Este recorde ficou estimado em 27.721,6 mil hectares. Do mesmo modo, a produtividade média registrada para a Região Centro-Sul, principal região produtora, apresentou um incremento de 15,1%, quando comparado com o observado no exercício anterior. A produção foi recorde, 81.456,7 milhões de toneladas, comparada com 66.383,0 mil toneladas em 2011/12, representando um aumento de 22,7% (CONAB, 2013). Esse crescimento acontece com o aumento de novas áreas para cultivo, ao invés de incrementos na produtividade, o que tem levado a sérios impactos de ordem ecológica e de conservação (FREITAS *et al.*, 2009).

A polinização constitui-se, atualmente, num fator de produção fundamental para muitas culturas agrícolas no mundo (CHIARI, 2008). Aproximadamente 75% das culturas e 80% das espécies de plantas dotadas de flores dependem da polinização animal (KEVAN & IMPERATRIZ-FONSECA 2002, RICKETTS *et al.*, 2008). As abelhas, no entanto, são consideradas os principais polinizadores e responsáveis pela polinização de aproximadamente 73% das espécies cultivadas no mundo (FAO, 2004). Esta atividade é caracterizada pelo processo em que as células reprodutivas masculinas dos vegetais superiores (grãos de pólen) são transferidas das anteras das flores onde são produzidos para o receptor feminino (estigma) da mesma flor ou de outra flor da mesma planta ou de outra planta da mesma espécie (FREITAS, 1995).

Dentre as abelhas, a espécie *Apis mellifera* se destaca como o polinizador economicamente mais valioso para a agricultura mundial (MCGREGOR, 1976; KLEIN *et al.*, 2007). Vários autores relatam a predominância de *A. mellifera* como a espécie mais frequente polinizadora das flores de soja (CHIARI *et al.* 2005; MILFONT, 2012; FÁVERO & COUTO 2000).

O declínio dos polinizadores e a redução da diversidade de abelhas em áreas agrícolas são normalmente atribuídos ao uso de defensivos agrícolas, à fragmentação de habitats, provenientes de desmatamentos; e à introdução de espécies capazes de competir com as abelhas nativas, principalmente pelos recursos florais (ALLEN-WARDELL *et al.*, 1998; KEARNS; INOUE; WASER, 1998; KREMEN *et al.* 2002; KEVAN; VIANA, 2003; LARSEN *et al.* 2005).). Esse fenômeno passou a ser conhecido como Desordem do Colapso

da Colônia (DCC) (Colony Collapse Disorder – CCD) (RATNIEKS; CARRECK, 2010) e é caracterizado pela perda rápida e inexplicada da população adulta de uma colmeia (UNDERWOOD; VANENGELSDORP, 2007).

Entre as causas da DCC, o envenenamento e/ou as alterações causadas pelo uso indiscriminado de agrotóxicos pelos agricultores tem sido apontado como um dos principais causadores da DCC, mesmo que este fenômeno não possa ser atribuído a apenas um fator. Pesquisadores consideram que exista a interação de diferentes fatores, operando em sinergismo para que ocorra a síndrome.

A contaminação das abelhas dá-se, em geral, no momento da coleta de néctar e pólen (JAY, 1986), por isso, o tamanho da área pulverizada também influencia os efeitos das substâncias sobre as colônias, pois quanto maior a área, maior a exposição das forrageiras e a contaminação interna da colmeia (FREE, 1993). Outro fator a ser considerado é a distância entre as colônias e os campos tratados, cuja relação de exposição aos agrotóxicos é inversamente proporcional a essa distância (JOHANSEN; MAYER, 1990).

A soja é considerada uma espécie essencialmente autógama, com flores perfeitas, possuindo os órgãos masculinos e femininos dentro da corola (SEDIYAMA, 1985). A liberação do pólen e a receptividade do estigma em algumas variedades acontecem antes mesmo da abertura da flor, ocorrendo um processo conhecido como cleistogamia (MULLER, 1981). Assim a autopolinização prevalece na soja (DELAPLANE & MAYER 2000). Por outro lado, ERICKSON (1982); FREE (1993) relatam que em algumas variedades o percentual de vingamento de flores é menor que 25%, o que poderia ser devido a um déficit de polinização.

Este trabalho teve como objetivo investigar o horário de forrageamento e a distribuição espaço-temporal de *Apis mellifera*, além da sua influência na produtividade da cultura e análises multiresíduos do mel e origem botânica ao longo do período da floração.

1 CAPÍTULO I

HORÁRIOS DE FORRAGEAMENTO E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE ABELHAS MELÍFERAS NA CULTURA DA SOJA

Resumo: O objetivo do trabalho foi investigar o horário de forrageamento e a distribuição espaço-temporal de *Apis mellifera* ao longo do período da floração da cultura. O estudo foi realizado em soja na safra 2012/13, em uma área de 19,70 hectares no município de Hulha Negra-RS. Foram alocadas quatro colmeias modelo Langstrong nas extremidades da área delimitada, todas apresentavam boa sanidade e população de abelhas melíferas uniformes. No estudo de forrageamento foi observado e amostrado o número de abelhas nas flores, em locais determinados durante 5 minutos a cada hora, no período entre 7 às 19 horas. Para a distribuição dos polinizadores foi demarcado o perímetro da área com auxílio de um GPS de navegação, com interface para computador-de-mão (Pocket PC). Utilizou-se o programa computacional CR-Campeiro para confeccionar os grades de amostragem. As dimensões de grade e número de pontos foram respectivamente 50 x 50 m e 79 pontos. A densidade populacional foi estimada através de observações visuais e a análise da variabilidade espacial foi feita através de semivariogramas, utilizando o programa computacional ArcGis 9.3, para a geração de mapas da densidade populacional de abelhas. As abelhas campeiras forragearam nas flores de soja em busca de néctar e pólen, preferencialmente no período das 10 às 13 horas, sendo que a partir das 15 horas esta atividade foi encerrada pelos polinizadores. Às 12 horas, foi registrado o pico máximo de coletoras nas flores de soja. A análise dos semivariogramas permite constatar a aleatoriedade dos dados, não sendo possível modelar a variabilidade espacial. Os mapas de densidade total demonstram a distribuição aleatória das abelhas campeiras devido a grande disponibilidade de recursos. O horário de forrageamento permite a recomendação de aplicações de agrotóxicos em períodos menos nocivos aos polinizadores, quando as abelhas não se encontram mais no cultivo, minimizando assim os riscos de contaminação do mel e mortalidade de abelhas.

Palavras-chave: Mapas populacionais, Polinização, Amostragem.

1 CHAPTER I

TIMES FORAGING AND SPATIAL-TEMPORAL DISTRIBUTION HONEY BEE IN SOYBEAN CROP

Abstract: The objective of this study was to investigate the time foraging and spatial-temporal distribution of *Apis mellifera* throughout the flowering period of the crop. The study was conducted on soybean crop in 2012/13, in an area of 19.70 hectares in Hulha Negra-RS. Model Langstrong four hives were placed at the ends of the enclosed area, all had good health and uniform population of honeybees. In the study of foraging were observed and sampled the number of bees in the flowers, in certain locations for 5 minutes every hour, between 7 to 19 hours. For the distribution of pollinators was marked the perimeter of the area with the aid of GPS navigation, with interface to computer-to-hand (Pocket PC). Computational CR-Campeiro program for making the grids sampling was used. The dimensions and number of grid points were respectively 50 x 50 m and 79 points. The population density was estimated by visual observations and analysis of spatial variability using semivariograms was taken, using the software ArcGIS 9.3, to generate maps of population density of bees. The foraging bees foraged in soybean flowers in search of nectar and pollen, preferably in the period from 10 to 13 hours, and 15 hours from this activity was terminated by pollinators. At 12 hours was recorded maximum peak collector in soybean flowers. The analysis of semivariogram allows verifying the randomness of the data, it is not possible to model the spatial variability. The maps show the total density of random distribution of foraging bees due to the large availability of resources. The time foraging allows the recommendation of pesticide applications into less harmful to pollinator's periods when bees are no longer in cultivation, thus minimizing the risk of contamination of honey and bee mortality.

Keywords: Population maps, Pollination, Sampling.

1.1 INTRODUÇÃO

A agricultura moderna é cada vez mais dependente do uso de produtos químicos para controlar plantas daninhas, fungos e insetos-praga para assegurar a produtividade. As abelhas melíferas podem ficar expostas a tais agentes químicos devido às suas atividades de coleta de água, resina de plantas, pólen e néctar (THOMPSON, 2003; DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007).

Segundo Free (1993), o tamanho da área pulverizada, num único lapso de tempo, também exerce grande influência no nível de contaminação. Logo, em extensas áreas de monoculturas brasileiras, como soja, milho, algodão e cana de açúcar, que são pulverizadas, em geral, num curto espaço de tempo, o impacto sobre as abelhas deve ser bem mais acentuado e significativo do que em áreas de menor extensão (PINHEIRO; FREITAS, 2010).

Dentre as abelhas, a espécie *Apis mellifera* se destaca como o polinizador economicamente mais valioso para a agricultura mundial (MCGREGOR, 1976; KLEIN et al., 2007). Vários autores relatam a predominância de *A. mellifera* como a espécie mais frequente polinizadora das flores de soja (FÁVERO; COUTO 2000; CHIARI et al., 2005; MILFONT, 2012). Sua adaptação à uma ampla variedade de condições climáticas, associado à sua espantosa capacidade de comunicação, a qual a permite informar e recrutar outras abelhas da mesma colônia a buscar mais alimentos, além da sua tolerância ao manejo humano, fazem desta espécie um polinizador bastante eficiente para várias culturas agrícolas e, portanto, o mais utilizado ao redor do mundo (DELAPLANE; MAYER, 2000; BRADBEAR, 2009).

Desde o inverno de 2006-2007, perdas inexplicáveis e em larga escala de colônias de *Apis mellifera* ocorrem nos Estados Unidos. Os investigadores apontaram um conjunto de sintomas como responsável pelo surgimento desse fenômeno que passou a ser conhecido como Desordem do Colapso da Colônia –DCC (Colony Collapse Disorder – CCD), que é caracterizado pela perda rápida e inexplicável da população adulta de uma colmeia (UNDERWOOD; VANENGELSDORP, 2007).

Dentre os inúmeros fatores responsáveis pelo declínio de polinizadores nas áreas agrícolas, pode-se destacar o desmatamento de áreas com vegetação nativa para a implantação e/ou expansão de cidades ou geralmente de áreas agrícolas, e o inadequado uso de práticas de cultivo, como a utilização abusiva de pesticidas, principalmente nas extensas áreas de monocultivo (ALTIERI; MASERA, 1998; FLETCHER; BARNETT, 2003, FREITAS et al., 2009).

Atualmente a classe dos neonicotinóides tem sido discutida como uma das principais causas da DCC. Essa molécula compete com a Acetilcolina pelos receptores que medeiam o impulso nervoso e, embora atuem de modo totalmente distinto dos organofosforados e carbamatos, os sintomas resultantes são semelhantes e incluem tremores, descoordenação e, eventualmente, colapso do sistema nervoso central e morte. O Imidacloprido foi o primeiro inseticida desse grupo a ser comercializado, porém, existem hoje outros como a Clotianidina, o Dinotefuran e o Tiametoxam (PINHEIRO; FREITAS, 2010).

Áreas cobertas com vegetação nativa apresentam, em geral, um número considerável de espécies de plantas que servem como fonte de néctar e pólen para insetos polinizadores, por meio de florescimento contínuo ou complementar, ao longo do ano, sendo também usadas para descanso, nidificação e reprodução (FREITAS, 1991; 1995a). A substituição destas áreas por monoculturas, que normalmente florescem por um curto período de tempo, leva a uma severa redução no número e diversidade de polinizadores (OSBORNE et al., 1991; KREMEN et al., 2002; LARSEN et al., 2005).

O estado do Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor nacional de soja, com uma produção entre 11,79 e 12,13 milhões de toneladas (CONAB, 2012). Sua estimativa para área semeada na safra 2012/2013 foi de 3,43 milhões de hectares. A cultura da soja, além de demandar o uso de grandes quantidades de defensivos agrícolas, é geralmente realizada em extensas áreas, o que acaba por interferir e reduzir os níveis ideais de polinização na planta, ocasionando conseqüentemente perdas de produtividade. (MILFONT, 2012).

Por se tratar de uma espécie autógama, a soja apresenta mecanismos que facilitam a autopolinização, por isso o uso de abelhas melíferas não costuma ser recomendado. Porém, algumas espécies autógamas se beneficiam de agentes polinizadores (FREE, 1993). Atualmente, Ayres (2010) definiu a soja como uma planta apícola muito duvidosa, sofrendo bastante influência dos fatores climáticos e do tipo de solo onde é cultivada.

A agricultura de precisão é definida como uma tecnologia para o manejo do solo, dos insumos e das culturas, de modo adequado e considerando as variações espaciais e temporais dos fatores que afetam a produtividade. É de grande importância para a gestão de ambientes produtivos, gerando informações para um manejo preciso, otimizando a produção, qualidade e retorno financeiro. Além destas vantagens, pode-se destacar a utilização racional de insumos agrícolas e a minimização de impactos ambientais (ANTUNIASSI et al., 2007).

Para determinar o padrão de arranjo espacial de uma determinada espécie, é necessário que se tenha dados de contagem de indivíduos, realizado por amostragens (FERNANDES et al., 2002), que é definida como o processo de se tomar amostras para fazer inferências

sobre a população em estudo (PEDIGO, 1994). A amostragem pode ser do tipo: aleatória, quando a distribuição dos pontos de coleta é casual; agregada ou agrupada, quando ocorrem grupos de pontos mais próximos entre si; e regular, quando os pontos estão espaçados de forma equidistante (LANDIM et al., 2002).

Devido à importância da polinização apícola e a escassez de informações sobre a sua influência na soja, os objetivos deste trabalho foram analisar a distribuição espaço-temporal e investigar o horário de forrageamento de *Apis mellifera* ao longo do período de floração da soja.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área comercial de soja, durante a safra 2012/13, no município de Hulha Negra, RS, em altitude de 230 m, latitude de 31°18'52"S e longitude de 53°58'02"O. A soja foi semeada em 14/12/2012, com espaçamento entre linhas de 0,45 m, em uma área de 19,70 hectares, com a cultivar A 6411 RG, ciclo precoce (135 dias) e grupo de maturação 6.4. As operações de semeadura, adubação e demais tratamentos culturais (controle de plantas daninhas e doenças) foram executados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura (REUNIÃO, 2012).

Foram instaladas na área de estudo, no dia 15/02/2013, quatro colmeias modelo Langstrogh, habitadas por colônias de abelhas africanizadas adaptadas às condições ambientais da região. Estas foram cedidas pelo apicultor Gerson Fensterseifer, proprietário da empresa Distribuidora de Alimentos Tio Gerson LTDA., e posicionadas nas extremidades do local, para uma melhor distribuição de forrageamento. As colmeias foram alocadas antes da floração da cultura no período de pré-florescimento e removidas no início da formação de vagens. As mesmas apresentavam boa sanidade e população uniforme, contendo de 6 a 8 quadros de cria e 2 a 4 quadros de alimento.

A área experimental foi dividida em quatro faixas que receberam os tratamentos de inseticidas. As amostragens de forrageamento ocorreram em pontos demarcados na área, durante 5 minutos a cada hora, entre 7 e às 19 horas. Onde quatro observadores registraram ao redor destes pontos, o número de abelhas melíferas coletando pólen e néctar nas flores de soja, tanto nas avaliações de forrageamento, quanto nas amostragens de distribuição espacial, através de contagem visual e com auxílio de rede entomológica. Após estas observações foi

realizadas as médias de cada período de amostragem, relacionado com o estágio fenológico da cultura.

No experimento de distribuição espacial, as dimensões da grade e número de pontos foram: 50 x 50 m e 79 pontos amostrais, respectivamente. O perímetro da área foi demarcado com o auxílio de um GPS de navegação, marca Garmin, com interface para computador-de-mão (Pocket PC). Utilizou-se o software CR-Campeiro tecnologia móvel embarcada, para dividir as áreas experimentais em grades regulares de amostragem (GIOTTO; ROBAINA, 2007). O mapa da área, com a alocação das colmeias e a grade de amostragens utilizadas, pode ser visualizado a seguir (Figura 2).

As amostragens foram realizadas semanalmente, durante o florescimento da soja, totalizando quatro datas, nos dias 22/02/13; 01/03/13; 05/03/13 e 13/03/13. Foram realizadas quatro avaliações registrando a fenologia das plantas, duas avaliações antes da aplicação dos tratamentos: (a) início do florescimento - R1 e (b) florescimento pleno - R2, e duas após a pulverização: (c) florescimento pleno - R2 e (d) fim do florescimento - R3 (Figura 1).

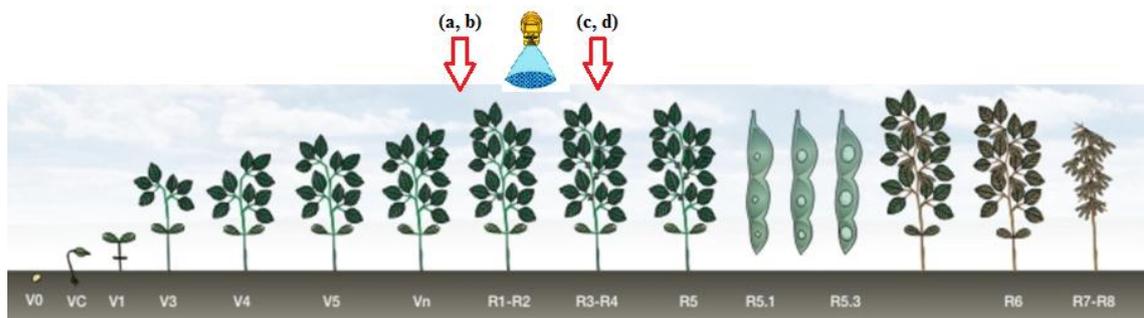


Figura 1 – Escala fenológica da soja com setas indicando os momentos das avaliações e o spray indicando o momento da pulverização.

Os tratamentos foram aplicados em faixa, seguindo o percurso de aplicação do pulverizador autopropelido Marca Stara, modelo Gladiador, com 80 L/ha de água, e tiveram a seguinte distribuição: tratamento 1- Tiametoxan + Lambda-Cialotrina na dose de 200 ml/ha; 2- Imidacloprid + Beta-cyfluthrin 1 L/ha; 3- Acefato 700g/ha e 4- Testemunha. A aplicação dos tratamentos foi realizada no dia 02/03/2013, quinze dias após a alocação das colmeias na área. O mapa da área, com a alocação das colmeias e a grade de amostragens utilizadas, pode ser visualizado a seguir (Figura 2).

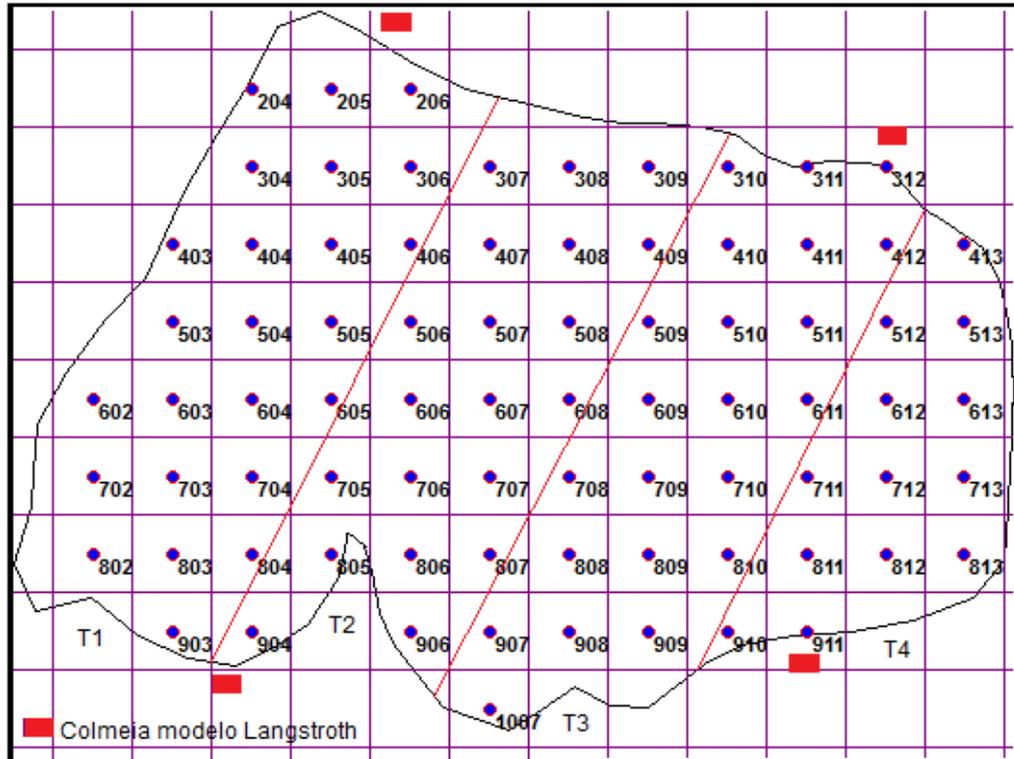


Figura 2 – Mapa da área com a grade regular e os pontos de amostragem, além da localização das colmeias.

A análise da distribuição espaço-temporal foi realizada através da geoestatística, utilizando semivariogramas. Os parâmetros estimados nos semivariogramas (efeito pepita, patamar e alcance) e a confecção dos mapas populacionais, foram obtidos diretamente na interpolação por krigagem ordinária e pelo inverso do quadrado da distância, respectivamente, no programa computacional ArcGis 9.3, para a geração dos mapas da densidade populacional de abelhas.

O alcance refere-se à distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente. O patamar é o valor do semivariograma correspondente ao seu alcance, considerando a dependência espacial entre as variáveis. O efeito pepita revela erros de medição ou da variabilidade não detectada pela amostragem. O efeito pepita puro reflete a variação espacial de um fenômeno de transição onde para um dado valor de patamar a amplitude terá um valor infinitesimalmente menor que as distâncias de observação (JOURNAL; HUIJBREGTS, 1978).

Os mapas de densidade populacional foram gerados por datas, a partir de dados da contagem de abelhas forrageando sobre flores de soja em busca de néctar e pólen. Foram confeccionados mapas do número total de abelhas melíferas, que foram gerados com o

número de classes com intervalo fixo de um inseto na área amostral. Para geração dos mapas, foi calculada a média dos pontos circunvizinhos com maior peso aos pontos mais próximos, pelo método de interpolação inverso do quadrado da distância.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os horários de forrageamento de *Apis mellifera* podem ser visualizados na Figura 3.

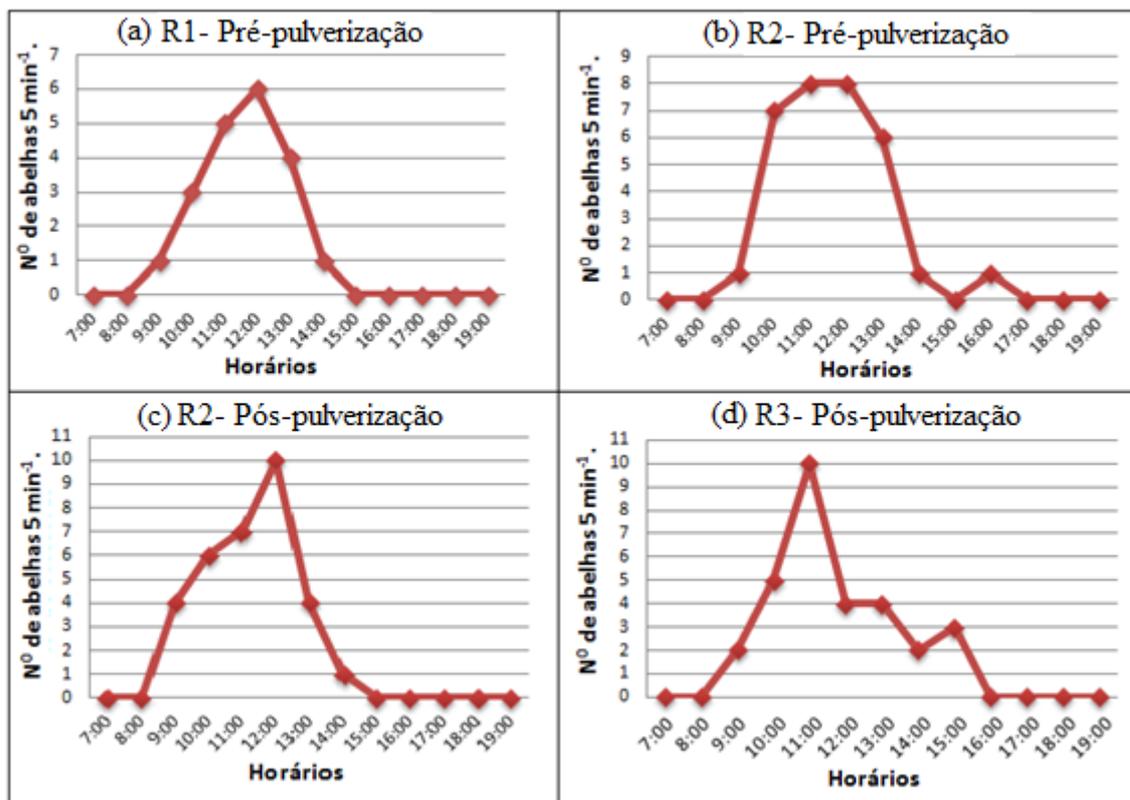


Figura 3 – Número de abelhas melíferas (*Apis mellifera* L.) em flores de soja (*Glycine max* (L) Merrill) ao longo do dia nos estádios fenológicos: (a) início de florescimento, (b e c) florescimento pleno e (d) fim de florescimento, em Hulha Negra, RS, 2013.

De forma geral, a densidade populacional de abelhas campeiras em visitas florais ocorreu de maneira similar nas quatro avaliações (Figura 3). As abelhas forragearam nas flores de soja em busca de néctar e pólen, preferencialmente no período das 10 às 13 horas da

tarde. A partir das 15 horas esta atividade foi encerrada. No horário das 12 horas, foi registrado o pico máximo de coletoras nas flores de soja. Estes dados confirmam os obtidos por Milfont (2012) nos quais a atividade de forrageamento iniciou-se pela manhã tendo picos entre 11 e 12 horas e encerrando as atividades em torno das 13 horas. Também concorda com Fávero; Nogueira-Couto (2000), onde o período de atividade das abelhas nas flores foi das 7 às 15h, sendo o horário de maior visitação das 11 às 13h. Além disso, os horários com maior número de abelhas estão relacionados com os picos máximos de temperatura diurna, mostrando uma relação estreita entre o forrageamento e alterações de temperatura.

Segundo Keogh et al., (2005), a temperatura tem um efeito significativo sobre a atividade da abelha. Em geral, plantas que se desenvolvem em temperaturas mais elevadas, tem maior produção de néctar e são mais atrativas que as cultivadas em climas frios, até uma temperatura máxima de 29 °C. Além disso, a atividade de forrageio de abelhas é muito limitada à temperaturas abaixo de 13 °C, com a atividade aumentando até cerca de 19 °C , acima da qual, a polinização tende a permanecer em um nível relativamente elevado. Decréscimos do número de abelhas visitantes em flores e da distância de abelhas forrageando a partir da colmeia ocorrem com a diminuição da temperatura.

Com a maior presença de abelhas nas horas mais quentes do dia e o encerramento das atividades de coleta por volta das 15 horas, é possível recomendar a pulverização de pesticidas em horários menos nocivos aos polinizadores. E assim, a aplicação de inseticidas e fungicidas pode ocorrer cedo da manhã, no período da tarde e/ou noite, momento em que as abelhas não se encontram mais na cultura, minimizando riscos de intoxicação, mortalidade e contaminação do mel. As aplicações diurnas em período de florescimento pleno, fase mais atrativa, quando as abelhas estão em intensa atividade de coleta, devem ser evitadas. Segundo Jay (1986), o ideal é que as aplicações sejam realizadas à noite, muito cedo da manhã ou adiantado crepúsculo, quando as abelhas não estiverem forrageando. É de grande importância que se conheça o período de tempo que cada cultura permanece com suas flores abertas, com os picos de coleta de pólen e néctar bem definidos (FREITAS, 1995b; PEDROSA, 1997; FREITAS; PEREIRA, 2004), a fim de se evitar pulverizações de pesticidas com características negativas nesse período crítico de visita das abelhas.

A atividade de forrageamento e a distribuição espacial de abelhas (Figura 4) de forma conjunta permite uma melhor análise dos resultados obtidos, tendo em vista que, as avaliações dos dois estudos ocorreram nas mesmas datas e com isso sofreram variações de aspectos climáticos e edáficos nas mesmas proporções. Os estudos de densidade total de *Apis mellifera* complementam o experimento de horários de forrageamento.

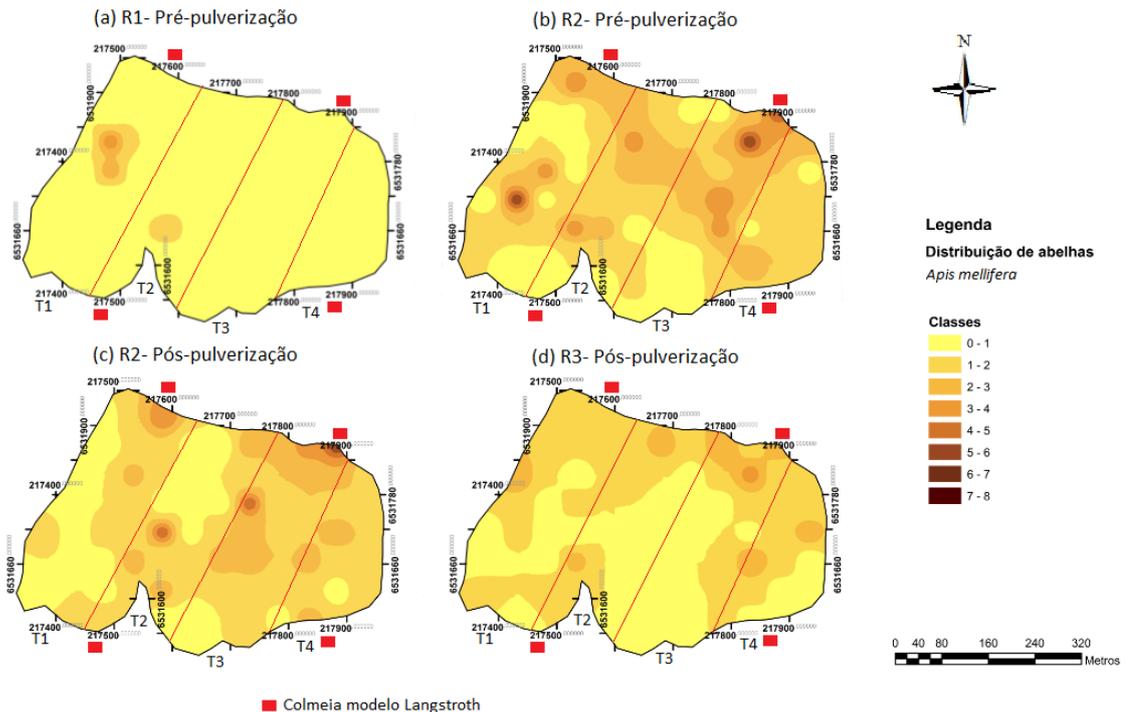


Figura 4 – Distribuição espacial de abelhas *Apis mellifera* em soja, nos estádios fenológicos: (a) início de florescimento, (b e c) florescimento pleno e (d) fim de florescimento, resultantes da krigagem ordinária, em Hulha Negra, RS, 2013.

Na primeira avaliação, realizada em 22/02/13, tanto para horário de forrageamento (Figura 3a) como para distribuição espacial (Figura 4a), as abelhas foram observadas em um pequeno número de visitantes. Para o estudo de forrageamento, o pico máximo de visitantes ocorreu às 12 horas, com um total de 6 abelhas campeiras coletando néctar e pólen por ponto amostral. A partir das 15 horas esta atividade foi encerrada pelos polinizadores. Na amostragem de distribuição espacial, foram observadas as abelhas campeiras em apenas dois pontos da lavoura, com população máxima de 4 insetos por ponto amostral.

Vários fatores que afetam a visita das abelhas às flores podem ser relatados como possíveis causas do menor número destas em relação às demais avaliações, como por exemplo, o clima (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento), a biologia floral e fatores referentes a própria abelha (MALERBO-SOUZA; SILVA, 2011). A principal causa para a baixa população nesta avaliação (Figuras 3a e 4a) está relacionada com o estágio reprodutivo da cultura, que se encontrava em início de florescimento, havendo poucas flores viáveis abertas e disponíveis para a polinização.

A densidade total (Figura 4) variou de zero a oito abelhas melíferas forrageando por ponto amostral, e a ocorrência mais acentuada foi destacada nas amostragens b e c, no estágio

de pleno florescimento. Rield et al., (2006) citam que de um modo geral, quanto maior a densidade e a atratividade das flores abertas, no pleno florescimento, maior a visitação pelas abelhas. A constante presença de abelhas melíferas é decorrente da existência de nectários bem desenvolvidos nas flores e da produção de néctar de boa qualidade (ROBACKER et al., 1983; VILA, 1988). Em estudo liderado por Gazzoni¹, durante a safra de soja 2012/2013, os resultados mostraram que as abelhas diminuem drasticamente o forrageamento em soja após o estágio R3 (início da formação de vagens), mesmo que ainda existam flores na cultura, como no caso de cultivares de ciclo indeterminado.

Nas demais avaliações foram relatadas uma maior atratividade de néctar e pólen, para o aumento da presença de abelhas na área, já que a cultura apresentava-se em pleno florescimento. Segundo Erickson (1975), características como tamanho da flor, abundância de flores, cleistogamia, produção de néctar e sequência de floração estão diretamente associados com o efeito de atração às abelhas. O autor confirma também a preferência por variedades que apresentam um maior número de flores, tamanho e produção de néctar, e que todas estas características podem ser influenciadas por fatores climáticos e edáficos.

Para Milfont (2012), as flores de soja possuem elevada atratividade às abelhas melíferas, justificada pela síndrome melitófila. Suas flores possuem nectários bem desenvolvidos e produção de néctar de boa qualidade, flor com guia de néctar bem definido e visível a luz ultravioleta, aroma próprio, e a existência de um canal guia para a introdução da língua das abelhas, sendo o néctar considerado a principal recompensa para o polinizador (DELAPLANE; MAYER, 2000).

Nas avaliações b e c (Figura 4), devido ao grande número de flores presentes na área, a população de abelhas se encontrava dispersa em todo perímetro, ocorrendo picos populacionais de até 8 abelhas por ponto amostral nas proximidades das colmeias alocadas na área. A distribuição de abelhas em forrageamento ocorreu por toda a área de cultivo, devido a grande disponibilidade de pólen e néctar para a polinização.

A dependência espacial e o padrão de distribuição de abelhas melíferas podem ser visualizados através dos semivariogramas (Figura 5). Não foi possível ajustar nenhum modelo teórico devido à ausência de dependência espacial. Para este tipo de resultado, ocorre uma distribuição completamente aleatória, não tendo sob o ponto de vista geoestatístico, uma função que descreva sua variação no espaço (WOJCIECHOWSK et al., 2009).

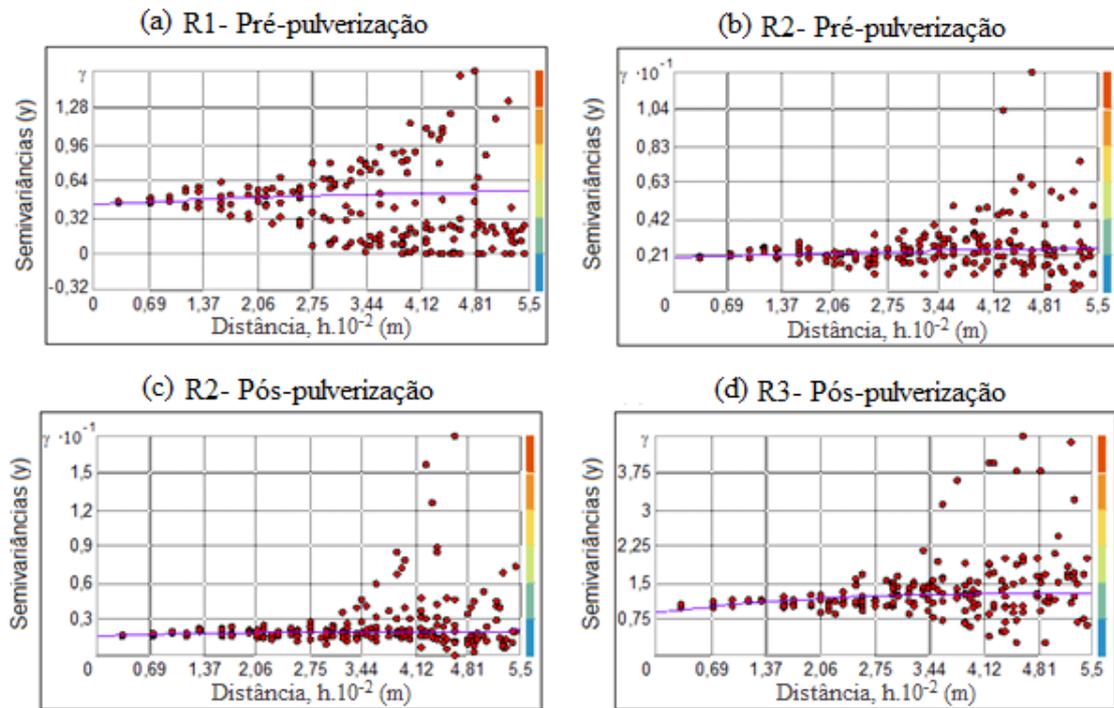


Figura 5 – Semivariogramas unidirecionais ajustados para: (a) primeira avaliação; (b) segunda avaliação; (c) terceira avaliação; (d) quarta avaliação de abelhas *Apis mellifera*, Hulha Negra, RS, 2013.

A análise dos parâmetros ajustados para os semivariogramas mostra uma distribuição aleatória, ou seja, devido ao efeito pepita puro, não foi possível modelar a variabilidade espacial, pois os valores de efeito pepita foram maiores que os do patamar, indicando aleatoriedade dos dados. O valor do efeito pepita variou de 0,43 a 1,84 e o patamar variou de 0,10 a 0,52. Nesse caso, não é possível utilizar a classificação de Cambardella et al., (1994) para a análise da dependência espacial, que considera forte dependência espacial o semivariograma que têm o valor do efeito pepita < 25 % do patamar, moderada quando entre 25 e 75 % e de fraca quando > 75 %. Desse modo, o resultado de campo mostra que as abelhas campeiras distribuem-se por toda a área de soja, devido a grande disponibilidade de recursos, sem se agrupar próximo as colmeias.

A distribuição de abelhas é caracterizada como aleatória na soja, durante o período de florescimento. Segundo Hubbell; Johnson (1977), o padrão aleatório pode indicar ausência ou baixo nível de competição por recursos, desde que estes estejam disponíveis para as populações. A dispersão de novas colônias ocorreria ao acaso, ou alternativamente, a distribuição aleatória poderia indicar que as fontes de recursos também estariam dispersas aleatoriamente. Em soja, nas condições do experimento, também pode ser levantada a

hipótese de inadequação da fonte alimentar, que fornece recursos florais por um certo período, em áreas muito extensas e homogêneas.

O padrão de distribuição espacial dos insetos é influenciado pela qualidade dos habitats. Este comportamento aleatório na distribuição dos polinizadores pode estar relacionado com as condições oferecidas pelo habitat, de grande oferta de recursos florais junto a baixa concorrência por estes. (KLEIJN; VAN LANGEVELDE, 2006).

Os mapas de distribuição espacial evidenciam a densidade de abelhas em pontos próximos às colmeias e as maiores populações nas amostragens durante o período de pleno florescimento. De acordo com a análise dos semivariogramas, a distribuição da população ocorreu de forma aleatória em todo o mapa de estudo, sendo que as abelhas se distribuíram desta maneira pela disponibilidade de recursos florais, sem repelência às áreas tratadas com inseticidas. Com isso, pode-se ressaltar que não foi observada nenhuma relação entre os diferentes inseticidas aplicados na área com o forrageamento e a densidade total de abelhas. Não foram observados efeitos de comportamento, repelência às flores e, principalmente, indícios de abelhas mortas nas redondezas das colmeias, o que descarta a hipótese de contaminação por pesticidas.

No mesmo estudo de flutuação populacional liderado por Gazzoni, também não foram observadas diferenças de visitação às flores de soja entre as áreas com inseticida da classe dos neonicotinóides e áreas sem inseticidas. Ainda foi ressaltado que outros fatores podem ser mais importantes para detectar a variação da população do que a aplicação de neonicotinóides.

1.4 CONCLUSÃO

As abelhas *Apis mellifera* concentram sua atividade de florescimento no período compreendido entre as 10 horas da manhã às 13 horas da tarde na soja.

Os tratamentos inseticidas não influenciaram na distribuição populacional das abelhas, e o forrageamento ocorreu em toda a área de estudo sem que houvesse repelência às áreas tratadas.

A distribuição espacial de abelhas ocorre de forma aleatória na área estudada.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A.; MASERA, O. **Desenvolvimento rural sustentável na América Latina: construindo de baixo para cima.** Pp. 72-105. *In:* A. Almeida & Z. Navarro (eds.). **Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável.** Segunda Edição. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 253p. 1998.

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R.; SHARP, T. C. Agricultura de precisão. *In:* FREIRE, E. C. **Algodão no Cerrado do Brasil.** 1. ed. Brasília/DF: ABRAPA, 2007. p. 889-918.

ARCGIS Desktop Help. **Understanding Overlay Analysis e How Weighted Sum works.** Ajuda constante no software ArcGis ver. 9.3 da ESRI Corporation.

AYERS, G. S. **The Other Side of Beekeeping** –Soybean, A Good Honey Plant Sometimes, April 2010. <http://www.americanbeejournal.com/site/epage/79434_828828.htm. 11 out 2013.

BRADBEAR, N. **Bees and their role in forest livelihoods: a guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products.** Rome: Food And Agriculture Organization of The United Nations, 2009.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Fieldscale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 6, p. 1501-1511, 1994.

CAMPO, P. do. **Agricultura de precisão.** Inovações do campo. Piracicaba. 2000. <http://www1.portaldocampo.com.br/inovacoes/agric_precisao.htm> 20 nov 2012.

CHIARI, W. C. et al. Pollination of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill by honeybees (*Apis mellifera* L.). **Braz. Arch. Biol. Technol.**, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 31-36, 2005.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento.** 2012 Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_11_08_09_10_48_boletim_portugues_novembro_2012.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2012.

DELAPLANE, K. S.; MAYER, D. F. **Crop pollination by bees.** Oxon: CABI Publishing, 344p. 2005.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A. & DELPUECH, JM. The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. **Ann. Rev. of Entomology**, 52:81-106, 2007.

ERICKSON, E. H. Effect of honey bees on yield of three soybean cultivars. **Crop Science**., Madison, v. 15, n. 1, p. 84-86, 1975.

FÁVERO, A. C.; COUTO, R. H. N. **Polinização entomófila em soja** (*Glycine max* L. var. FT 2000). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13., 2000, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Confederação Brasileira de Apicultura, 2000.

FERNANDES, M. G; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE) em Algodoeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 3, p. 203-211,2002.

FLETCHER, M.; BARNETT, L. Bee poisoning incidents in the United Kingdom. **Bulletin of Insectology**, v. 56, p. 141-145, 2003.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. London: Academic Press, 1993.

FREITAS, B. M. **Potencial da caatinga para a produção de pólen e néctar para a exploração apícola**. 1991. 140 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Ceará.

FREITAS, B. M. **The pollination efficiency of foraging bees on apple** (*Malus domestica Borkh*) **and cashew** (*Anacardium occidentale L.*). 1995a. 197f. Tese (PhD em Abelhas e Polinização). - Programa de Pós-Graduação, University of Wales, U.K.

FREITAS, B. M. **Does *Borreria verticillata* compete with cashew** (*Anacardium occidentale*) **for pollination by honeybee?** In: Proceedings of the XXXIV International Congress of Apimondia; 1995 Aug 15-19; Lausanne, Switzerland. Lausanne; p.260-4, 1995b.

FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. P. **Crop consortium to improve pollination: can West Indian Cherry** (*Malpighia emarginata*) **attract *Centris* bees to pollinate Cashew** (*Anacardium occidentale*)?. In: FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.O.P. (Eds.) Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza: Imprensa Universitária UFC, p. 193-201. 285p. 2004.

FREITAS, B. M. et al. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, p. 332-346, 2009.

GIOTTO, E.; ROBAINA, A. D. **A agricultura de precisão com o CR Campeiro 7**. Manual do usuário. Santa Maria: UFSM/Centro de Ciências Rurais/Departamento de Engenharia Rural/Laboratório de Geomática, 2007, 319 p.

JAY, S. C. **Spatial management of honey bee on crops**. Ann. Rev. Entomol., v. 31, p. 49-65, 1986. JOURNEL, A.G.; HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics**. London: Academic Press, 1978. 600p.

HUBBELL, S. P.; JOHNSON, L. K. 1977. Competition and nest spacing in a tropical stingless bee community. **Ecology** 58(5):949-963.

KEOGH, R. C.; ROBINSON, A. P. W.; MULLINS I. J. **Pollination Aware – The Real Value of Pollination in Australia**, (RIRDC Pub. No. 10/081) which are based on ABS (2008) Agricultural Commodities Small Area Data, Australia 2005-06.

KLEIJN, D.; VAN LANGEVELDE, F. Interacting effects of landscape context and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes. **Basic and Applied Ecology**, Jena, v. 7, n. 3, p. 201-214, May. 2006.

KLEIN, A. M.; VAISSIÈRE, B. E, CANE, J. H, STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S. A., KREMEN, C., et al. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society B: **Biological Sciences** 274: 303–313.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; THORP, R. W. **Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification**. Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A., v. 99, p. 16812-16816, 2002.

LANDIM, P. M. B.; MONTEIRO, R. S.; CORSI A. C. **Introdução à confecção de mapas pelo software SURFER**. São Paulo: Universidade Estadual de São Paulo, 21 p. 2002.

LARSEN, T. H.; WILLIAMS, N. W.; KREMEN, C. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. **Ecology Letters**, v. 8, p. 538-547, 2005.

MALERBO-SOUZA, D. T.; SILVA, F. A. S. Comportamento forrageiro da abelha africanizada *Apis mellifera* no decorrer do ano. Acta Scientiarum. **Animal Sciences**. v. 33, n. 2., p. 183-190. 2011.

McGREGOR, S. E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. WASHINGTON, D. C. USDA, 1976 (Agriculture handbook, 496).

MILFONT, M.D.O. **Uso da abelha melífera (*Apis mellifera* L.) na polinização e aumento de produtividade de grãos em variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) adaptadas às condições climáticas do nordeste brasileiro**, 2012. <http://www.zootecnia.ufc.br/wa_files/tese2012_marcelo_20de_20oliveira_20milfont.pdf>. 17 Set 2012.

OSBORNE, J. L.; WILLIAMS, I. H.; CORBET, S. A. Bees, pollination and habitat change in the European Community. **Bee World**, v. 72, p. 99-116, 1991.

PEDIGO, L. P. Introduction to sampling arthropod populations. In: PEDIGO, L. P.; BUNTIN, G. D. (org), **Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 2-10.

PEDROSA, J. F. **Cultura do Melão. Mossoró: ESAM, 1997. 50p. (Apostila). Salvetti De Cicco L. H. As abelhas e a Polinização. Copyright® 1997.** <<http://www.saudeanimal.com.br/abelha22.html>> 20 nov. 2013.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, v. 14, p. 266-281, 2010.

REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 39., Passo Fundo, 2012. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2012/2013 e 2013/2014**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012a. 142 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 107). Organizado por Leila Maria Costamilan, Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi, Mércio Luiz Strieder, Paulo Fernando Bertagnolli.

RIEDL, H.; JOHANSEN, E.; BREWER, L.; BARBOUR, J. **How to reduce bee poisoning from pesticides**. Oregon State University, Corvallis. PNW (Pacific Northwest Extension). 2006. 26 p.

ROBACKER, D. C. *et al.* Effects of climatic and edaphic factors on soybean flowers and on the subsequent attractiveness of the plants to honey bees. **Field Crops Research**, v. 6, p. 267-278. 1983.

THOMPSON, H. M. Behavioural effects of pesticides in bees – their potential for use in risk assessment. *Ecotoxicology*, v. 12, p. 317-330, 2003.

UNDERWOOD, R. B.; VANENGELSDORP, D. **Colony Collapse Disorder: Have We Seen This Before?** 2007. <www.beeeculture.com/content/ColonyCollapseDisorder.cfm>. 26 set. 2013.

VILA, V. P. V. **Efeito das abelhas africanizadas , *Apis mellifera* L., na hibridação e na produtividade da soja (*Glycine max* (L.) Merrill).** 58f. 1988. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.

WOJCIECHOWSK, J. C. et al. Geoestatística aplicada ao estudo das características físicoquímicas do solo em áreas de floresta estacional decidual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 383-391, out./dez. 2009.

2 CAPÍTULO II

ANÁLISE MULTIRRESÍDUOS DE PESTICIDAS E ORIGEM BOTÂNICA DO MEL DE PRODUZIDO PRÓXIMO À CULTURA DA SOJA

Resumo: O presente estudo foi desenvolvido com os objetivos de analisar os resíduos de inseticidas aplicados na soja e verificar a origem botânica sob o mel produzido por abelhas melíferas. A pesquisa foi realizada durante a safra 2012/13, em duas áreas experimentais, em Hulha Negra, RS. A primeira área, uma lavoura comercial de 19,70 hectares, foi dividida em 4 áreas/tratamentos, realizados em faixas, com os seguintes inseticidas: 1- Tiametoxam+Lambda-Cialotrina; 2- Imidacloprid+Beta-Ciflutrina; 3- Acefato e 4- Testemunha. Foram distribuídas quatro colmeias modelo Langstrogh nas extremidades da área total. A segunda área experimental foi dividida em quatro gaiolas fechadas, cada uma com 32 m² e com uma colmeia/núcleo. Cada gaiola recebeu um dos tratamentos utilizados na primeira área. A instalação das colônias em ambas as áreas de estudo, ocorreu no período de pré-florescimento e a pulverização dos tratamentos 15 dias após. A coleta de mel foi realizada no final do florescimento da soja e as amostras foram enviadas ao LARP, para análise de resíduos de pesticidas através do método UHPLC-MS/MS. Para a determinação da origem botânica, as amostras de mel da lavoura comercial foram encaminhadas para o Laboratório de Apicultura da UFRGS. Também foram realizadas inspeções periódicas durante o estudo a fim de verificar a condição sanitária das colmeias. Os resultados do estudo na lavoura comercial apontam a florada de soja como recurso predominante no mel produzido, que apresentou contaminação pelo tratamento Acefato. Foi encontrado um grande número de abelhas mortas ao redor da colmeia, o que sugere contaminação destas pelo mesmo inseticida. Para os demais tratamentos, não foram detectados resíduos no mel produzido, mesmo em gaiolas fechadas. No que se refere às inspeções, não foi visualizado nenhuma outra alteração no comportamento da população que possa ser sugerido pelo uso de agrotóxicos. Com isso, conclui-se que a soja é a principal espécie no forrageamento das abelhas e que a utilização do inseticida Acefato, durante a floração da soja, oferece riscos à população de polinizadores, tanto na contaminação do mel proveniente de *Apis mellifera*, como na mortalidade das abelhas campeiras ao redor da colônia.

Palavras-chave: Contaminação no mel. *Apis mellifera* L. Pulverização.

2 CHAPTER II

MULTIRESIDUAL ANALYSES OF PESTICIDES AND BOTANICAL ORIGIN OF HONEY FROM PRODUCED CLOSE TO SOYBEAN CROP

Abstract: This study was developed in order to analyze the residues of insecticides applied in soybean and verifies botanical origin in honey produced by honey bees. The survey was conducted during the 2012/13 crop at two experimental sites in Hulha Negra, RS. The first area, a commercial farming of 19.70 acres, was divided into 4 areas / treatments performed in bands, the following insecticides: 1 - Lambda-cyhalothrin+thiamethoxam; 2 - Beta-cyfluthrin+imidacloprid, 3 - and Acephate 4 - Untreated. Model Langstrogh four hives were distributed at the ends of the total area. The second experimental area was divided into four hole cages, each with 32 m² and a beehive / core. Each cage received one of the treatments used in the first area. The installation of colonies in both study areas, occurred in the pre-flowering and spray treatments 15 days. The honey gathering was held at the end of the flowering of soybeans and the samples were sent to the LARP for analysis of pesticide residues through UHPLC-MS/MS method. For the determination of the botanical origin of honey samples of commercial farm were sent to the Laboratory of Apiculture UFRGS. Periodic inspections were also conducted during the study to check the health condition of the hives. The study results point to the commercial farming flowering soybean as the predominant feature in honey produced, which showed contamination by the treatment Acephate. A large number of died around the hive, which suggests the same insecticide contamination of these bees was found. For the other treatments, no residues in honey produced, even in closed cages were detected. Regarding the inspection was not displayed no further changes in the behavior of the population could be suggested that the use of pesticides. Thus, it is concluded that soy is the main species in foraging bees and the use of insecticide Acephate during flowering soybeans, offers risks to the population of pollinators in both the contamination of honey from *Apis mellifera*, as in mortality of forager bees around the colony.

Keywords: Honey's contamination. *Apis mellifera* L. Spraying.

2.1 INTRODUÇÃO

A expansão e intensificação da produção de culturas agrícolas, o uso de fertilizantes e de agrotóxicos, e a irrigação têm contribuído substancialmente para o aumento da produção de alimentos nos últimos 50 anos (TILMAN et al., 2002). Entretanto, muitas dessas contribuições e práticas ocorrem em detrimento da saúde humana e ambiental, e da manutenção da biodiversidade (MOONEY, 2005).

No Brasil, o planejamento do uso da terra precisa considerar prioridades conservacionistas na paisagem agrícola, a fim de preservar a agrobiodiversidade e manter a ligação entre a natureza e a agricultura (KEVAN; IMPERATRIZ-FONSECA, 2006).

A polinização constitui-se, atualmente, num fator de produção fundamental para muitas culturas agrícolas no mundo (CHIARI, 2008). Aproximadamente 75% das culturas e 80% das espécies de plantas dotadas de flores, dependem da polinização animal (KEVAN; IMPERATRIZ-FONSECA, 2002; RICKETTS et al., 2008). As abelhas são consideradas os principais polinizadores e responsáveis pela polinização de aproximadamente 73% das espécies cultivadas no mundo (FAO, 2004). Esta atividade é caracterizada pelo processo em que as células reprodutivas masculinas dos vegetais superiores (grãos de pólen) são transferidas das anteras das flores onde são produzidos para o receptor feminino (estigma) da mesma flor ou, de outra flor da mesma planta ou, de outra planta da mesma espécie (FREITAS, 1995).

O declínio dos polinizadores e a redução da diversidade de abelhas em áreas agrícolas são normalmente atribuídos ao uso de defensivos agrícolas, à fragmentação de habitats provenientes de desmatamentos e, à introdução de espécies capazes de competir com as abelhas nativas, principalmente pelos recursos florais (ALLEN-WARDELL et al., 1998; KEARNS; INOUE; WASER, 1998; KREMEN et al., 2002; LARSEN et al., 2005).

No ano de 2006, perdas inexplicáveis e em larga escala de colônias de *Apis mellifera* ocorreram na costa leste dos Estados Unidos (JOHNSON, 2010). No início de 2007, apicultores europeus observaram um fenômeno semelhante na Bélgica, França, Holanda, Grécia, Itália, Portugal, Espanha e, em menor grau, na Suíça e Alemanha (DUPONT, 2007). Tais perdas continuaram ao longo dos anos de 2008 e 2009 (VANENGELSDORP et al., 2009). Esse fenômeno passou a ser conhecido como Desordem do Colapso da Colônia (DCC) (Colony Collapse Disorder – CCD) (RATNIEKS; CARRECK, 2010) e é caracterizado pela

perda rápida e inexplicada da população adulta de uma colmeia (UNDERWOOD; VANENGELSDORP, 2007).

Entre as causas da DCC, o envenenamento e/ou as alterações causadas pelo uso indiscriminado de agrotóxicos pelos agricultores, tem sido apontado como um dos principais desencadeadores, mesmo que este fenômeno não possa ser atribuído a apenas um fator. Pesquisadores consideram que exista a interação de diferentes fatores, operando em sinergismo para que ocorra a síndrome (ROCHA; ALENCAR, 2012).

De outro lado, nos últimos 40 anos o consumo de agrotóxicos aumentou 700%, enquanto a área agrícola aumentou apenas 78% (SPADOTTO et al., 2004). A utilização excessiva de pesticidas, para controlar plantas daninhas, fungos e insetos-pragas para assegurar a produtividade, principalmente em áreas de monocultivo, é uma das possíveis causas do declínio dos polinizadores. As abelhas, embora não sejam o alvo desses agentes tóxicos, são altamente vulneráveis à contaminação por forragearem nas áreas agrícolas contaminadas, o que pode ocasionar o desequilíbrio da população, afetando suas atividades de coleta de água, resina de plantas, pólen e néctar (THOMPSON, 2003; DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007; MALASPINA et al., 2008).

No Brasil, a questão dos defensivos agrícolas é preocupante, pois vários relatos sobre mortalidade de abelhas, presumivelmente devido a contaminações pelo uso inadequado de pesticidas, foram constatados (MALASPINA et al., 2008; MALASPINA; SOUZA, 2008; PINTO; MIGUEL, 2008). Há diversos relatos sobre a mortandade súbita de abelhas em diferentes regiões, como no Piauí, no Rio Grande do Sul, em Minas Gerais e em São Paulo, onde foram descritos casos com perda de até 400 colmeias. Apesar disso, foi possível atestar que estes apiários estavam próximos às culturas de grande importância econômica, como citrus, em São Paulo, e soja e tabaco, no Rio Grande do Sul (MALASPINA et al., 2008).

No entanto, na grande maioria dos casos não houve análises de amostras para comprovação das suspeitas e, a literatura brasileira a respeito é praticamente inexistente. A falta de informações a respeito dos efeitos dos pesticidas sobre os polinizadores da agricultura nacional pode constituir um dos principais obstáculos para os esforços atuais em busca do uso sustentável de polinizadores em nossas áreas agrícolas. (PINHEIRO; FREITAS, 2010).

Os inseticidas neonicotinóides são apontados como um dos principais fatores dentre o uso de agrotóxicos para o surgimento e agravamento da DCC. O Imidacloprido foi o primeiro inseticida desse grupo a ser comercializado, porém, existem hoje outros como a Clotianidina, o Dinotefuran e o Tiametoxam. Essas moléculas competem com a Acetilcolina pelos receptores que transmitem o impulso nervoso e, embora atuem de modo totalmente distinto

dos organofosforados e carbamatos (também apontados como nocivos), os sintomas resultantes são semelhantes e incluem tremores, descoordenação e, eventualmente, colapso do sistema nervoso central e morte. Mas, diferentemente dos piretroides, isso levou vários países a suspenderem todos ou alguns dos usos desses agrotóxicos (PINHEIRO; FREITAS, 2010).

Os fungicidas e herbicidas possuem um mecanismo de ação muito específico, voltado para o controle de fungos e plantas. Desta maneira, oferecem grande risco para as abelhas, uma vez que não possuem efeito letal, na maioria das vezes. No que se refere aos herbicidas, embora tenham sido observadas algumas intoxicações de abelhas em testes de laboratório, é pouco provável que causem problemas às abelhas no campo já que seu modo de ação afeta vegetais, não animais (RIEDL et al., 2006).

Os efeitos subletais decorrentes da exposição das abelhas a baixos níveis de doses e/ou a pequeno número de aplicações, principalmente em longo prazo, são pouco conhecidos e não têm sido considerados nos estudos de risco para fins de discussão sobre esse assunto (KEVAN, 1999; THOMPSON, 2003). A contaminação das abelhas dá-se, em geral, no momento da coleta de néctar e pólen (JAY, 1986), por isso, o tamanho da área pulverizada também influencia os efeitos das substâncias sobre as colônias, pois quanto maior a área, maior a exposição das forrageiras e a contaminação interna da colmeia (FREE, 1993). Outro fator a ser considerado é a distância entre as colônias e os campos tratados, cuja relação de exposição aos agrotóxicos é inversamente proporcional (JOHANSEN; MAYER, 1990).

A confirmação da origem botânica do mel pode ser determinada por meio da identificação dos tipos polínicos das espécies vegetais presentes no mel. A identificação da flora apícola é de importância fundamental, pois indica as fontes de alimento utilizadas para coleta de néctar e pólen (HOWER, 1953).

No que se refere à soja, vários são os relatos de abelhas nas suas flores, principalmente da espécie *Apis mellifera* (FREE, 1970, 1993; JAYCOX, 1970; RUST et al., 1980; FÁVERO; COUTO 2000; CHIARI, 2005). A constante presença desta abelha é decorrente da existência de nectários bem desenvolvidos nas flores e da produção de néctar de boa qualidade (ROBACKER et al., 1983; VILA, 1988). Entretanto, apesar da existência de extensas áreas plantadas e informações de visitas de abelhas melíferas às suas flores, os plantios de soja não são explorados para atividade apícola, possivelmente devido à intensa utilização de defensivos agrícolas que causariam o extermínio das colônias e a possibilidade de produção de um mel contaminado, pondo em risco a saúde dos consumidores.

O trabalho teve como objetivos analisar os riscos de contaminação no mel de *Apis mellifera* proveniente de resíduos de pesticidas, bem como verificar a origem botânica deste mel.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área comercial de soja, durante a safra 2012/13, no município de Hulha Negra, RS, em altitude de 230 m, latitude de 31°18'52"S e longitude de 53°58'02"O. A soja foi semeada em 14/12/2012, com espaçamento entre linhas de 0,45 m, com a cultivar A 6411 RG, ciclo precoce (135 dias) e grupo de maturação 6.4. As operações de semeadura, adubação e demais tratos culturais (controle de plantas daninhas e doenças) foram executados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura (REUNIÃO, 2012).

Na primeira área experimental (Figura 6a), equivalente a 19,70 hectares, foram instaladas no dia 15/02/2013, quatro colmeias modelo Langstrogh, habitadas por colônias de abelhas africanizadas, adaptadas às condições climáticas da região e em bom estado sanitário. As colônias de *Apis mellifera*, apresentavam boa sanidade e população uniforme, contendo de 6 a 8 quadros de cria e 2 a 4 quadros de alimento.

A área experimental foi uma lavoura comercial de soja, dividida em 4 tratamentos realizados em faixas, seguindo o percurso de aplicação do pulverizador autopropelido Marca Stara, modelo Gladiador, com 80 L/ha de água. Os tratamentos tiveram a seguinte distribuição: 1- Tiametoxan + Lambda-Cialotrina na dose de 200 ml/ha; 2- Imidacloprid + Beta-cyfluthrin 1 L/ha; 3- Acefato 700g/ha e 4- Testemunha, além da utilização do fungicida Azoxystrobin+Ciproconazol na dose de 350 ml/ha nos tratamentos com inseticidas. A aplicação dos tratamentos foi realizada no dia 02/03/2013, quinze dias após a alocação das colmeias na área.

Na segunda área (Figura 6b), o experimento estava constituído de quatro gaiolas teladas (milimetradas) com medidas de área de 32 m² cada, com dimensões de 4m de largura x 8m de comprimento x 2m de altura, com uma colônia no interior de cada, para que ocorra uma pressão de polinização na soja pulverizada em uma área restrita. A alocação destas colmeias, habitadas por abelhas africanizadas, adaptadas às condições ambientais da região, ocorreu no dia 15/02/13. Estas colônias, apresentavam boa sanidade e população uniforme,

contendo de 3 a 4 quadros de cria e 1 a 2 quadros de alimento e uma população com cerca de 5 mil abelhas por núcleo.

Cada gaiola recebeu um dos tratamentos inseticidas da primeira área, no dia 02/03/2013, com um pulverizador costal pressurizado a CO₂, dotado de uma barra de dois metros, com quatro bicos XR 110.02 e com um volume de calda de 150 L/ha. Nas duas áreas experimentais as colônias foram introduzidas, conforme Jay (1986), quando 10 a 20% das plantas se encontravam no início do florescimento, correspondente ao estágio R1 da soja que é caracterizado por uma flor aberta em qualquer nó da haste principal (FERH; CAVINESS, 1977). No início da formação de vagens, as colmeias foram removidas da área de estudo. A descrição dos tratamentos encontra-se na Tabela 1.



Figura 6 – Lavoura comercial com alocação de colmeia (a) e as quatro gaiolas fechadas (b).

Tabela 1 – Pesticidas aplicados na soja (*Glycine max* (L.) Merrill) durante a exposição das abelhas em soja, Hulha Negra- RS,2013.

Nome comercial	Ingrediente ativo	Grupo Químico	Classe	Tipo de formulação	Classe toxicológica	Dosagem aplicada
Engeo™ Pleno	Tiametoxam e Lambda-Cialotrina	Neonicotínóide Piretróide	Inseticida sistêmico de contato e ingestão	Suspensão concentrada	III – medianamente tóxico	200 ml/ha
Connect	Imidacloprido e Beta-Ciflutrina	Neonicotínóide Piretróide	Inseticida sistêmico	Suspensão concentrada	II – altamente tóxico	1000ml/ha
Orthene 750 BR	Acefato	Organofosforado	Inseticida acaricida sistêmico, de contato e ingestão	Pó solúvel	IV – pouco tóxico	700g/ha
Priori Xtra	Azoxystrobin e Ciproconazol	Estrobirulina Triazol	Fungicida sistêmico	Suspensão concentrada	III – medianamente tóxico	300 ml/ha

Para a determinação de multiresíduos no mel, logo após o fim do período de florescimento, foram coletadas, em frascos individuais, amostras de mel provenientes de cada colmeia alocada nas áreas de estudo. Estas amostras foram identificadas e enviadas ao Laboratório de Análise de Resíduos de Pesticidas (LARP), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria-RS, para a detecção de possíveis resíduos de pesticidas. A análise levou em consideração a detecção dos princípios ativos dos produtos que foram aplicados na lavoura e nas gaiolas, principalmente durante o período de florescimento da cultura. Esta foi realizada pelo o método analítico de cromatografia líquida UHPLC-MS/MS.

Para verificação da origem botânica foram coletadas quatro amostras de mel, uma por colmeia da lavoura comercial e, enviadas ao Laboratório de Apicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre-RS. A análise polínica foi efetuada pela identificação dos tipos polínicos encontrados nas lâminas de mel, por meio da comparação morfológica dos grãos de pólen (BARTH, 1989).

Além do envio de amostras para análise, foram realizadas inspeções periódicas durante o estudo a fim de verificar a condição sanitária das colmeias, com o auxílio do apicultor Gerson Fensterseifer, proprietário da empresa Distribuidora de Alimentos Tio Gerson LTDA., que cedeu as colmeias para o estudo. Entre os itens da inspeção estavam:

produção de mel, postura e sanidade das crias, coleta de pólen e néctar e possíveis alterações comportamentais da população causadas pela utilização de pesticidas na cultura.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as concentrações de pesticidas detectados no mel (Tabela 2), apenas o inseticida Acefato contaminou as amostras coletadas nas quatro colmeias pertencentes à área comercial, com concentração máxima de 0,52 mg kg⁻¹. Os resultados apresentaram concentrações bem acima do permitido, sendo 0,0125 mg kg⁻¹ para limite de detecção (LOD) e 0,025 mg kg⁻¹ para limite de quantificação (LOQ) do método analítico de cromatografia líquida UHPLC-MS/MS.

No que diz respeito às inspeções realizadas nas quatro colmeias pertencentes à lavoura comercial, todas apresentavam postura boa ou ótima, população normal ou acima da normalidade, boa sanidade, alta população de crias, e boa quantidade de pólen e néctar coletado pelas campeiras.

Tabela 2 – Análise dos resíduos de pesticidas aplicados durante o período de floração da soja em Hulha Negra - RS, 2013.

			Gaiola fechada				Lavoura comercial			
			T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Ingrediente	LOD	LOQ	Concentração							
Ativo	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)							
Acefato	0,0125	0,025	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0,12	0,52	0,23	0,49
Azoxistrobina	0,0125	0,025	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ciproconazol	0,05	0,125	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Diflubenzuron	0,125	0,250	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Epoxiconazol	0,025	0,05	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Imidacloprido	0,0125	0,025	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Piraclostrobina	0,0125	0,025	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Profenofos	0,0125	0,025	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Tiametoxan	0,0125	0,025	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

LOD: Limite de detecção do método. LOQ: Limite de quantificação do método. N.D: Não detectado

No geral, a presença de Acefato e dos outros ingredientes ativos, não influenciaram na dinâmica da população, não sendo registrada nenhuma anomalia relacionada a este grau de contaminação no mel, através das inspeções sanitárias realizadas após a pulverização. Este fato diverge com os relatos de diversos autores, que citam que alguns comportamentos das abelhas podem fornecer indícios de que a colmeia esta sendo afetada por substâncias tóxicas, como: grande número de abelhas mortas nas proximidades das colônias, decréscimo na produção de progênie, diminuição da atividade de forrageamento, incapacidade de substituição da rainha, mortalidade e má formação das larvas (WALLER et al., 1979; STONER et al., 1985; ATKINS; KELLUN,1986; DE WAEL et al., 1995; HAYNES, 1998; HASSANI et al., 2005; PINTO; MIGUEL, 2008).

Apesar dos resultados não demonstrarem resíduos no mel, no experimento de gaiolas fechadas, a gaiola pulverizada com o tratamento Acefato apresentou efeitos comportamentais em inspeção sanitária realizada 5 dias após a aplicação dos tratamentos. No entorno da colmeia em que foi aplicado este tratamento e nas extremidades da gaiola, houve a constatação de um relevante número de abelhas mortas no solo (Figura 7). Este dado concorda com a literatura supracitada, porém não houve a contaminação da colônia, pois as abelhas contaminadas não regressaram a colmeia.



Figura 7 – Abelhas mortas no entorno da colmeia em área de soja sob gaiola telada no tratamento Acefato, Hulha Negra, RS, 2013.

Para as áreas tratadas com os demais inseticidas não foi detectado a presença de contaminantes no mel. Ambos os ingredientes ativos dos tratamentos Tiametoxam+Lambda-Cialotrina e Imidacloprid+Beta-Ciflutrina pertencem à classe química dos neonicotinóides e piretróides. Em estudo de campo realizado por Milfont (2012) onde foram utilizados diversos pesticidas, também não foram detectados a presença de contaminantes no mel. No caso do inseticida Tiametoxam+Lambda-Cialotrina, o autor afirma que o composto possui grande efeito de choque e desorientação sobre as abelhas, deste modo, as contaminadas não conseguiram regressar a colmeia e conseqüentemente não contaminaram o mel produzido. Para inseticidas da classe química dos piretróides, por não apresentarem ação sistêmica, degradam-se rapidamente nas condições climáticas e provavelmente não contaminaram os visitantes florais.

Do mesmo modo, outros autores citam que o Imidacloprid em doses subletais apresenta alterações no desempenho de aprendizado e na memória durante o processo de forrageamento, bem como afeta o comportamento das forrageiras, reduz a movimentação, a mobilidade e a capacidade de comunicação das abelhas. Altera ainda, significativamente, a distância comunicada da fonte de alimento pelas abelhas campeiras para as colônias, dificultando o seu retorno a esta (BORTOLOTTI et al., 2003; DECOURTYE; LACASSIE; PHAM-DELEGUE, 2003). Sendo assim, sugere-se que conseqüentemente por esta dificuldade, não contaminaram o mel produzido, pelo fato de não retornarem a colmeia.

Em relação à avaliação da origem botânica, a florada da soja foi quantificada como predominante (Figura 8), através do cálculo da percentagem de cada tipo polínico, sendo classificada como o pólen dominante (PD > 45% do total de grãos) em duas das quatro amostras. Na terceira amostra, a florada da soja foi classificada como pólen acessório (PA, de 15 a 45% do total de grãos) (BARTH, 1970) e a florada do eucalipto como predominante. Este fato pode ser explicado pelo armazenamento do pólen de eucalipto durante o período anterior ao estudo, uma vez que o seu florescimento ocorre anteriormente ao da soja, na região. Na quarta amostra não houve florada predominante nem detecção de pólen em grande quantidade, pois esta não foi representativa. Tais resultados apontam a soja como principal fonte de recursos alimentícios devido à alta disponibilidade de pólen e néctar nas proximidades das colmeias.



Figura 8 – Lâminas de mel com espécie pólen dominante, soja (*Glycine Max*).

Em condições de campo, não há controle das variáveis ambientais e existem outros fatores que podem causar mudanças na saúde da colônia. O vento, a temperatura e a umidade relativa do ar têm grande efeito na eficiência obtida após a aplicação de um determinado produto. Fatores como a deriva e a evaporação podem efetivar perdas na pulverização e consequentemente minimizar o risco de contaminação por pesticidas. Assim, é possível apenas sugerir que esta situação seja consequência da presença de resíduos de agrotóxicos. Para obter essa confirmação é importante que testes realizados em laboratório identifiquem e quantifiquem os efeitos subletais dos agrotóxicos aplicados na espécie utilizada, para, a partir daí, inferirmos com mais acurácia que tais sequelas são consequências dos efeitos subletais gerados (ROCHA; ALENCAR, 2012).

2.4 CONCLUSÃO

A utilização do inseticida Acefato ocasiona o decréscimo da população de abelhas e a contaminação do mel de *Apis mellifera*.

Os inseticidas à base de neonicotinóide não causam contaminação ao mel e nem efeitos nocivos às colmeias, sendo possível a sua utilização sem maiores restrições.

2.5 REFERÊNCIAS

ALLEN-WARDELL, G. et al., The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. **Conservation Biology**, v. 12, p. 8-17, 1998.

ATKINS, E. L.; KELLUM, D. Comparative morphogenic and toxicity studies on the effect of pesticides on honeybee brood. **Journal of Apicultural Research**, v. 25, p. 242-255, 1986.

BARTH, O. M. Análises microscópicas de algumas amostras de mel. 2- pólen acessório. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, v. 42, p. 351-366. 1970.

BARTH, O. M. **O pólen no mel brasileiro**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ. 1989. 152p.

BORTOLOTTI, L.; MONTANARI, R.; MARCELINO, J.; MEDRZYCHI, P.; MAINI, S.; PORRINI, C. Effects of sublethal imidacloprid doses on the homing rate and foraging activity of the honey bees. **Bulletin of Insectology**, v. 56, p. 63-67, 2003.

CHIARI, W. C. et al. Pollination of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). **Braz. Arch. Biol. Technol.**, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 31-36, 2005.

CHIARI, W. C. *et al.* Polinização por *Apis mellifera* em soja transgênica (*Glycine max* (L.) Merrill) Roundup Ready cv. BRS 245 RR e convencional cv. BRS 133. **Acta Sci. Agron.**, v.30, n.2, p. 267-271, 2008.

DE WAEL, L.; DE GREEF, M. ; VAN LAERE, O. Toxicity of pyriproxifen and fenoxycarb to bumble bee brood using a new method for testing insect growth regulators. **Journal of Apicultural Research**, v. 34, p. 3-8, 1995.

DECOURTYE, A.; LACASSIE, E.; PHAM-DELEGUE, M. H. Learning performances of honey bees are differentially affected by imidacloprid according to the season. **Pest Management Science**, v. 59, p. 269-278, 2003.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A. & DELPUECH, J. M. 2007. The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. **Ann. Rev. of. Entomology**, 52:81-106

DUPONT, G. Les abeilles malades de l'homme, **Le Monde**, 29 August 2007. Disponível em: <http://www.lemonde.fr/cgi-bin/ACHATS/acheter.cgi?offre=ARCHIVES&type_item=ART_ARCH_30J&objet_id=1002393&clef=ARCTRK-NC_01>. Acesso em: 27 set. 2012.

FAO (Food and Agriculture Organization). Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – the international response. In: FREITAS, B. M.; PORTELA, J. O. B. (Ed.). **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza, Imprensa Universitária, p. 285, 2004.

FÁVERO, A. C.; COUTO, R. H. N. **Polinização Entomófila Em Soja** (*Glycine Max* L. Var. FT2000). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13., CBA, 2000, Florianópolis. Anais... CD-ROM.

FERH, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).

FREE, J. B. **Management of honeybee colonies for pollination**. London: Academic Press, 1970. p.65-88: Insect pollination of crops.

FREE, J. B. Insect pollination of crops. London: **Academic Press**, 1993.

FREITAS, B. M. **The pollination efficiency of foraging bees on apple** (*Malus domestica Borkh*) **and cashew** (*Anacardium occidentale* L.). 1995. 197f. Tese (PhD em Abelhas e Polinização). - Programa de Pós-Graduação, University of Wales, U.K.

HASSANI, A. K.; DACHER, M.; GAUTHIER, M.; ARMENGAUD, C. Effects of sublethal doses of fipronil on the behavior of honey bee (*Apis mellifera*). *Pharmacology Biochemistry and Behavior*. **Fayetteville**, v. 82, p. 30- 39, 2005.

HAYNES, K. F. Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. **Annual Reviews of Entomology**, v. 33, p. 149-168. 1998.

HOWER, F. N. **Plantas melíferas**. Barcelona: Reverté, 35p., 1953

KEARNS, C. A.; INOUE, D. W.; WASER, N. M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. **Annual Review of Ecology and Systematics** 29: 83–112, 1998.

KEVAN, P. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species activity and diversity. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 373-393, 1999.

KEVAN, P. G. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature. **Ministry of Environment (MMA)**, Brasília, DF. 313p., 2002.

KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Pollinating bees**: The conservation link between agriculture and nature. Brasília: MMA, 336 p., 2006.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; THORP, R. W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. **Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A.**, v. 99, p. 16812-16816, 2002.

JAY, S. C. Spatial management of honeybees on crops. **Annual Reviews of Entomology**, v. 31, p. 49-65, 1986.

JAYCOX, E. R. Ecological relationships between honey bees and soybeans. **Am. Bee J.** v. 110, n. 8, p. 306-307, 1970.

JOHANSEN, C. A.; MAYER, D. F. **Pollinator protection. A bee pesticide handbook.** Cheshire, USA: Wicwas Press, 1990.

JOHNSON, R. **Honey Bee Colony Collapse Disorder**, 2010. Disponível em: <<http://www.fas.org/sgp/crs/misc/RL33938.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2013.

LARSEN, T. H.; WILLIAMS, N. W.; KREMEN, C. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. **Ecology Letters**, v. 8, p. 538-547, 2005.

MALASPINA, O.; SOUZA, T. F.; ZACARIN, E. C. M. S.; CRUZ, A. S.; JESUS, D. **Efeitos provocados por agrotóxicos em abelhas no Brasil.** In: ANAIS DO ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 8., Ribeirão Preto, 2008. Anais... São Paulo, p. 41-48, 2008.

MALASPINA, O.; NOVELLI, R. C. F.; SILVA-ZACARIN, E. C. M.; SOUZA, T. F.; **Defesa de apiários e meliponários contra agrotóxicos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 18., 2010. Cuiabá. Anais... Mato Grosso, 5 p. 2010.

MOONEY, H.; CROPPER, A.; REID, W. Confronting the Human dilemma. **Nature**, n. 434, p. 561-562, 2005.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, v. 14, p. 266-281, 2010.

PINTO, M. R.; MIGUEL, W. Intoxicação de *Apis mellifera* por organofosforado na região do Vale do Itajaí, SC. 2008. In: **ANAIS DO CONBRAVET**. Disponível em: <<http://www.sovergs.com.br/conbravet2008/anais/cd/resumos/R1080-2.pdf>>. Acesso em: 6 nov. 2012.

RATNIEKS, F. L. W.; CARRECK, N. L. Clarity on Honey Bee Collapse. **Science**, v. 327, n. 5962, p. 152-153, 2010.

REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 39., Passo Fundo, 2012. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2012/2013 e 2013/2014. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 142 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 107).

RICKETTS, T. H; REGETZ, J.; et al., Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, 11: 499-515., 2008.

RIEDL, H.; JOHANSEN, E.; BREWER, L.; BARBOUR, J. **How to reduce bee poisoning from pesticides**. Oregon State University, Corvallis. PNW (Pacific Northwest Extension). 26 p., 2006.

ROBACKER, D. C. *et al.* Effects of climatic and edaphic factors on soybean flowers and on the subsequent attractiveness of the plants to honey bees. **Field Crops Research**, v. 6, p. 267-278. 1983.

ROCHA, M. C. L; ALENCAR, S. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento**. Brasília: Ibama, 88p., 2012,

RUST, R. W.; MASON, C. E.; ERICKSON, E. H. Wild Bees on Soybeans, *Glycine max*. **Environ. Entomol.** v. 9 , p. 230-232 , 1980.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDREA, M. M. **Monitoramento de risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, p. 29, 2004.

STONER, A.; WILSON, W. T.; HARVEY, J. Acephate (Orthene): effects on honey bee queen, brood and worker survival. **American Bee Journal**, v. 125, p. 448-450, 1985.

THOMPSON, H. M. Behavioural effects of pesticides in bees – their potential for use in risk assessment. **Ecotoxicology**, v. 12, p. 317-330, 2003.

TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, p. 671-677, 2002.

UNDERWOOD, R. B.; VANENGELSDORP, D. **Colony Collapse Disorder: Have We Seen This Before?** 2007. Disponível em: <www.beeculture.com/content/ColonyCollapseDisorder.cfm>. Acesso em: 26 set. 2012.

VANENGELSDORP, D.; EVANS, J. D.; SAEGERMAN, C.; MULLIN, C.; HAUBRUGE, E.; NGUYEN, B. K.; FRAZIER, M.; FRAZIER, J.; COX-FOSTER, D.; CHEN, Y.; UNDERWOOD, R.; TARPY, D. R.; PETTIS, J. S. “Colony Collapse Disorder: A Descriptive Study”. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, n. 8, v. 4, 2009.

VILA, V. P. V. **Efeito das abelhas africanizadas, *Apis mellifera* L., na hibridação e na produtividade da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 58f. 1988. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.

WALLER, G. D.; BARKER, R. J.; MARTIN, J. H. Effects of dimethoate on honeybee foraging. **Chemosphere**, v. 7, p. 461-463, 1979.

3 CAPÍTULO III

EFEITO DA POLINIZAÇÃO DE ABELHAS MELÍFERAS NA PRODUTIVIDADE DA SOJA

Resumo: O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da polinização por *Apis mellifera* na produtividade da soja, com aplicação de inseticidas. O estudo foi realizado na safra 2012/13, no município de Hulha Negra, RS. O experimento foi conduzido no delineamento bifatorial, onde o fator A- abelhas foi composto pelos seguintes tratamentos: gaiola fechada com abelhas; gaiola fechada sem abelhas; área de livre visitação a insetos; e fator B- inseticidas: 1- Tiametoxam+Lambda-Cialotrina; 2- Imidacloprid+Beta-Ciflutrina; 3- Acefato; 4- Testemunha. Cada tratamento foi aplicado em uma gaiola com dimensões de 4m x 8 m x 2 m. A montagem das gaiolas e a alocação das colmeias ocorreram no início do florescimento. A aplicação dos tratamentos inseticidas foi realizada com um pulverizador costal, pressurizado a CO₂, e com um volume de calda de 150 L/ha, durante o período de florescimento. Após o final do florescimento, foram retiradas as colméias e desmontadas as gaiolas, e cada área foi demarcada com estacas para posterior colheita e processamento das amostras. A colheita das parcelas ocorreu durante maturação da soja, a área útil colhida foi de 3 m² em cada tratamento, e a produção foi obtida após a debulha, limpeza, classificação e pesagem dos grãos sendo avaliado o rendimento de grãos (g/3m²), e o peso de 100 grãos (g) posteriormente. Ambos os fatores apresentaram aumento de seus valores na área de livre visitação de polinizadores em todos os tratamentos inseticidas quando comparado aos tratamentos de gaiola fechada com e sem abelhas. A produção média de 3494,44 Kg/ha⁻¹ representou um incremento de 16,6% e 15,6% na produtividade em relação ao tratamento gaiola com abelhas e gaiola sem abelhas, respectivamente. Com isso, conclui-se que a presença de *Apis mellifera*, durante o período de florescimento da soja, diminui a produtividade, afirmando que a soja realiza autofecundação e não se beneficia de polinizadores.

Palavras-chave: Autógama. Gaiolas. *Apis mellifera* L..

3 CHAPTER III

EFFECT OF POLLINATION FROM HONEYBEES ON SOYBEAN YIELD

Summary: The study aimed to evaluate the effect of pollination by *Apis mellifera* on soybean yield with insecticide application. The study was conducted in 2012/13 crop in the town of Hulha Negra, RS. The experiment was conducted in a factorial design, where a factor A- bee was composed of the following treatments: closed cage with bees; closed cage without bees; area free insect visitation, and factor B -insecticides: 1- Lambda-cyhalothrin+thiamethoxam; 2- Beta-cyfluthrin+imidacloprid; 3- Acephate; 4- Untreated. Each treatment was applied in a cage with dimensions of 8m x 4m x 2m. The assembly of the cages and the allocation of hives occurred at the beginning of flowering. The application of insecticide treatments was performed with a backpack sprayer, pressurized CO₂, and with a spray volume of 150 L/ha during the flowering period. After the end of flowering, the beehives were removed and disassembled the cages, and each area was demarcated with stakes for later harvesting and processing of samples. The harvest of the plots occurred during maturation of soybean, the floor area of 3 m² was harvested in each treatment, and production was obtained after threshing, cleaning, grading and weighing of grain being evaluated grain yield (g/3m²), and weight of 100 grain (g) later. Both factors showed increased values in the area of free pollinator visitation in all insecticide treatments when compared to the closed cage bees with and without treatments. The average production of 3494.44 Kg/ha⁻¹ represented an increase of 16.6 % and 15.6 % in productivity compared to treatment with bee cage and cage without bees, respectively. Thus, it is concluded that the presence of *Apis mellifera*, during soybean flowering, lowers productivity, stating that soy performs selfing and does not benefit from pollinators.

Keywords: Autogamous. Cages. *Apis mellifera* L..

3.1 INTRODUÇÃO

A área de soja plantada no Brasil na safra 2012/13 apresentou um aumento de 10,7% em relação a safra anterior. Este recorde ficou estimado em 27.721,6 mil hectares. Do mesmo modo, a produtividade média registrada para a Região Centro-Sul, principal região produtora, apresentou um incremento de 15,1%, quando comparado com o observado no exercício anterior. A produção foi recorde, 81.456,7 milhões de toneladas, comparada com 66.383,0 mil toneladas em 2011/12, representando um aumento de 22,7% (CONAB, 2013). Esse crescimento acontece com o aumento de novas áreas para cultivo, ao invés de incrementos na produtividade, o que tem levado a sérios impactos de ordem ecológica e de conservação (FREITAS et al., 2009).

Uma das principais razões pelas quais os produtores buscam aumentos de produção por meio da expansão da área plantada é a existência de déficits de polinização, que levam a cultura a produzir abaixo do seu potencial (VAISSIÈRE et al., 2011). A supressão deste déficit de polinização por meio da introdução de agentes polinizadores bióticos poderia elevar os níveis produtivos do cultivo, diminuindo a pressão sobre as áreas de vegetação natural (ANONYMOUS, 2010).

Nos Estados Unidos, os serviços de polinização das abelhas são estimados em 15 a 20 bilhões de dólares por ano e a área cultivada, necessitando destes serviços, está maior que antigamente mesmo que as populações de abelhas estejam em declínio. Na Europa, estima-se que 86% dos cultivos dependam da polinização realizada pelas abelhas (MORSE; CALDERONE, 2000; GALLAI et al., 2009). No Brasil, apenas duas culturas de maior expressão econômica dependem do uso de polinizadores em larga escala, a maçã na Região Sul e o melão na Região Nordeste. Além destas, são poucas as informações sobre culturas que investem recursos financeiros na polinização (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2004). No que se refere às abelhas, a *Apis mellifera* é a espécie polinizadora mais utilizada nas monoculturas mundiais (WILLIAMS, 1994), sendo responsável por cerca de 90% da produtividade dos frutos e sementes cultivados (SOUTHWICK; SOUTHWICK, 1992).

A soja é considerada uma espécie essencialmente autógama, com flores perfeitas, possuindo os órgãos masculinos e femininos dentro da corola (SEDIYAMA, 1985). A liberação do pólen e a receptividade do estigma em algumas variedades acontecem antes mesmo da abertura da flor, ocorrendo um processo conhecido como cleistogamia (MULLER, 1981). Assim, a autopolinização prevalece na soja (DELAPLANE; MAYER 2000). Por outro

lado, Erickson (1982) e Free (1993) relatam que em algumas variedades o percentual de vingamento de flores é menor que 25%, o que poderia ser devido a um déficit de polinização. De fato, Van Schaik e Probst (1958), (citados por McGREGOR, 1976) encontraram taxa de fertilização tão baixa quanto 13%. Os mesmos autores fazem referência ainda à quantidade de vagens formadas, que é bem inferior ao número total de flores produzidas. Assim, levanta-se a questão se a polinização da soja seria um dos fatores limitantes na produção (DELAPLANE; MAYER, 2000).

Vários são os relatos de abelhas nas flores de soja, principalmente da espécie *Apis mellifera* (FREE, 1970, 1993; JAYCOX, 1970; RUST et al., 1980; FÁVERO, 2000; CHIARI, 2005). A constante presença desta abelha é decorrente da existência de nectários bem desenvolvidos nas flores e da produção de néctar de boa qualidade (ROBACKER et al., 1983; VILA, 1988). No entanto, a soja apresenta mecanismos que facilitam a autopolinização, o que geralmente dificulta a identificação de déficits de polinização já que a cultura consegue produzir em níveis economicamente viáveis, embora geralmente aquém do seu potencial real.

Apesar da existência de extensas áreas plantadas e informações de visitas de abelhas melíferas às suas flores, os plantios de soja não são explorados para atividade apícola, possivelmente devido à intensa utilização de defensivos agrícolas que causariam o extermínio das colônias e a possibilidade de produção de um mel contaminado, pondo em risco a saúde dos consumidores. Este massivo e generalizado uso de defensivos agrícolas no seu cultivo, geralmente impede observar o efeito da polinização biótica na cultura, tanto devido aos efeitos letais quanto sub-letais sobre os visitantes florais (FREITAS; PINHEIRO, 2010; PINHEIRO; FREITAS, 2010).

Segundo Freitas; Imperatriz Fonseca (2004) não há relatórios, no Brasil, sobre o uso em grande escala de serviços de polinizadores no café, algodão e soja, apesar de estudos mostrarem que essas culturas são beneficiadas pelos serviços de polinização prestados por agentes bióticos. O que se observa são resultados bastante satisfatórios, porém muitas vezes discrepantes. Enquanto, alguns autores observaram aumentos na produtividade da cultura em função da presença de abelhas melíferas, outros relatam a não influência das abelhas na produção da cultura (ERICKSON, 1975; ABRAMS et al., 1978; ERICKSON et al., 1978; ISSA et al., 1980).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de *Apis mellifera* na produtividade obtida, em diferentes sistemas de polinização, com aplicação de inseticidas na soja.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado durante a safra 2012/13, no município de Hulha Negra, RS, em altitude de 230 m, latitude de 31°18'52"S e longitude de 53°58'02"O. A soja foi semeada em 14/12/2012, com espaçamento entre linhas de 0,45 m, com a cultivar A 6411 RG, ciclo precoce (135 dias) e grupo de maturação 6.4. As operações de semeadura, adubação e demais tratamentos culturais (controle de plantas daninhas e doenças) foram executados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura (REUNIÃO, 2012).

O experimento foi um delineamento bifatorial, onde o fator A- abelhas, foi dividido em três tratamentos: gaiola fechada com abelhas, gaiola fechada sem abelhas e área de livre visitação à insetos. O fator B- inseticidas, dividido em quatro tratamentos: 1- Tiametoxam+Lambda-Cialotrina; 2- Imidacloprid+Beta-Ciflutrina; 3- Acefato; 4- Testemunha. Cada tratamento foi instalado em uma gaiola com dimensões de 4m de largura x 8 m de comprimento x 2 m altura, totalizando uma área de 32 m² (Figura 9). A aplicação dos tratamentos foi realizada no dia 02/03/2013 com um pulverizador costal, pressurizado a CO₂, dotado de uma barra de dois metros, com quatro bicos XR 110.02 e com um volume de calda de 150 L/ha.

A alocação das quatro colmeias/núcleo, habitadas por colônias com cerca de 5 mil abelhas africanizadas, adaptadas às condições ambientais da região, fornecidas pelo apicultor Gerson Fensterseifer, ocorreu no dia 15/02/2013. Foi colocada uma colônia por gaiola, no tratamento gaiola fechada com abelhas. Estas apresentavam boa sanidade e população uniforme, contendo de 3 a 4 quadros de cria e 1 a 2 quadros de alimento.



Figura 9 – Gaiola telada (4 m x 8m x 2m), em Hulha Negra, RS, 2013.

As gaiolas foram montadas e revestidas com tela de nylon, na área de estudo, antes da fase de florescimento. Logo após, as colônias foram introduzidas quando 10 a 20% das plantas se encontravam em início do florescimento.

As colmeias foram removidas no início da formação de vagens e as instalações foram substituídas por estacas, que permaneceram nas parcelas até a colheita. A área útil colhida foi de 3 m² em cada tratamento. A produção foi obtida após a debulha, limpeza, classificação e pesagem dos grãos e avaliados o peso de 100 grãos (g) e a produção (g/3m²), convertida para kg/ha⁻¹.

Para análise da produção e peso de 100 grãos, utilizou-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 Beta (2009). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste bifatorial. E para a comparação das médias das variáveis, utilizou-se o teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados a produção de grãos em kg/ha⁻¹ e o peso de 100 grãos em g, para as três situações de polinização e tratamentos inseticidas aplicados (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias da produção de soja (kg/ha⁻¹) sob efeito de tratamentos inseticidas e presença de *Apis mellifera* L.

Abelhas	Inseticidas				Médias
	Tiametoxan +Lambda- Cialotrina	Imidacloprid + Beta- cyfluthrin	Acefato	Testemunha	
Gaiola com abelhas	3190,45	3105,32	3077,83	2295,56	2917,29 b
Gaiola sem abelhas	3352,81	3219,36	2872,15	2352,03	2949,09 b
Área livre visitação	3559,86	3512,86	3650,15	3254,89	3494,44 a
Médias	3367,71 A	3279,18 A	3200,05 A	2634.16 B	

Não aplicado o teste de comparação de médias, pois F interação não foi significativo. CV% =12,86
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

As análises estatísticas mostraram que não ocorreu interação entre o Fator A- abelhas e o Fator B- inseticidas, apenas as médias diferiram estatisticamente. A área de livre visitação de polinizadores apresentou maior produtividade em relação aos tratamentos de gaiola fechada com e sem abelhas, diferindo estatisticamente destes. A produção média de 3494,44 Kg/ha⁻¹ representou um incremento de 15,6% e 16,6% na produtividade da área de livre visitação em relação aos tratamentos gaiola sem abelhas e gaiola com abelhas, respectivamente. Este acréscimo foi de 9,6 sc/ha⁻¹ em relação ao tratamento de gaiola fechada com abelhas.

As gaiolas fechadas com abelhas induzem a uma alta pressão de forrageamento em um delimitado espaço com apenas um tipo de recurso floral. Nos locais de livre visitação, demarcados com mesmas medidas das gaiolas, o livre forrageamento de insetos polinizadores pode explicar essa diferença na produtividade. Além disso, fatores climáticos como o vento, temperatura, umidade e radiação potencializam o rendimento em campo aberto se comparado à um ambiente telado, onde há uma menor dispersão de vento e o sombreamento nas gaiolas afeta a radiação e, conseqüentemente a temperatura no local.

Os tratamentos gaiola fechada com e sem abelhas não apresentaram diferenças estatísticas entre si, com valores de produção similares, de 2917,17 kg/ha⁻¹ e 2949,09 kg/ha⁻¹, respectivamente. O que indica que a introdução de *Apis mellifera* como polinizadora, não influenciou na produtividade da soja. Os baixos rendimentos nas duas situações estão relacionados aos fatores climáticos que são prejudicados no ambiente telado.

Com relação aos tratamentos inseticidas, as médias diferiram estatisticamente da testemunha, nas três situações de polinização. O tratamento com Tiametoxan +Lambda-Cialotrina foi o que obteve maior produtividade, sendo o mais indicado para o controle de pragas neste estágio fenológico da soja.

Embora a interação entre os fatores seja não significativa, os tratamentos gaiola fechada com abelhas que receberam inseticidas apresentaram média de 52 sc/ha⁻¹. A testemunha, sem aplicação de inseticidas no florescimento e com presença de abelhas, apresentou média de 38,2 sc/ha⁻¹. De acordo com os resultados, a ausência de inseticidas sob a polinização não culminou em ganhos de produtividade. Este fato sugere que a pressão de defensivos não inviabiliza o forrageamento das abelhas melíferas e sim, que as abelhas não influenciam na produtividade da cultura devido à autopolinização da soja.

O tratamento de gaiola fechada sem abelhas confirmou que a soja, sendo uma cultura autógama, não se beneficia da presença de agentes polinizadores mesmo em alta densidade populacional. A produção de 55,8 sc/ha⁻¹ no tratamento Tiametoxan +Lambda-Cialotrina comprova a sua efetividade como autopolinizadora. Embora no tratamento de livre visitação, com o mesmo inseticida, a produção obtida foi de 59,3 sc/ha⁻¹. Este resultado pode estar relacionado às condições climáticas, principalmente pela ação do vento, que em ambiente telado são adversas ao desenvolvimento da cultura quando comparado a uma área livre.

O peso médio de 100 grãos (Tabela 4) foi semelhante entre os tratamentos inseticidas, indicando que os diferentes pesticidas utilizados não influenciaram no rendimento. Em relação aos sistemas de polinização, os resultados comprovaram melhores médias no tratamento área de livre visitação, com peso médio de 17,8 g. A gaiola fechada com presença de abelhas obteve os piores resultados (15,1g), indicando que a polinização das flores restrita à abelhas melíferas, não incrementou a produtividade.

Tabela 4 – Médias do peso médio de 100 grãos (g) sob efeito de tratamentos inseticidas e presença de *Apis mellifera* L.

Abelhas	Inseticidas				Médias
	Tiametoxan +Lambda- Cialotrina	Imidacloprid + Beta- cyfluthrin	Acefato	Testemunha	
Gaiola com abelhas	16,4175 bA	15,4125 bAB	14,5800 bB	14,1700 bB	15,1450 c
Gaiola sem abelhas	18,4025 aA	16,7550 bA	17,2575 aA	14,9250 bB	16,8350 b
Área livre visitação	17,9400 abA	18,7825 aA	17,3675 aA	17,4500 aA	17,8850 a
Médias	17,5866 A	16,9833 AB	16,4016 BC	15,5150 C	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV% = 5.44
 Minúsculas=colunas Maiúsculas=linhas

Há relatos que demonstram benefícios na produtividade da soja causados pela polinização de abelhas. Chiari et al., (2008) constataram aumento na produtividade da soja de 37,84% na área gaiola com abelhas e 41,39% na área de livre visitação, em relação à gaiola sem abelhas. Chiari et al., (2005) demonstraram aumento de 57% na produção de sementes, na cultivar BRS 133, quando se compararam plantas com livre visitação de insetos em relação ao tratamento fechado sem abelhas. Ribeiro; Nogueira-Couto (2002) encontraram maior produção de sementes viáveis (66,17%) resultantes de flores visitadas pelas abelhas.

Pesquisadores como Milum, (1940) e Rubis, (1970) consideram a soja uma espécie autógama que não se beneficia da presença de polinizadores. Apenas 12-22% das flores emitidas pela planta de soja efetivamente chegam à colheita na forma de vagens contendo sementes (DALL'AGNOL, 1980). Dessa forma, o valor da polinização por abelhas torna-se irrelevante, já que a taxa de cruzamentos naturais na cultura é insignificante. Uma vez que, não teria lógica para a planta de soja investir recursos escassos para atrair polinizadores, se a sua estratégia para garantir a formação da maior quantidade possível de sementes é a emissão de cinco a dez vezes mais flores que aquelas que efetivamente vão se transformar em sementes (NOTA TÉCNICA CGA: 56/2013).

Para Erickson (1975), Issa et al., (1980) e Robacker et al., (1983) nem todas as variedades de soja são atrativas às abelhas, devido a fatores próprios determinados por efeitos genéticos e ambientais. Por fim, parece haver variedades que respondem pouco à presença de abelhas, conforme constatado por Sheppard et al., (1979, apud DELAPLANE; MAYER, 2000).

Milfont, (2012) relata que o confinamento das abelhas a uma pequena área com limitada quantidade de flores não reproduz as condições que ocorrem no campo. Chiari et al., (2008), por sua vez, afirmam que os resultados contraditórios e as discussões geradas, quando se trata de polinização na cultura da soja podem ser melhor entendidos se forem levadas em consideração as condições ambientais nas quais são cultivadas.

3.4 CONCLUSÃO

A introdução de *Apis mellifera* na soja não influencia a produtividade da cultura, devido ao fato da soja ser uma espécie autógama onde as taxas de fecundação cruzada são mínimas.

Os tratamentos inseticidas não afetaram a polinização de abelhas, e foram determinantes para o aumento da produtividade da soja.

REFERÊNCIAS

ABRAMS, R. I.; EDWARDS, C. R.; HARRIS, T. Yields and cross-pollination of soybeans as affected by honeybees and alfalfa leaf cutting bees. **American Bee Journal**, v. 118, n. 8, p. 555-556, 1978.

ANONYMOUS. Editorial - How to feed a hungry world. **Nature**, v. 466, n. 7306, p. 531-532, 2010.

CHIARI, W. C. et al. Pollination of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). **Braz. Arch.Biol. Technol.**, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 31-36, 2005.

CHIARI, W. C. et al. Polinização por *Apis mellifera* em soja transgênica (*Glycine max* (L.) Merrill) Roundup Ready cv. BRS 245 RR e convencional cv. BRS 133. **Acta Sci. Agron.**, v. 30, n. 2, p. 267-271, 2008.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira:** grãos, décimo primeiro levantamento, setembro 2013 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2013. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_10_16_05_53_boletim_portugues_setembro_2013.pdf> Acesso em: 21 dez. 2013.

DALL'AGNOL, A. **Flowering and fruiting patterns of five determinate soybean cultivars**. Ph. D. Thesis, University of Florida, 1980. 89 p.

DELAPLANE, K. S.; MAYER, D. F. 2000. **Crop pollination by bees**. New York:CABI Publishing 344p.

ERICKSON, E. H. Effect of honey bees on yield of three soybean cultivars. **Crop Sci.**, Madison, v. 15, n. 1, p. 84-86, 1975.

ERICKSON, E. H.; BERGER, G. S. AND SHANNON, J. G. et al., Honey bee pollination increases soybean yields in the Mississippi Delta Region of Arkansas and Missouri. **Journal of Economic Entomology**, 71, 601-603., 1978.

ERICKSON, E. H. The soybean for bees and bee-keeping. **Apiacta**, v. 18, p. 1-7, 1982.

FÁVERO, A. C.; COUTO, R. H. N. **Polinização Entomófila Em Soja** (Glycine Max L. Var. FT2000). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13., CBA, 2000, Florianópolis. Anais... CD-ROM.

FREE, J. B. **Management of honeybee colonies for pollination**. London: Academic Press, 1970. p.65-88: Insect pollination of crops.

FREE, J. B. Insect pollination of crops. London: **Academic Press**, 1993.

FREITAS, B. M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Economic value of Brazilian cash crops and estimates of their pollination constrains. Pp. 1-4. In: Food and Agriculture Organization Report 02, Agreement Food and Agriculture Organization & Fundação da Universidade de São Paulo. **Economic value of pollination and pollinators**. São Paulo, SP. 64p. 2004.

FREITAS, B. M. et al. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, p. 332-346, 2009.

FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. Efeitos Sub-letais dos Pesticidas Agrícolas e seus Impactos no Manejo de Polinizadores dos Agroecossistemas Brasileiros. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 282-298, 2010.

GALLAI, N., SALLES, J. M., SETTELE, J., et al., 2009. Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted With Pollinator Decline. **Ecological Economics** 68, 810-821.

ISSA, M. R. C. et al. **Ensaio de polinização da soja (*Glycine max*) por abelhas (*Apis mellifera*)**. In: **Congresso Brasileiro de Apicultura**, 5.; Congresso Ibero-Americano de Apicultura, 3., Viçosa - MG. *Anais...* Viçosa - MG., 1980.

JAYCOX, E. R. Ecological relationships between honey bees and soybeans. **Am. Bee J.** v.110 , n.8 , p. 306-307 , 1970.

McGREGOR, S. E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington, D.C.: USDA, 1976. (Agriculture handbook, 496).

MILFONT, M. D. O. **Uso da abelha melífera (*Apis mellifera* L.) na polinização e aumento de produtividade de grãos em variedade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) adaptadas às condições climáticas do nordeste brasileiro**, 2012. Disponível em:<http://www.zootecnia.ufc.br/wa_files/tese2012_marcelo_20de_20oliveira_20milfont.pdf>. Acesso: 17 Set 2012.

MILUM, V. G. **Bees and soybeans**. *Am. Bee J.*, Hamilton, v. 80, p. 22, 1940.

MORSE, R. A.; CALDERONE, N. W. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. **Bee Culture**, v.132, n.3, p.1-15, 2000.

MULLER, L. **Morfologia, anatomia e desenvolvimento**. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Ed.). *A soja no Brasil*. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981, p. 73 - 104.

NOTA TÉCNICA CGA: 56/2013. Cumprimento das medidas governamentais para assegurar a proteção de polinizadores e a proteção fitossanitária das culturas agrícolas, conforme art. 5º da instrução normativa conjunta nº 1 de 28 de dezembro de 2012.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, v. 14, p. 266-281, 2010.

PIPER, C. V.; MORSE, W. J. **The soybean: history, varieties and field studies**. USDA Plant Ind. Bull., Urbana, v. 197, p. 1-84, 1910.

REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 39., Passo Fundo, 2012. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2012/2013 e 2013/2014.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012a. 142 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 107).

RIBEIRO, A. M. F.; COUTO, R. H. N. **Polinização Entomófila De Soja (*Glycine Max*), Cultivar Conquista.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA. CBA, 14., 2002. Campo Grande. Anais... Mato Grosso do Sul, 2002. CD-ROM.

ROBACKER, D. C. *et al.* Effects of climatic and edaphic factors on soybean flowers and on the subsequent attractiveness of the plants to honey bees. **Field Crops Research**, v. 6, p. 267-278. 1983.

RUBIS, D. D. **Breeding insect pollinated crops.** Ark. Agric. Ext. Serv., Little Rock, v. 127, p. 19-24, 1970. SAS-Statistic Analysis System. User's guide: statistics: version 8.0. 13rd ed. Cary: SAS Inst., 2004.

RUST, R. W.; MASON, C. E.; ERICKSON, E. H. Wild Bees on Soybeans, *Glycine max*. **Environ. Entomol.** v. 9, p. 230-232, 1980.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. **Cultura da soja.** Viçosa: UFV, 1985, 96p.

SILVA, F. DE A. S. E. & AZEVEDO, C. A. V. de. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance.** In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SOUTHWICK, E. E.; SOUTHWICK, J. R. L. Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera Apidae) as agricultural pollinators in the United States. **Economic Entomology**, v. 85, p. 621-633, 1992.

VAISSIÈRE, B. E., FRIETAS B. M. & GEMMILL-HERREN, B. **Protocol to detect and assess pollination deficits in crops:** a handbook for its use. Rome, FAO, 2011.

VEDDELER, D., OLSCHESKI, R., TSCHARNTKE, T. & KLEIN, A. M. The contribution of non managed social bees to coffee production: new insights based on farm-scale yield data. **Agroforestry Syst.** 73:109-114, 2008.

VILA, V. P. V. **Efeito das abelhas africanizadas , *Apis mellifera* L., na hibridação e na produtividade da soja (*Glycine max* (L.) Merrill).** 1988. 58p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa.

WILLIAMS, I. H. The dependences of crop production within the European Union on pollination by honeybees. **Agricultural Zoology Review**, v. 6, p. 229-257, 1994.

WOODHAUSE, E. J.; TAYLOR, C. S. **The varieties of soybeans found in Bengal, Bihar and Orissa and their commercial possibilities.** Mem. Dep. Agric. India, Bot. Ser., Calcutta, v. 5, p. 103-175, 1913.