



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



JOICE JARDIM

**INFLUÊNCIA DE BIOTECNOLOGIA E SISTEMA DE PRODUÇÃO NA DINÂMICA
POPULACIONAL DE *Diabrotica* spp. EM PARECIS-MT**

Botucatu

2018

JOICE JARDIM

**INFLUÊNCIA DE BIOTECNOLOGIA E SISTEMA DE PRODUÇÃO NA DINÂMICA
POPULACIONAL DE *Diabrotica* spp. EM PARECIS-MT**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO -
DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Jardim, Joice, 1984-
J37i Influência de biotecnologia e sistema de produção na
dinâmica populacional de *Diabrotica* spp. em Parecis-MT /
Joice Jardim. - Botucatu: [s.n.], 2018
95 p.: fots. color., grafs. color., ils. color.,
tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2018
Orientador: Carlos Gilberto Raetano
Inclui bibliografia

1. Milho - Doenças e pragas. 2. Coleoptero - Controle.
3. Semeadura. 4. Biotecnologia agrícola. 5. Sistema de
Produção. I. Raetano, Carlos Gilberto. II. Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu).
Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

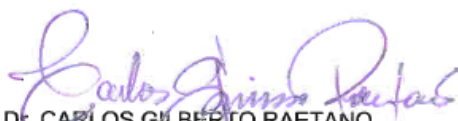
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “INFLUÊNCIA DE BIOTECNOLOGIA E SISTEMA DE PRODUÇÃO NA DINÂMICA POPULACIONAL DE *Diabrotica* spp. EM PARECIS - MT”

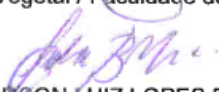
AUTORA: JOICE JARDIM

ORIENTADOR: CARLOS GILBERTO RAETANO

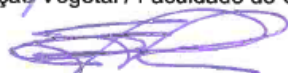
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. CARLOS GILBERTO RAETANO
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. EDSON LUIZ LOPES BALDIN
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. EVANDRO PEREIRA PRADO
Agronomia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Botucatu, 29 de agosto de 2018.

Aos meus amados pais,
Josiléia e Luiz Carlos Jardim,

DEDICO

*“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa,
nunca tem medo e nunca se arrepende”.*

Leonardo da Vinci

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus queridos pais, Luiz Carlos Jardim e Josiléia Franco de Campos Jardim, e meu amado esposo, Edson Jose de Castro Neto, pelo apoio incondicional na realização desse sonho.

Ao Prof. Dr. Carlos Gilberto Raetano, pela orientação, amizade, ensinamentos, paciência e exemplo de professor, desde os primórdios da minha Graduação.

Aos Professores da Programa de Pós-Graduação dessa instituição pelos ensinamentos e todo o conhecimento compartilhado com amor e afinho. Um exemplo extraordinário para a educação do país, que me auxiliaram nessa belíssima jornada de conhecimento.

Ao Professor, Marcelo Alves (Siri), da USP-Piracicaba, Edvaldo A. A. da Silva, Carlos A. C. Crusciol e Marcelo A. Silva (UNESP/FCA) e Rogerio Coimbra (IFMT) pelo carinho, comprometimento e dedicação, que sem a sua orientação esse sonho estaria pela metade.

Aos amigos, Leonardo C. Soares e sua amável esposa, Juliana, que me auxiliaram e aconselharam durante essa jornada.

A todos os envolvidos direta e indiretamente com o meu projeto de pesquisa, que de alguma forma ajudaram ou compartilharam informações para o meu desenvolvimento nesse período.

A todos dos Departamentos de Agricultura e Melhoramento Vegetal e de Proteção Vegetal, pelos incentivos e convivência nessa fase da minha vida.

À Universidade Estadual Paulista e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura, pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado, por terem “aberto as portas” de infindável conhecimento e experiência adquirida, levando a conquista de um sonho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil.

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

A todos, que me ajudaram no desenvolvimento dessa jornada tão especial!

RESUMO

Infestações de *Diabrotica* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) podem causar danos severos nas culturas e comprometer as expectativas de rendimentos. O conhecimento da dinâmica populacional do inseto, em culturas hospedeiras é fundamental para determinação do planejamento estratégico para altos rendimentos. Campo Novo do Parecis – MT é uma importante região agrícola, onde se emprega a semeadura de soja no verão e milho, feijão, algodão e girassol, na segunda safra. O objetivo desse trabalho foi avaliar dentro dos sistemas produtivos da Chapada do Parecis, a ocorrência de *Diabrotica* spp. e a eficiência do uso de biotecnologia no sistema de produção, fornecendo recomendações que auxiliam no gerenciamento das propriedades. Nesse sistema foi observado uma crescente incidência do gênero *Diabrotica* nos cultivos e o desafio de entendimento da mudança na dinâmica da praga. A influência de *Diabrotica* spp. no sistema de produção da região do Parecis – MT e os processos de interações entre seis épocas de semeadura, 5 tipos de tecnologia e dois sistemas de produção soja-milho (SM) e soja-milho-feijão (SMF) em dois anos agrícolas, foram analisados nesse experimento. Esse trabalho identificou as diferenças da dinâmica populacional de *Diabrotica* spp. nos sistemas de produção SM e SMF nas safras 2014/2015 e 2015/2016 e quantificou os momentos de maior incidência da praga no sistema, que correspondem ao período de janeiro a março, auxiliando na estratégia de planejamento agrícola e suas medidas de controle para a região. Foram realizadas 480 observações, onde mais de 2000 adultos de *Diabrotica* spp. foram coletados por meio de contagem em armadilhas adesivas amarelas, sem feromônio. Apurou-se as perdas de produtividade, correlacionando os efeitos de época de semeadura, sistema de produção e biotecnologia adotada em isolinha do híbrido DKB390 com os modos de ação: Convencional – não Bt; RR – cp4 epsps; PRO – Cry1A.105 + Cry2Ab2; PRO2 – Cry1A.105 + Cry2Ab2 + cp4 epsps e PRO3 - Cry1A.105 + Cry2Ab2 + cp4 epsps + Cry3Bb1, ao dano causado pela *Diabrotica* spp. em suas diferentes fases de desenvolvimento. Encontrou-se estimativas de perdas de produtividade na cultura do milho entre 5 a 37% de grãos. Estabeleceu-se assim, uma recomendação para alertar o setor quanto a esse alvo biológico anteriormente não sendo foco principal de controle, devido algumas dificuldades na visualização dos danos diretos e indiretos. Como ferramenta de manejo, sugeriu-se a semeadura com híbridos com proteção de raízes (cry3Bb1), em semeaduras a partir de 15 de fevereiro,

constituindo uma alternativa para exploração do potencial máximo do sistema de produção do milho na região.

Palavras-chave: Sistema de produção. Época de semeadura. *Diabrotica* spp. Biotecnologia. *Zea mays*.

ABSTRACT

Diabrotica spp. infestations can cause severe damage to crops and jeopardize income expectations. Knowledge of insect population dynamics in crops is important to determine strategic planning for high productivity. Campo Novo do Parecis - MT is an important agricultural region, where soybeans are planted in summer and corn, beans, cotton and sunflower in the second harvest. The objective of this work was to evaluate the occurrence of *Diabrotica* spp. with the productive systems of the Chapada do Parecis and the efficiency of the use of biotechnology in the production system, providing recommendations that assist the properties management. This system had an increasing incidence of the genus *Diabrotica* in its crops and a challenge of understanding the change in the dynamics of this pest. This experiment analyzed the influence of *Diabrotica* spp in the production system of the Parecis - MT region and the interaction processes between six planted seasons, five types of technology and two production systems of soybean - corn (SC) and soybean - corn - bean (SCB) in two agricultural years. This work identified the differences in the population dynamics of *Diabrotica* spp. in SC and SCB production systems in the 2014/2015 and 2015/2016 harvests and quantified the periods of greatest incidence of the pest in the system, which corresponds to the period from January to March, that assists in the agricultural planning and the control measures for the region. There were 480 observations, where more than 2000 adults of *Diabrotica* spp. were collected by counting in yellow non-pheromone adhesive traps. The productivity damages were correlated by the effects of the planting season, production system and technology adopted (CV – OGM free; RR – cp4 epsps; PRO – Cry1A.105 + Cry2Ab2; PRO2 – Cry1A.105 + Cry2Ab2 + cp4 epsps e PRO3 - Cry1A.105 + Cry2Ab2 + cp4 epsps + Cry3Bb1) to the damage caused by *Diabrotica* spp. in their different stages of development and were found estimates of corn crop productivity losses between 5 and 37% of the grains. A recommendation was made to alert the industry to this biological target previously not being the main focus of control, due to some difficulties in the visualization of direct and indirect damages. As a management tool, planting with hybrids with rootworm protection was suggested planting starting February 15. Establishing an alternative to exploit the maximum potential of the region's production system with agronomic tools that assist in planning, strategy and decision making, providing ways to assist in the proper development of plants and exploiting the maximum genetic potential production of corn

crops.

Keywords: Production system. Planting season. *Diabrotica* spp. Biotechnology. *Zea mays*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Localização do município de Campo Novo do Parecis-MT.	25
Figura 2.	Localização das propriedades com sistemas de produção Soja-Milho-Feijão (A) e Soja-Milho (B).	40
Figura 3.	Posicionamento das armadilhas externas durante todo período (SM e SMF) e internas posicionadas na cultura do milho na área experimental.	41
Figura 4.	Vista da área experimental (A) na cultura da soja (M8372IPRO), com indicação das armadilhas fixas externas (setas amarelas) (B e E) e a localização das parcelas de semeadura de milho (C) e milho-feijão (D).	42
Figura 5.	Vista da área experimental na cultura do milho em todas as fases de desenvolvimento fenológico da cultura.	43
Figura 6.	Identificação das linhas de semeadura do milho (A), esquerda para direita (E - D), avaliação de raízes nas linhas 3 e 4 (B), avaliação de componentes de produtividade nas linhas 2 e 5 (C).....	44
Figura 7.	Escala de IOWA modificada para análise de danos radiculares de <i>Diabrotica</i> spp.	46
Figura 8.	Remoção da parte radicular das plantas para avaliação de danos segundo a escala de IOWA modificada (0 – 3).	47
Figura 9.	Danos causados por <i>Diabrotica</i> spp. na região de Campo Novo do Parecis - MT no ano de 2012/2013 em áreas comerciais (A, B, C) e a observação das larvas do inseto causando danos no sistema radicular (D). Área comercial contendo híbridos com proteção de raízes e sem proteção (E).	51
Figura 10.	Dinâmica populacional de adultos de <i>Diabrotica</i> spp. na região do Parecis na safra de 2014/2015 em dois sistemas de produção.	52
Figura 11.	Dinâmica populacional de adultos de <i>Diabrotica</i> spp. na região do Parecis na safra de 2015/2016 em dois sistemas de produção.	53
Figura 12.	Precipitação hídrica de Campo Novo do Parecis nas duas propriedades onde foram conduzidos o experimento, de setembro de 2014 a agosto de 2016.	55
Figura 13.	Escala de produção de Milho e Feijão na safra 2017/2018 segundo a Conab.	56
Figura 14.	Dinâmica de <i>Diabrotica</i> spp. no sistema de produção da região de Campo Novo do Parecis-MT.	56
Figura 15.	Flutuação populacional de adultos de <i>Diabrotica</i> spp. no ano agrícola de 2014/2015 e 2015/2016 em Campo Novo do Parecis-MT em dois sistemas de produção (SM – Soja x Milho e SMF – Soja x Milho x Feijão).	57
Figura 16.	Área experimental com cultivo de soja M8372IPRO na coleta de adultos de <i>Diabrotica</i> spp. na dinâmica populacional da cultura da soja.	58

Figura 17.	Área experimental com cultivo de híbridos de milho DKB390 com diferentes tecnologias na coleta de adultos de <i>Diabrotica</i> spp. na dinâmica populacional da cultura do milho.	58
Figura 18.	Coleta de insetos através de armadilha amarela adesiva. A) demonstra as primeiras coletas onde o número de inimigos naturais é superior ao de pragas, alvo ou não desse experimento. B, C e D)	59
Figura 19.	Dinâmica populacional de adultos de <i>Diabrotica</i> spp. em seis épocas de semeadura de milho, associado (SMF) ou não ao cultivo de feijão (SM), nos anos agrícolas de 2014/2015 em Campo Novo do Parecis-MT.	61
Figura 20.	Dinâmica populacional de adultos de <i>Diabrotica</i> spp. em seis épocas de semeadura de milho, associado (SMF) ou não ao cultivo de feijão (SM), nos anos agrícolas de 2015/2016 em Campo Novo do Parecis-MT.	62
Figura 21.	Dinâmica comportamental da <i>Diabrotica</i> spp em seis épocas de semeadura de milho, nos dois sistemas de produção e a associado da fase fenológico da cultura no sistema nos anos agrícola de 2014/2015/2016 em Campo Novo do Parecis-MT.	63
Figura 22.	Sistema de produção na região do Parecis, associado ao ciclo de <i>Diabrotica</i> spp. com a fenologia da cultura do milho e ocorrência de déficit hídrico.	65
Figura 23.	Dados de produtividade no sistema SM comparando as produtividades de 5 tecnologias com ou sem proteção de raízes (Convencional CV, Resistente ao Glifosato RR, Resistente a lagartas PRO, Resistente ao glifosato e lagartas PRO2, Resistente ao glifosato, lagartas da parte aérea e radicular para <i>Diabrotica</i> spp. PRO3) em seis épocas de semeadura.	66
Figura 24.	Dados de produtividade no sistema SMF comparando as produtividades de 5 tecnologias com ou sem proteção de raízes em seis épocas de semeadura.	66
Figura 25.	Análise de covariância entre os efeitos e a produtividade na cultura do milho.	67
Figura 26.	Perdas de produtividade em plantas de milho relacionando os danos radiculares por larvas de <i>Diabrotica</i> spp. (A) e a presença de adultos (B) na época de semeadura.	71
Figura 27.	Danos radiculares em plantas de milho relacionando a produtividade e o sistema de produção adotado.	72
Figura 28.	Danos radiculares em plantas de milho durante a condução do experimento.	74
Figura 29.	Incremento médio geral de produtividade com o uso de biotecnologia para proteção de larvas de <i>Diabrotica</i> spp. em 6 épocas de semeadura.	75
Figura 30.	Resumo das condições de semeadura, deficiência hídrica e flutuação de <i>Diabrotica</i> spp para a região de Campo Novo do Parecis-MT.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Descrição dos tratamentos e dos sistemas de produção em seis diferentes épocas de semeadura no município de Campo Novo do Parecis-MT.	45
Tabela 2.	Valores de F e de probabilidade ($p < 0001$) para os fatores tecnologia, sistema de produção e época de semeadura e interações entre eles.	51
Tabela 3.	Resultado da interação entre época de semeadura, sistema de manejo adotado e produtividade obtida em híbrido de milho com ou sem o uso de proteção para raízes, para controle de <i>Diabrotica</i> spp.	65
Tabela 4.	Indicativo de parâmetros que compõem a equação de perdas de produtividade.	68
Tabela 5.	Parâmetros estatísticos que compõem a equação de perdas de produtividade devido interação entre as épocas de semeadura. ..	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	OBJETIVOS	23
2.2	Objetivos específicos	23
3	REVISÃO DE LITERATURA	24
3.1	Sistemas de produção no Mato Grosso	24
3.1.1	Sistema de produção na Chapada dos Parecis-MT	26
3.2	<i>Diabrotica</i> spp. e sua distribuição no Brasil e no mundo	27
3.3	Os danos de <i>Diabrotica</i> spp. na cultura do milho	29
3.4	Impacto dos sistemas produtivos na ocorrência de <i>Diabrotica</i> spp.	30
3.5	Fatores ambientais e a ocorrência de <i>Diabrotica</i> spp.	33
3.6	Uso da Biotecnologia como ferramenta para o sistema	33
3.7	Impacto socioambiental e econômico com o uso da biotecnologia no Cerrado	36
4	MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1	Local de instalação do experimento	40
4.1.1	Ensaio de flutuação populacional de <i>Diabrotica</i> spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) comparando ambientes de produção	40
4.1.2	Ensaio comparativo entre o sistema de produção e a presença de <i>Diabrotica</i> spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) influenciando a sucessão de cultura no microambiente	43
4.1.3	Manejo geral das culturas	48
4.2	Aplicação de produtos fitossanitários	48
4.3	Análise estatística dos dados	49
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
6	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIA	79

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), produto originário das Américas, base da alimentação dos antigos povos indígenas é hoje um transformador das sociedades modernas.

Com a implantação de políticas agrícolas macroeconômicas e acordos de negociações internacionais bilaterais das últimas décadas, a cadeia produtiva do milho obteve grandes estímulos no Brasil, migrando sua produção dos estados do sul, para uma grande marcha rumo ao Centro Oeste do país.

O cereal é cultivado do Sul ao Norte do país em diferentes sistemas de produção, ocupando posições significativas quanto a área cultivada, produção e produtividade, onde a sucessão soja-milho está entre as atividades econômicas mais empregadas e consolidada, como alternativa de composição de renda na segunda safra e melhor aproveitamento de recursos que incluem o uso da terra, mão de obra, máquinas e capital social, entre outros, dos últimos 16 anos. Além disso apresenta importância econômica e social na região e no mundo, pois é cultivado como subsistência e em grandes extensões, para abastecer o mercado interno e externo.

Os incrementos de produtividade na cultura do milho resultam de fatores diretos e indiretos, como os processos de interações entre as condições edafoclimáticas favoráveis, a tecnificação regional, as práticas culturais associadas ao manejo integrado de pragas e doenças, a época de semeadura, o planejamento estratégico e gerencial do sistema produtivo durante toda a safra e o amplo uso de biotecnologia.

Vários fatores como o aumento da semeadura do milho segunda safra e a ampliação das épocas de cultivo, sucessão de culturas soja-milho, soja-girassol e soja-algodão da região de Campo Novo do Parecis-MT, uso de irrigação para obtenção de terceira safra no sistema soja-milho-feijão, junto com a disponibilidade e abundância de alimento, são responsáveis pela continuidade temporal de vegetação, o que proporciona novos desafios e surgimento de novas pragas no sistema produtivo, como *Diabrotica* spp.

No sistema de produção da região, que compreende o plantio de soja verão, seguido de algodão, milho, feijão e girassol, observa-se a emergência de uma nova praga, a *Diabrotica* spp, que tem encontrado condições de sobrevivência devido sua preferência por alimento e oviposição, tornando-se uma praga emergente e inerente a esse sistema, onde anteriormente não era considerado um problema.

Desde 2010, observa-se na região do Parecis, um incremento nas infestações

de coleópteros do gênero *Diabrotica*, onde em alguns locais, já pode-se notar os danos causados por larvas de *Diabrotica* spp. ao sistema radicular da cultura do milho (pescoço de ganso) e por adultos que se alimentam preferencialmente de folhas de leguminosas, interferindo muitas vezes na granação da cultura do milho por alimentarem-se do estilo-estigma da planta. Além disso ocasionam desfolha de soja, girassol e feijão, onde anteriormente não se realizava aplicação de produtos químicos para esse alvo biológico.

Os estudos dos sistemas de produção são fundamentais para o desenvolvimento de uma produção sustentável, com redução de custos e principalmente que preserve o ambiente.

Nesse contexto, esse trabalho busca identificar, averiguar e apurar os fatos econômicos, ambientais e sociais das atividades do setor agrícola na região, frente o sistema de produção adotado, a época de semeadura, a tecnologia utilizada e a ocorrência de *Diabrotica* spp, na gestão socioeconômica e ambiental da produção.

A premissa de se aumentar o rendimento com sustentabilidade, associado ao baixo custo de produção ou alto retorno, é um dos desafios enfrentados. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo identificar a dinâmica populacional de *Diabrotica* na região, sua flutuação e ocorrência em dois sistemas de produção dentro em dois anos agrícolas e o impacto do uso de biotecnologia para incrementos econômicos, ambientais e sociais, no município de Campo Novo do Parecis-MT, durante as safras agrícolas de 2014/2015 e 2015/2016.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar dentro dos sistemas produtivos soja – milho (SM) e soja – milho – feijão (SMF), a ocorrência de *Diabrotica* spp. e a eficiência do uso de biotecnologia, no município de Campo Novo do Parecis-MT.

2.2 Objetivos específicos

Caracterizar a flutuação e ocorrência do gênero *Diabrotica* durante os anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016 na região do Parecis-MT;

Verificar se há diferenças de flutuação de *Diabrotica* entre os diferentes sistemas de produção da região;

Quantificar o impacto dessa praga na produtividade de milho da região comparado com áreas com e sem o uso de tecnologia para proteção de raiz;

Avaliar o efeito da época de semeadura sobre a intensidade de danos na raiz do milho;

Identificar o impacto socioeconômico e ambiental do uso de biotecnologia na região do Parecis-MT.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Sistemas de produção no Mato Grosso

O milho (*Zea mays* L.) atualmente é a maior cultura agrícola do mundo em volume de produção (FAOSTAT, 2016), sendo o principal cereal cultivado, consumido e estável na produção. Levando-se em consideração as diversas mudanças ambientais e climáticas que vem ocorrendo nos últimos anos, apresenta adaptabilidade e alta conversão fotossintética, por pertencer ao grupo de plantas C4, tendo altos rendimentos, composição química e valor nutritivo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004; MATOSO, 2011).

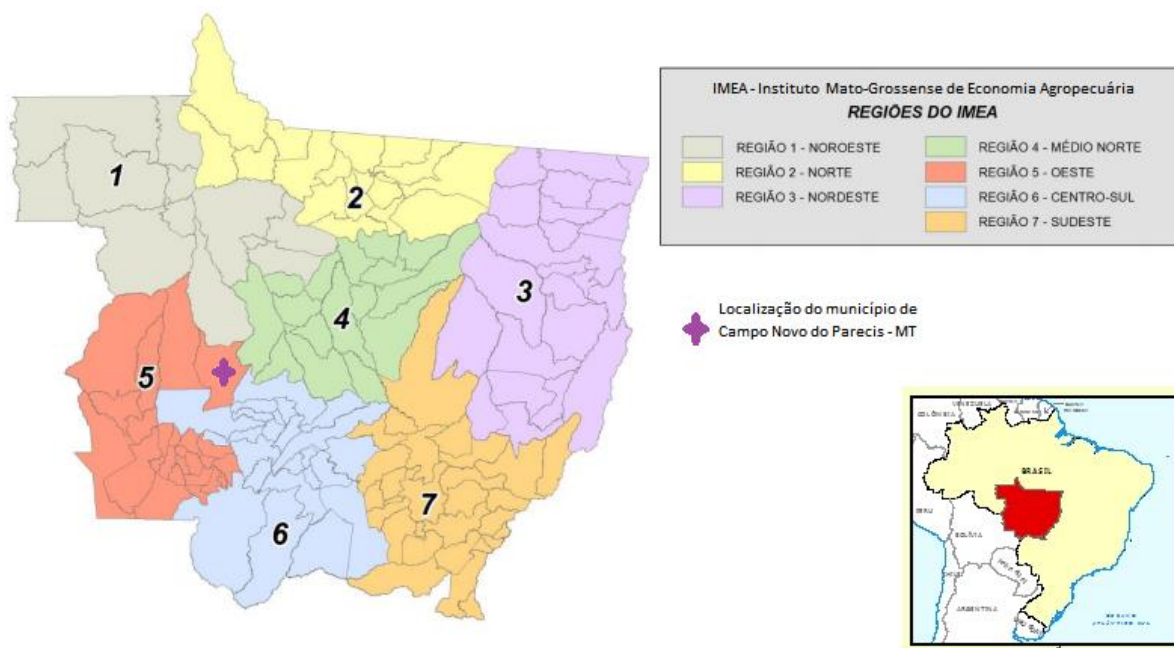
No Brasil, é cultivado em todas as unidades de Federação pelos mais diferentes sistemas de produção, ocupando posições significativas quanto a área cultivada, produção e produtividade, onde a sucessão soja-milho está entre as atividades econômicas mais empregadas e consolidada, como alternativa de composição de renda na segunda safra e melhor aproveitamento da terra, mão de obra, máquinas e capital social, nos últimos 16 anos (MATOSO, 2011; CIMILHO, 2012), onde os maiores Estados de produção são Mato Grosso e Paraná.

A produção nacional estimada está em 226 milhões de toneladas, com um aumento de 466,3 mil toneladas comparando as safras 2017/2018 e 2016/2017 (CONAB, 2018). Primeira queda em nove anos da área estimada de plantio que foi de 11.575,8 mil hectares na segunda safra de 2018.

O Centro-Oeste é uma das principais regiões do Brasil em área plantada de milho segunda safra, feijão segunda e terceira safra. O cultivo do milho safrinha tem apresentado crescimento em produtividade de 23,2%, entre a safrinha 2012 à 2014, segundo os levantamentos da Conab (2014), atingindo 15,172 milhões de hectares de área planta no Mato Grosso, com produção de esperada de 58,2 milhões de toneladas (CONAB, 2018), comparado com 48,2 milhões de toneladas da safra 2014/2015 (CONAB, 2014).

Com a vasta distribuição do agronegócio no estado, o IMEA (Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária) segmentou as regiões produtivas do ponto de vista agro-econômico. Considerando o sistema de produção e características como bioma, bacia hidrográfica, condições climáticas, solo, relevo, altitude e logística de escoamento e estradas (RADAM BRASIL), segundo a Figura 1.

Figura 1. Localização do município de Campo Novo do Parecis-MT.



Fonte: Adaptado IMEA.

A região dos Cerrados ocupa 2,04 milhões de hectares ou 20% do território do país (DAHER; LOPES, 2008) sendo explorado nesse bioma os sistemas de produção comuns como a soja, feijão, milho, algodão, girassol e cana de açúcar.

Os incrementos de produtividade na cultura do milho resultam dos processos de interações entre as condições edafoclimáticas favoráveis da região, a tecnificação, as práticas culturais e amplo uso de biotecnologia (CÉLERES, 2013).

Com o aumento da semeadura do milho safrinha e a ampliação das épocas de semeadura, integraram ao sistema de produção, de forma eficiente na exploração e busca de alimento, alguns insetos que não eram considerados pragas no Cerrado (ÁVILA, 2011), como é o caso de *Diabrotica* spp.

Para o milho, safra 2017/2018, constatou-se que os produtores reduziram os custos de produção e conseqüentemente alteraram os pacotes tecnológicos empregados, que já refletiram em perda de potencial produtivo, devido essa mudança de planejamento em relação a anos anteriores, resultando em uma produtividade estimada de 5.000 kg.ha¹ (CONAB, 2018).

Para o cultivo de feijão segunda safra, estima-se produção de 1,3 milhões de toneladas, aumento de 10,9% em relação a anos anteriores. Sendo 252,3 mil.ha¹ produzidos no estado do Mato Grosso com estimativa de produção de 28,2 milhões de toneladas, um incremento de 4,4% em relação à safra 2016/2017 (CONAB, 2018).

Para o cultivo de feijão terceira safra, no Mato Grosso, tem-se 37,6 mil.ha¹ de área semeada, com produção esperada de 86,4 mil toneladas, sendo o terceiro maior estado em produção, após os Estados do Paraná e Minas Gerais (CONAB, 2018).

A velocidade de colheita da soja, reflete diretamente no planejamento do sistema de produção e principalmente na época de semeadura do milho safrinha e do feijão.

3.1.1 Sistema de produção na Chapada dos Parecis-MT

O milho safrinha é semeado de meados de janeiro a início de março no Estado do Mato Grosso, onde frequentemente é cultivado dentro do sistema de produção após a soja e ou simultaneamente ao cultivo de feijão em algumas propriedades, com o intuito de melhorar a exploração dos recursos e como oportunidade econômica.

A atividade do milho segunda safra, do ponto de vista econômico para compor o rendimento das propriedades, mostra melhores condições de comercialização onde os riscos das condições ambientais adversas são mitigados e o sistema de produção adquire melhores performances estruturais ao longo prazo pela ciclagem de nutrientes.

Semeaduras realizadas na última semana do mês de janeiro até meados de fevereiro apresentam maiores potenciais produtivos por terem menos condições de estresse, sejam abióticos e ou biótico no sistema, apesar de ser um sistema completamente complexo e cíclico, onde através de técnicas agronômicas pode-se interferir em determinados processos e melhorar as condições desse sistema produtivo.

Semeaduras de meados de fevereiro a início de março, podem sofrer com maior frequência a situações de deficiência hídrica, baixa capacidade de retenção e frustração de safra, por se apresentarem em fases críticas de desenvolvimento da cultura, onde a definição da época de semeadura e suas relações com o meio são de total importância para o negócio (SILVA et al., 2009; SHIOGA; GERAGE, 2010; COSTA et al., 2016) e refletem no sucesso da estratégia definida no planejamento de safra.

Finais de cultivo do milho safrinha apresentam cenários de condições adversas, como a escassez de disponibilidade hídrica, ataque de insetos e outros patógenos, entre outros que limitam a obtenção do máximo rendimento de grãos. A

existência de um curto período entre a colheita da soja e o plantio do milho e feijão, exige habilidades operacionais e planejamento estratégico, porque o final das chuvas é fator de sucesso do negócio, como em outros estados (BORGHI et al., 2014) e a cultura implantada nesse período, encontra-se em estágio fenológico reprodutivo e em sua máxima exigência funcional.

Estratégias que busquem aumentar a produtividade das culturas, integrando os sistemas de produção, conservando os recursos naturais, melhorando a qualidade de vida das comunidades e proporcionando a ciclagem de nutrientes (FAVERO et al., 2000; GIACOMINI et al., 2003) são de extrema importância e estão inerentes às propostas desse estudo para a região.

O cultivo do milho safrinha aumentou nos últimos anos, devido a melhora na composição da renda com a segunda safra e a adoção crescente de tecnologias no sistema de produção. Estima-se que a cultura do milho ocupe 15,9 milhões de hectares, com produção de 84,7 milhões de toneladas de grãos, tendo como um dos principais estados produtores o Estado do Mato Grosso (CONAB, 2016) e a região do Chapadão do Parecis corresponde a 20% da participação na produção desse volume (IMEA, 2018).

Um sistema de produção que permite o plantio de soja ajustada às condições edafoclimáticas locais, antecipando o plantio do milho e feijão, protegendo o sistema radicular das plantas, são premissas que precisavam ser levadas em conta para a região de Campo Novo do Parecis-MT em planos estratégicos de manejo para obtenção de altas produtividades, onde as fases mais críticas do desenvolvimento da cultura do milho tinham suas ocorrências em momentos de estresse abióticos, como o estresse hídrico em diferentes intensidades que ocorre a partir de meados de abril, e o estresse biótico causado pelas larvas de *Diabrotica* spp. na parte radicular e pelos adultos na parte aérea do milho.

3.2 *Diabrotica* spp. e sua distribuição no Brasil e no mundo

A família Chrysomelidae é uma das três mais importantes na ordem Coleoptera. O gênero *Diabrotica* (CHEVROLAT, 1844) (Coleoptera: Chrysomelidae: *Galerucinae*) é composto por 338 espécies, apresentando maior diversidade de ocorrências na região Neotropical, e apenas sete espécies relatadas na região Neártica. O gênero é separado em três grupos: *signifera*, *fucata* e *virgifera* (WILCOX, 1972).

Nas últimas décadas, esses insetos-praga desenvolveram grande importância econômica internacional e com diversos relatos de resistência e por esse motivo são os mais estudados (MICHELI, 2005) em diversas partes do mundo, como Estados Unidos e Europa, apresentando-se em alerta ou quarentena em diversos países atualmente.

Diabrotica virgifera virgifera (Leconte), é a praga mais importante do milho nos Estados Unidos da América e rapidamente cresceu e se tornou importante também em outras regiões do mundo, como na Europa (GRAY et al., 2009).

Diabrotica virgifera tem se tornado praga em diversos países e está relacionada na literatura europeia com a concentração de produção de milho em largas escalas e uso de um mesmo grupo químico para o seu controle (ALLEWELDT, 2008).

A larva-alfinete, *D. speciosa* (GERMAR, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae), apresenta amplitude em distribuição geográfica e ocorre em praticamente toda a América do Sul (KRYSAN et al., 1986). No Brasil, a partir da década de 1920, houve relatos das primeiras ocorrências de *D. speciosa* no país, onde ocorreram em quase todos os estados brasileiros.

O gênero *Diabrotica* tem ocorrência relatada em campos comerciais e em pesquisas, formando um complexo de coleópteros-praga em sistemas agrícolas, que anteriormente eram considerados pragas secundárias ou sem expressão, e hoje causam danos econômicos em diferentes locais no país.

No sul do país, são citadas duas espécies pela Embrapa (VIANA, 2010) causando danos severos, *Diabrotica speciosa* (GERMAR, 1824) e *Diabrotica viridula* (FABRICIUS, 1801).

De acordo com Ávila e Santana (2011), *D. speciosa* apresenta adaptação climática em diferentes regiões, embora os resultados na literatura indiquem a incidência e maior capacidade de causar danos nos estados da região Sul do país, talvez isso ocorra pela falta de informação de estudos com dinâmica de *Diabrotica* spp. para o Bioma do Cerrado.

Percepções de campo demonstram semelhança na capacidade de causar danos na região dos Cerrados, principalmente na Chapada do Parecis-MT, devido a adaptação do inseto ao sistema de produção empregado, que consiste em soja – milho feijão, condições climáticas de alta temperatura e umidade, abundância de alimento temporal e presença de grande quantidade de vegetação nativa.

3.3 Os danos de *Diabrotica* spp. na cultura do milho

As espécies do gênero *Diabrotica* apresentam hábito multivoltino e são polípagas nas fases de larva e adulta (KRYSAN et al., 1986; CABRERA WALSH et al., 2008; NARDI, 2010). Adultos alimentam-se da parte aérea de diferentes espécies de plantas cultivadas, com preferência alimentar para leguminosas, porém podem se alimentar de outras espécies, causando danos diretos e também indiretos como vetor de doenças bacterianas, devido aos ferimentos ocasionados por sua alimentação.

Nos estádios larvais, tem preferência alimentar por gramíneas, causando danos nas raízes do milho e podem causar severos danos como distúrbios nas relações da água (RIEDEL et al., 1992), redução de translocação de nutrientes (KAHLER et al., 1985) redução fotossintética (GODFREY et al., 1993) e redução na estabilidade da planta, como tombamentos (SPIKE; TOLLEFSON, 1989).

As larvas de *Diabrotica speciosa* (Germar) são subterrâneas e de difícil detecção nas lavouras, pois para diagnosticar sua ocorrência, é necessário observar as raízes da planta hospedeira e o solo ao seu redor, ou através do tombamento e acamamento de plantas, quando os danos já ocorreram.

No Brasil existem poucos dados sejam qualitativos e ou quantitativos (AVILA; SANTANA, 2011) dos prejuízos que *Diabrotica* spp pode causar aos cultivos. Este fato ocorre, pois adultos dessa espécie se alimentam de uma ampla gama de hospedeiros, consumindo flores, frutos, folhas e brotações novas. Além disso, podem causar efeitos diretos pela redução de tecido vegetal, ou efeito indireto, pela transmissão de patógenos (NARDI, 2010). Perdas ocasionadas por adultos, cortando os estigmas antes da polinização, podem ser importantes em algumas situações, principalmente em campos de produção.

Existem poucos relatos na literatura brasileira sobre os ataques das larvas de *Diabrotica* spp no sistema radicular do milho. Os que existem, relatam causar expressivo prejuízo (NAVA et al., 2004). Os sintomas causados por *Diabrotica* spp. podem ser observados em todas as lavouras de Campo Novo do Parecis e intermediações e descritos como escoriações nas raízes primárias, formação de galerias e até destruição total das raízes secundárias, consequências da alimentação da fase larval do inseto (GALLO, 2012), em altas infestações.

Sintomas observados quando os danos ocorrem nas raízes adventícias, podem ser relatados como o tombamento das plantas e aparecimento do denominado

“pescoço de ganso” (GALLO, 2012), observado com frequência a partir da safrinha 2011/2012 próximo das áreas de cultivos de feijão na região da Chapada do Parecis, associado aos ventos fortes no período reprodutivo da cultura do milho, causando perdas de produtividade na colheita.

Estratégias de manejo nos Estados Unidos da América (EUA) incluem rotação de culturas, adoção de inseticidas no sulco de plantio para controle de larvas de *Diabrotica* spp. e na parte aérea para controle da população de adultos, híbridos com tecnologia de proteção radicular e ou suas combinações (FLINT GARCIA et al., 2009), seja na piramidação de proteínas da parte radicular associadas ou não à tecnologia de proteção da parte aérea, com adoção de refúgio estruturado.

Relatos da ocorrência e dano as lavouras nos EUA, por *Diabrotica v. virgifera*, registram prejuízos na ordem de bilhão de dólares anuais pelos produtores, com perdas no rendimento de grãos e compra de insumos para controle (GALLO, 2012). No Brasil em condições de alta densidade de larvas de *Diabrotica* spp. em raízes, tem-se relatado de redução na produtividade que pode variar entre 10 a 15% na cultura do milho (VIANA, 2010; GALLO, 2012) nas regiões sul do país. Não havendo essas informações para o Bioma do Cerrado, uma vez que essa praga é emergente na região do Mato Grosso.

3.4 Impacto dos sistemas produtivos na ocorrência de *Diabrotica* spp.

A sucessão de cultivos no Cerrado brasileiro está baseada exclusivamente no binômio soja-milho. Isso acarreta problemas com pragas, doenças, plantas daninhas e uso e conservação do solo levando a perdas econômicas e de biodiversidade. Um sistema de produção integrado que explore e produza alimentos de alto valor nutricional com qualidade, mediante o uso consciente de recursos naturais e produção sustentável é a chave de sucesso para a mitigação dos impactos ambientais na produção agrícola. Contudo, o instrumento para entender as interferências no sistema de produção e suas interações são essenciais para orientar as tomadas de decisões e a manutenção da biodiversidade do Cerrado.

Em agroecossistemas, as interações patógeno hospedeiro podem ser analisadas de diversas formas e uma delas consiste no entendimento do contexto nutricional, (MACHADO; SANT’ANA, 2009; MORAES; KOHLER, 2012) e ao sistema de produção adotado, que muitas vezes realiza inconscientemente um processo de

pressão de seleção, levando a acelerar a seleção de populações no ambiente que foi inserido.

A capacidade de oviposição e fertilidade de *D. speciosa* pode ser influenciada pela qualidade do alimento ingerido na fase larval ou na fase adulta (MILANEZ, 1995; MARQUES et al., 1999). Desse modo, a diversidade e abundância de plantas no sistema de produção pode influenciar o comportamento da dinâmica de incidência do inseto-praga e sua capacidade de sobrevivência e postura.

Como a região de Campo Novo do Parecis-MT, apresenta condições para um bom desenvolvimento de *Diabrotica* spp. e alimento em abundância, um estudo detalhado sobre o comportamento do inseto e suas interações são de relevância para o gerenciamento da atividade agrícola local e pode-se extrapolar as informações para o Cerrado.

Havendo no ambiente uma espécie preferencial (gramíneas) que seja nutricionalmente adequada (ÁVILA, 1999) ao adulto de *Diabrotica* spp., o dano causado pelas larvas no sistema radicular da cultura do milho, poderá ser intensificado pela maior longevidade e capacidade de oviposição da praga, portanto em locais onde o milho e o feijão estão no mesmo sistema de produção ou próximos, como ocorre na região da Chapada do Parecis-MT e o Estado do Mato Grosso, são necessários estudos, pois podem favorecer essa dinâmica.

Resultados de Ávila e Santana (2011), relatam maiores danos na cultura do milho próximos ou associados ao cultivo do feijão em sucessão de dicotiledônea, do que quando esta gramínea está em monocultivo. Contribuindo com os resultados desse trabalho na performance do sistema SMF em função de hospedeiros, quando comparado com o sistema SM.

O controle comportamental baseado na redução do sucesso reprodutivo do inseto na América do Sul, pode ser uma alternativa (HAMMACK, 1995; NARDI, 2010), pois as populações de *Diabrotica* spp. têm demonstrado alta capacidade de resistência aos inseticidas e às práticas de controle cultural (BORIANI et al., 2006) em diferentes países das Américas e Europa.

Diversos fatores dos sistemas de produção e suas interações com o ambiente biótico ou abiótico, são determinantes para o desenvolvimento e adaptação (MILANEZ, 1995) de *Diabrotica* spp. à cultura do milho, podendo causar danos expressivos ao sistema radicular dessa gramínea, semelhante a outras espécies, do mesmo gênero nos EUA (MARQUES et al., 1999).

A migração de *Diabrotica* spp. ocorre devido à alta capacidade de voo da espécie, que está relacionada com a sobrevivência na busca por alimentos e na reprodução (KRYSAN et al., 1986), adaptação essa, com o objetivo ecológico de preservar a sobrevivência da espécie, seja este num local próximo ou distante da sua origem de eclosão inicial (MICHELI, 2005).

As larvas têm preferência alimentar, principalmente por raízes de milho e outras gramíneas (HAJI, 1981; MARQUES et al., 1999; ÁVILA, MILANEZ, 2004; NARDI, 2010), enquanto os adultos podem alimentar-se de uma ampla gama de hospedeiros, entre eles, o próprio milho (ÁVILA; MILANEZ, 2004; NARDI, 2010), soja, feijão, amendoim, girassol, batata, (KRYSAN; MILLER, 1986; ÁVILA, 1999; GALLO et al., 2002; MORAES; KOHLER, 2012), algodão (ZUCCHI, SILVEIRA NETO, NAKANO, 1993) e cana-de-açúcar (SILVA et al., 1968).

Fêmeas preferem ovipositar em plantas de milho, embora selecionem outras plantas para alimentação (MILANEZ, 1995). O autor verificou ainda, que os imaturos apresentam melhor performance quando alimentados com raízes de milho, onde apresentam maiores níveis de sobrevivência e ganho de peso (NARDI, 2010) e fêmeas tendem a evitar condições que comprometam a sobrevivência da espécie, seja na qualidade nutricional, ambiente de alta incidência ou risco de predação (JOHNSON et al., 1996; NARDI, 2010).

Para muitos insetos herbívoros, como *Diabrotica* spp., a seleção da planta hospedeira tem forte relação com a dinâmica de incidência populacional e o sucesso reprodutivo dos indivíduos, onde de certa forma, a planta hospedeira, torna-se uma janela de comunicação entre ambiente subterrâneo e o aéreo (NARDI, 2010).

De acordo com Johnson et al. (1996) e Nardi (2010), o período em que ocorre a seleção do hospedeiro pela fêmea e o primeiro deslocamento dos imaturos seriam os momentos ideais para o controle populacional da espécie.

Considerando as limitações para o controle da fase larval e dos métodos de manejo existentes para *Diabrotica* spp., observa-se a necessidade de adoção de ações de controle dentro do sistema de produção, onde os danos são altamente dependentes das circunstâncias ambientais (KHALER et al., 1985).

A região do Cerrado Brasileiro apresenta condições para o ótimo desenvolvimento e adaptação de *Diabrotica* spp.

3.5 Fatores ambientais e a ocorrência de *Diabrotica* spp.

Precipitação pluviométrica e temperatura são fatores importantes e correlacionados com as variações nas populações de insetos tropicais (SILVEIRA NETO et al., 1976; GONÇALVES, 2008) e o emprego de previsões, através de curvas de flutuação podem ajudar na tomada de decisão, quando ajustados corretamente com a ocorrência das pragas.

A precipitação histórica conhecida de um local ou região, é um fator relevante, pois promove o crescimento da vegetação e está diretamente associado a dinâmica de população dos insetos, associado com a temperatura, pode indicar a maior ou menor infestação dos insetos, onde para a maioria dos insetos a temperatura ideal é próxima dos 25 °C (GONÇALVES, 2008).

As condições hídricas são de suma importância para sobrevivência e manutenção da população de insetos, sendo a faixa ótima entre 40 a 80% de capacidade de campo, favorecendo longevidade, fecundidade e velocidade de desenvolvimento (SILVEIRA NETO et al., 1976; GONÇALVES, 2008), mantendo constante a proporção interna do seu organismo.

Gonçalves (2008), verificou que nos meses mais quentes do ano, crisomelídeos apresentam as maiores populações e apresentam correlação positiva destes insetos com a precipitação e temperatura.

Diversos estudos com coleópteros (COELHO, 1997; MORILLO, 2007; GONÇALVES, 2008) relatam a influência da temperatura e condições de precipitação, na abundância e diversidade de coleópteros, concluindo que as populações aumentam nos períodos quentes e chuvosos do ano, corroborando com os dados desse trabalho.

Posto isso, relata-se que pouco se sabe sobre as influências de fatores climáticos sobre as populações de *Diabrotica* spp., sendo necessários estudos mais abrangentes, para verificar as dinâmicas populacionais em ambiente de campo, que nesse estudo será realizado o levantamento das populações de adultos na região de Campo Novo do Parecis-MT, durante duas safras agrícolas.

3.6 Uso da Biotecnologia como ferramenta para o sistema

O agronegócio, tornou-se um setor altamente competitivo e de importância

economia no PIB de muitos países, assim como no Brasil. A adoção do uso de espécies vegetais com introgressão de biotecnologia, vem se mostrando essencial para assegurar a competitividade em rendimentos de produtividade, garantindo a segurança alimentar, resultados econômicos e facilitando a gestão do capital humano e ambiental das propriedades de diversos países.

Com a descoberta, manipulação e utilização de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) pela engenharia genética, tornou-se possível incorporar novos genes ao genoma das plantas e introduzir uma nova ferramenta de manejo, altamente viável para conservação e manutenção do meio sócio-econômico-ambiental (GOULD 1998; TABASHNIK; CARRIERE, 2008; KEWESHAN, 2012), para controle de Lepidopteros e Coleopteros (TABASHNIK et al., 2009; PERLAK et al., 1991; GOULD, 1998), onde com a piramidação de proteínas, consegue-se realizar a introgressão com foco em diversos alvos biológicos em uma única planta, sendo a proteína Cry3Bb1, foco desse estudo.

Em 1996, foi introduzido no mercado de híbridos de milho, a primeira geração de plantas transgênicas expressando a proteína Bt Cry1Ab (evento MON810, YieldGard, Monsanto Co/St. Louis, MO) que conferiam proteção da parte aérea da cultura do milho contra Lepidopteros.

A segunda geração foi composta pela combinação de duas proteínas Bt Cry1A.105 + Cry2Ab2 (evento MON89034, VTPRO, Monsanto Co.) para proteção contra lagartas da parte aérea, que posteriormente foram piramidadas com tolerância ao herbicida glifosato (evento NK603, VTPRO2, Monsanto Co.) e proteína Bt Cry3Bb1 conferindo proteção contra larvas de Coleopteros (evento MON88017, VTPRO3, Monsanto Co.).

As características agronômicas de maior adoção nas variedades transgênicas são a tolerância a herbicidas, resistência a insetos e ou as duas características combinadas (JAMES, 2011). Desta forma, a cultivar de milho MON 88017 foi produzida por transformação de *Agrobacterium tumefaciens* e por técnicas de DNA recombinante, a qual confere tolerância ao glifosato, e a proteína Cry3Bb1 de *Bacillus thuringiensis* subesp. *Kumamotoensis* modificada, com alvo em *Diabrotica* spp. (CTNBIO, 2011), que compartilha identidade com a Cry3Bb1 nativa.

Plantas contendo a tecnologia PRO3 (marca comercial), Cry3Bb1, não são consideradas alta dose (HIBBARD et al., 2009) e os eventos de piramidação incrementam os resultados (IVES et al., 2011), conforme dados da literatura

internacional, pois tem sido uma importante ferramenta na gestão de pragas, por reduzirem a necessidade de uso de inseticidas, com maior efetividade no alvo biológico.

O desenvolvimento de plantas Bt contendo a proteína Cry3 começou a ser desenvolvido na década de 80 (HIBBARD et al., 1999) e no ano de 2003, o primeiro híbrido Bt (*Bacillus thuringiensis*) para controle de larvas de *Diabrotica* spp. comercial (evento MON88017 produzindo a toxina Cry3Bb1, marca comercial PRO3) foi aprovado pelo EPA (EPA, 2010; KEWESHAN, 2012), tendo alta eficácia e baixa toxicidade para organismos não alvo (GLASER; MATTEN, 2003) auxiliando a redução de enormes gastos que haviam sendo realizados nos Estados Unidos por décadas.

Toxinas produzidas por plantas Bt são altamente específicas e precisam ser consumidas e solubilizadas pelo inseto, para serem ativadas. No intestino médio do inseto, as proteínas se ligam a membrana celular e após diversos processos, geram degradação (lise) do tecido epitelial, através de poros nas células, que levam futuramente a morte do inseto (SCHNEPF et al., 1998; WHALON; WINGERD, 2003; BRAVO et al., 2007; TABASHNIK; CARRIERE, 2008; BRAVO et al., 2011).

Híbridos que expressem a proteína Cry3 produzem toxinas que estão na forma ativa, portanto são desnecessárias as clivagens enzimáticas para se tornar tóxicas aos insetos (VAUGHN et al., 2005). Alguns estudos também demonstram que a emergência de *Diabrotica* spp. leva mais tempo para ocorrer em áreas com milho Bt, quando comparado com áreas sem a tecnologia (BINNING et al., 2010).

Atualmente no mercado existem diversas proteínas para controle de *Diabrotica* spp., sendo elas Cry3Bb1 pelo evento MON88017 (EPA, 2010), Cr34/35Ab1 pelo evento DAS-59122-7 (EPA 2005) e Cry3A por MIR604 (EPA, 2007), sendo que a adoção de refúgio é uma prática conjunta recomendada e necessária para o uso da tecnologia (EPA, 2010).

Em 2003, nos Estados Unidos (US EPA, 2009) a utilização comercial de híbridos com tecnologia expressando proteção de raízes, Cry3Bb1, teve rápida adoção e em 2015 temos relatos que 78% do milho plantado com essa tecnologia (USDA, NASS 2015).

O milho MON88017 atualmente possui 42 aprovações em diferentes países no período de 2003 a 2018 (Estados Unidos, Japão, Canadá, Austrália, Coreia do Sul, Filipinas, Taiwan, China e União Europeia) (CTNBIO, 2011; ISAAA, 2018), sendo uma das ferramentas utilizadas no manejo integrado de *Diabrotica* spp.

O uso de biotecnologia atingiu um volume de 189,8 milhões de hectares no mundo e no Brasil esse volume corresponde a 50,2 mil.ha¹ com as três grandes commodities (algodão, milho e soja). Considerando a área global individual de cada cultivo, a cultura do milho obteve 32% de adoção, sendo a segunda cultura, após a soja que atingiu 49,6% ou 94,1 milhões de hectares (ISAAA, 2018).

No Brasil, houve um aumento de 2% na adoção de biotecnologia no ano de 2017, quando comparado com o mesmo período da safra anterior, sendo 15,6 milhões de hectares na somatória do cultivo de milho primeira e segunda safra (ISAAA, 2018), sendo importante que as boas práticas sejam seguidas para garantir a preservação da tecnologia, a produtividade e a rentabilidade dos sistemas produtivos.

Como o potencial de produção da cultura do milho é definido nos estádios fenológicos iniciais até a nona folha expandida, momento este, que se houver interferência como ataque de pragas resultará em redução de produtividade (FANCELLI, 2004), a utilização de biotecnologia pensando no controle desse inseto pode ser uma alternativa econômica e ambientalmente correta para este Bioma.

3.7 Impacto socioambiental e econômico com o uso da biotecnologia no Cerrado

Estudos indicaram benefícios econômicos do uso da biotecnologia na agricultura brasileira na ordem de US\$18,8 bilhões em 16 anos (CELERES, 2013). Em outros países, relatam melhora na qualidade de vida dos produtores e incrementos de produtividade para pequenos produtores, como na África do Sul, indicando incrementos em 34% da produtividade nas pequenas propriedades (GOMES; BOREM, 2014).

No mundo, existem aproximadamente 500 milhões de pequenas propriedades rurais (FAO), operando com menos de dois hectares (NAGAYETS, 2005). Sendo, aproximadamente 9,3 milhões de pessoas, sendo beneficiadas pela biotecnologia e atestam melhora nos rendimentos e na qualidade de vida (CIB, 2008), contribuindo com aspectos socioeconômico ambientais das comunidades.

Estima-se que em 2030 a população global atinja 8,6 bilhões de pessoas, sendo aproximadamente 15% da população atual do planeta e em 35 anos, alcance entre 9 e 11 bilhões de pessoas, exigindo o dobro em rendimentos de grãos, considerando não aumentar a área semeada, reduzindo assim o impacto sobre a

biodiversidade (JAMES, 2011).

A intensificação de estudos e ferramentas de manejo que contribuam para não ocorrer frustrações de safras, sejam utilização de técnicas agronômicas, modelagens, modelos de previsões, ferramentas de grande importância mundial, mitigando ou auxiliando na redução de perdas de rendimentos e obtenção de sucesso no plano de alimentação global.

Nesse sentido, o Brasil tem destaque substancialmente na parcela que irá contribuir para suprir a demanda mundial de alimentos, com a sua produção tendo melhora de rendimentos, com auxílio dos processos biotecnológicos e mantendo-se a área de produção (GOMES; BOREM, 2014), assim conservando áreas nativas.

No contexto de representatividade econômica, conforme dados do CEPEA (2012), o agronegócio brasileiro foi responsável por aproximadamente 21% do PIB nacional e representa 35,1% das exportações brasileiras, onde o país é um dos líderes no setor, exportando para 180 nações (CEPEA - GPD AGRIBUSSINES, 2012), onde verifica-se que a adoção da biotecnologia contribuiu para incremento da renda e produtividade (JAMES, 2012).

Os benefícios econômicos acumulados da safra 2008/09 até 2011/12 somariam US\$100,4 mil somente nas pequenas propriedades de 50 hectares do país (CÉLERES, 2013), referente aos ganhos de produtividade e redução de custos com insumos.

Mantidas as premissas atuais de aumento de eficiência de produção e benefícios econômicos as plantações de 50 hectares podem alcançar US\$324,1 mil no acumulado de 2011/12 a 2021/22 (CÉLERES, 2013; GOMES; BOREM, 2013).

A conscientização ambiental e os impactos na gestão das propriedades vem aumentando e novas formas de controle de pragas ganham espaço (MICHELI, 2005), como é o caso da biotecnologia que vem sendo empregada na agricultura como alternativa e em larga escala no mundo todo.

Estudos de biodiversidade, consideram preponderantes os efeitos de inerentes a sazonalidade (WOLDA, 1998; GONÇALVES, 2008), portanto entender a dinâmica populacional da espécie de *Diabrotica* spp. do Cerrado, que nesse estudo será na região de Campo Novo do Parecis, além de ser uma nova informação, seria um fator importante para compreender o sistema de produção local.

As flutuações e dinâmica de insetos são determinadas pelas condições ambientais, abundância e disponibilidade de alimento, fenologia de seus hospedeiros,

influenciando a composição das comunidades locais (WOLDA, 1998). Onde os indivíduos adaptam-se para sobreviver às condições favoráveis ou adversas do ambiente (WOLDA, 1998).

Há hipótese que o gênero *Diabrotica* spp. tenha encontrado ambiente favorável de adaptação e se estabelecido no sistema de produção da região de Campo Novo do Parecis-MT, caso confirme as hipóteses dessa pesquisa, reforça que as condições do sistema de produção da região são favoráveis para a praga e necessitam de medidas de controle.

Larvas de *Diabrotica* spp. têm demonstrado eficiência insatisfatória com a utilização de inseticidas, devido a reinfestação que são frequentes, devido ao hábito migratório da espécie e o curto período de persistência dos inseticidas no ambiente (MORAES et al., 2012) com baixa eficiência de atingimento do alvo biológico.

Considerando a baixa eficiência e eficácia do controle químico para *Diabrotica* spp., a severidade dos danos influenciando nos rendimentos em produtividade, com redução das margens de lucros, a possibilidade de riscos ambientais e toxicológicos das aplicações de inseticidas, verifica-se que é fundamental o desenvolvimento de ferramentas que possibilitem ações integradas do manejo de pragas para a espécie.

Isso significa estabelecer um sistema de produção vinculando ações de estratégia operacional e ambiental para a sustentabilidade da geração de alimentos (DONAIRE, 1994; MAIMON, 1994).

As decisões de planejamento nas propriedades, buscam prevenir, recuperar ou reciclar recursos, convergindo com os demais elos da cadeia produtiva que tem o mesmo objetivo que é integrar os aspectos econômicos, sociais e ambientais do negócio. Ações essas que visam a proteção ambiental e ecoeficiência de preservação de recursos e retornos econômicos.

O planejamento e a gestão das propriedades agrícolas incluem práticas administrativas, operacionais e socioeconômico ambientais, juntamente com políticas públicas ajustadas a segurança alimentar e do meio ambiente. Eliminando ou mitigando os impactos de falhas no planejamento, implantação, operação e ampliação das atividades agrícolas, incluindo-se todas as fases do ciclo de vida do produto (ROHRICH; CUNHA, 2004).

A evolução da gestão ambiental passou por quatro fases distintas (HART, 2006). Na década de 60, crescimento econômico acelerado, na década seguinte, criação de mecanismos de controle de poluição (MAIMON, 1994; HART, 2006). Na

década de 80 e 90 foram as implementações de práticas ambientais rentáveis (DE GRAAF et al., 1996; HART, 2006) e a última fase que inicia em 90 e perdura até hoje, é a utilização de biotecnologia (ROHRICH; CUNHA, 2004).

A gestão ambiental inclui o desenvolvimento e a descontinuação de um produto, onde ações políticas, administrativas e operacionais, definem práticas de proteção, eliminação ou minimização dos impactos ambientais pelas empresas obtentoras (CAMPOS, 2012).

A introdução dessa variável na rastreabilidade de produtos e fornecendo informações socioeconômico ambientais para leigos e não leigos é uma das maneiras de se desmistificar problemas ocorridos no passado na agricultura e tornar a atividade mais conhecida pela população. A realização de estudos com esse conceito é necessário e de grande valor para a sociedade.

Esse trabalho busca estimar, auxiliar e posicionar dentro do sistema de produção da região do Parecis-MT, a contribuição do uso ou não de híbridos de milho com proteção de raízes para controle de *Diabrotica* spp. integrando fatores como sistemas de produção SM e SMF, época de semeadura e dinâmica populacional do inseto em dois anos agrícolas na região. Sugerindo ferramentas para contribuir com o planejamento e tomada de decisão na gestão das propriedades.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de instalação do experimento

O trabalho foi conduzido sob condições de campo, em duas propriedades comerciais localizadas no município de Campo Novo do Parecis-MT, durante as safras agrícolas de 2014/2015 e 2015/2016, cujas coordenadas geográficas são de 13°14'38" de latitude Sul, 58°02'42" de longitude Oeste (A) e 13°61'96" de latitude Sul; 57°88'38" de longitude Oeste (B), e altitude de 595 m e 450 m respectivamente.

As propriedades comerciais, (A) apresenta sistema de produção soja-milho-feijão e (B) sistema de produção soja-milho, conforme localização na Figura 2.

Figura 2. Localização das propriedades com sistemas de produção Soja-Milho-Feijão (A) e Soja-Milho (B).



Fonte: Climate Field View, 2018.

Segundo Köppen, o clima da região é o tropical úmido megatérmico (A_w), com temperaturas elevadas, chuvas no verão e inverno seco.

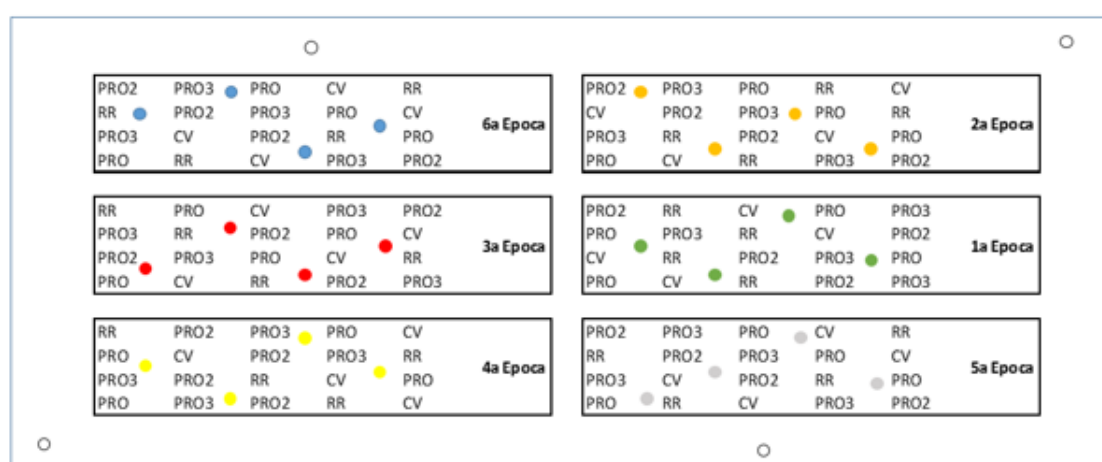
4.1.1. Ensaio de flutuação populacional de *Diabrotica* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) comparando ambientes de produção

A dinâmica populacional de *Diabrotica* spp. foi monitorada no início do plantio da cultura da soja e seguiu dentro dos sistemas de produção SM e SMF, conforme

podemos observar nas Figuras 4 e 5 em diferentes fases vegetativas da condução da área experimental.

O monitoramento externo da área foi realizado através de 4 armadilhas adesivas amarelas (Biotrap) fixas durante as duas safras agrícolas por local, conforme a Figura 3.

Figura 3. Posicionamento das armadilhas externas durante todo período (SM e SMF) e internas posicionadas na cultura do milho na área experimental.



Localização das armadilhas internas nos blocos e externas da área experimental.

- Armadilhas internas (cores: verde, amarelo, vermelho, azul)
- Armadilhas externas

As armadilhas externas foram instaladas na periferia do ensaio, equidistantes 70 m no caminhamento em “Z” a partir de 28/10/2014 nos dois locais com sistema de produção estabelecido anteriormente (SM e SMF). O monitoramento iniciou-se na cultura da soja, semeada com a variedade M8372IPRO mecanicamente, com trator John Deere 6415 e uma semeadora John Deere 2117 com 15 linhas e espaçadas de 0,50 m entre linhas, com adubação de 386 kg.ha¹ do formulado 12-32-18.

As armadilhas amarelas de dupla face “Biotrap”, de dimensão 0,25 m de altura por 0,10 m de largura ou 0,05 m², foram posicionadas na semeadura da soja à altura de 0,25 m do solo e realocadas sempre no terço médio-superior conforme o crescimento do dossel da cultura da soja (MEINKE, 1995; ISARD et al., 1999; ISARD et al., 2000).

Após a colheita da soja, foi semeado manual as parcelas de híbrido de milho

DKB390 e suas isolinhas com diferentes tecnologias Bt e não Bt. Simultaneamente, foi semeado o feijão pérola-carioca mecanicamente apenas na área A.

As armadilhas internas foram instaladas à altura de 0,25 m do solo, nas seis épocas de semeadura com quatro repetições no momento da semeadura do milho, conforme Figura 3, onde permaneceram nessa posição até a colheita (MEINKE, 1995; ISARD et al., 1999; ISARD et al., 2000).

O monitoramento e as substituições de todas as armadilhas foram realizadas semanalmente, sempre às segundas-feiras, completando 60 leituras por ponto, em cada local.

As armadilhas eram substituídas sempre das 6h às 10h, na sequência de instalação inicial e permaneciam por aproximadamente 160h no local até a avaliação.

As avaliações de identificação e contagem dos adultos de *Diabrotica* spp. e demais insetos, era realizado no local, no momento da substituição das armadilhas adesivas, onde eram separados em ordens taxonômicas (CRUZ, 1997; SOSA GOMEZ et al.; 2014) e os dados foram expressos em número cumulativo mensal.

Figura 4. Vista da área experimental (A) na cultura da soja (M8372IPRO), com indicação das armadilhas fixas externas (setas amarelas) (B e E) e a localização das parcelas de semeadura de milho (C) e milho-feijão (D).



Foto: Joice Jardim (2014/2015).

O monitoramento foi iniciado a partir da semeadura da soja com avaliações em intervalos de 7 dias, quando eram examinadas todas as armadilhas da área experimental e feita a contagem de insetos e sua flutuação durante o período, identificando-os em nível de gênero.

Figura 5. Vista da área experimental na cultura do milho em todas as fases de desenvolvimento fenológico da cultura.



Foto: Joice Jardim (2014/2015).

A média diária de insetos capturados nos dois sistemas de produção foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

4.1.2 Ensaio comparativo entre o sistema de produção e a presença de *Diabrotica* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) influenciando a sucessão de cultura no microambiente

Após a colheita da soja comercial foi feita a semeadura da cultura do milho com diferentes tecnologias (Bt e não Bt), de forma manual, e iniciado o monitoramento interno nos blocos da presença de coleópteros, através de 4 armadilhas adesivas internas amarelas (Biotrap) fixas por época de semeadura (Figura 3) a partir de meados de janeiro nos dois locais com sistema de produção estabelecido, SM e SMF, e trocado semanalmente as armadilhas às segundas-feiras, completando duas safras agrícolas de leitura.

O híbrido de milho semeado foi o DKB390 e suas isolinhas. As tecnologias

utilizadas foram híbridos com proteção de raízes (PRO3) e híbridos sem proteção de raízes PRO2, PRO, RR e convencional (CV). As tecnologias são identificadas por: PRO3 – tolerante as lagartas da parte aérea e do sistema radicular, com tolerância ao glifosato, PRO2 – tolerante as lagartas da parte aérea, com tolerância ao glifosato, PRO – tolerante as lagartas da parte aérea, RR – tolerante a glifosato (Roundup Ready) e convencional (não geneticamente modificada).

Um trator John Deere 6415 e uma plantadeira John Deere 2117 de 15 linhas, espaçamento de 0,50 m entre linhas, realizou a adubação da área com adubo de formulação 20-0-20 com regulagem de 350 kg/ha¹ do formulado. As parcelas foram semeadas com matraca utilizando 2 sementes por cova para obtenção de um estande padrão de 58.000 plantas.ha¹, com posterior desbaste em estágio fenológico V2 da cultura do milho. A adubação de cobertura foi realizada com 160 kg.ha¹ de uréia de forma mecânica.

O milho foi semeado em seis épocas diferentes por local, em dois anos consecutivos, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições por tratamento. As parcelas foram constituídas por 6 linhas da cultura do milho, espaçadas de 0,50 m, por 5,0 m comprimento e 1,0 m de corredor entre parcelas para caminhamento, tendo como área total 15 m² por parcela. Como área útil foi considerado as 4 linhas centrais de cada parcela, onde foram realizadas as avaliações destrutivas de raízes nas linhas centrais de posição 3 e 4, e nas linhas laterais de posição 2 e 5 foram feitas as avaliações de componentes de produtividade, conforme Figura 6.

Figura 6. Identificação das linhas de semeadura do milho (A), esquerda para direita (E - D), avaliação de raízes nas linhas 3 e 4 (B), avaliação de componentes de produtividade nas linhas 2 e 5 (C).

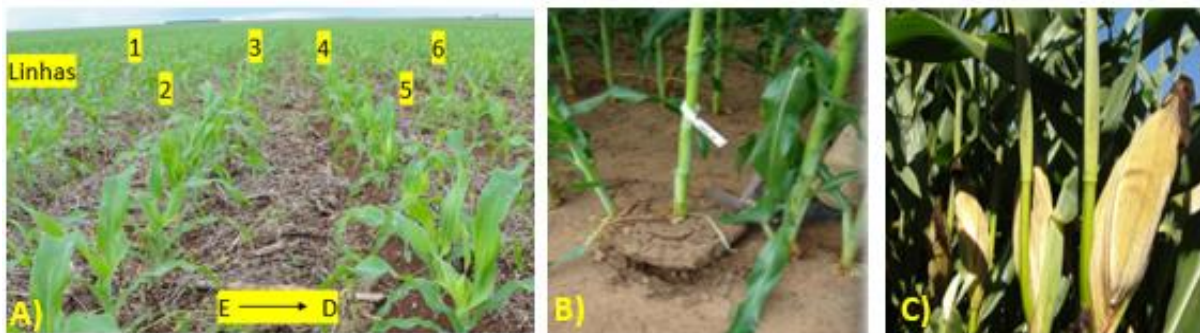


Foto: Joice Jardim (2014/2015).

Os tratamentos foram compostos por híbrido de milho DKB390, com e sem tecnologia para proteção de raízes em dois sistemas de produção (SM e SMF) em 6 épocas de semeadura por local, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos e dos sistemas de produção em seis diferentes épocas de semeadura no município de Campo Novo do Parecis-MT.

Tratamentos	Sistema de produção
Híbrido com tecnologia para proteção de raízes PRO3	Soja-Milho
Híbrido sem tecnologia para proteção de raízes PRO2	Soja-Milho
Híbrido sem tecnologia para proteção de raízes PRO	Soja-Milho
Híbrido sem tecnologia para proteção de raízes RR	Soja-Milho
Híbrido sem tecnologia para proteção de raízes Convencional	Soja-Milho
Híbrido com tecnologia para proteção de raízes PRO3	Soja-Milho-Feijão
Híbrido sem tecnologia para proteção de raízes PRO2	Soja-Milho-Feijão
Híbrido sem tecnologia para proteção de raízes PRO	Soja-Milho-Feijão
Híbrido sem tecnologia para proteção de raízes RR	Soja-Milho-Feijão
Híbrido sem tecnologia para proteção de raízes Convencional	Soja-Milho-Feijão

Híbrido	Biotecnologia	Proteínas
DKB390	Convencional	---
DKB390	RR	cp4 epsps
DKB390	PRO	Cry1A.105, Cry2Ab2
DKB390	PRO2	Cry1A.105, Cry2Ab2, cp4 epsps
DKB390	PRO3	Cry1A.105, Cry2Ab2, cp4 epsps, Cry3Bb1

Semeadura	1ª época	2ª época	3ª época	4ª época	5ª época	6ª época
Safra 2014/2015	25/01/2015	05/02/2015	15/02/2015	25/02/2015	07/03/2015	12/03/2015
Safra 2015/2016	25/01/2016	05/02/2016	15/02/2016	26/02/2016	07/03/2016	14/03/2016

O caminhamento empregado para disposição das armadilhas foi no formato “Z”, bordadura interna esquerda superior, bordadura interna esquerda inferior, equidistantes em 20 m, ponto central deslocado a direita superior, ponto externo direito inferior, onde procede-se a contagem dos insetos adultos de *Diabrotica* spp. no

sistema, correlacionando a flutuação populacional de pragas no sistema SM e SMF pelas avaliações de insetos adultos presentes nas áreas e danos causados no sistema radicular do milho, pela escala de IOWA (0 – 3) da Figura 7A, B e C.

Figura 7. Escala de IOWA modificada para análise de danos radiculares de *Diabrotica* spp.

A)

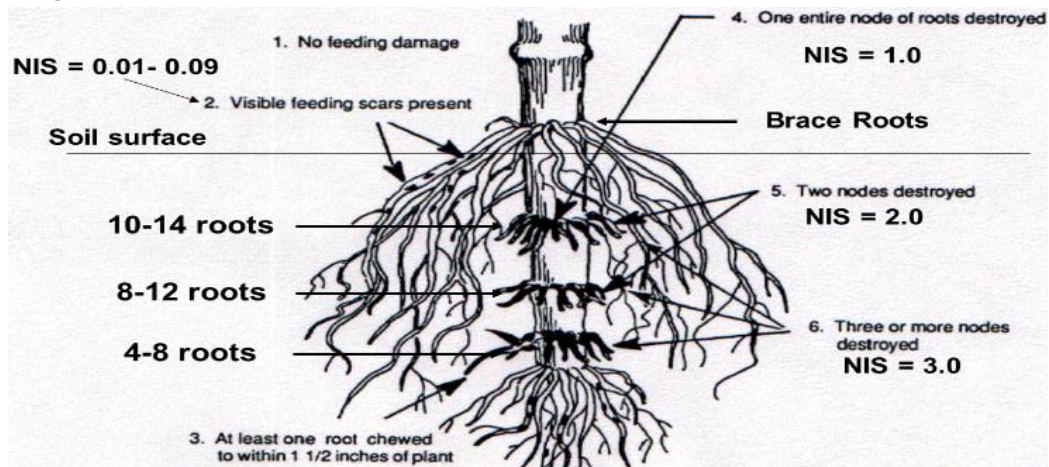


B)

“Modified Iowa State 0-3 Corn Root Evaluation”

Valor	Descrição
0.01	Sem Injúrias
0.05	Raízes Raspadas
0.08	Raízes Raspadas Severamente
0.10	10% da coroa cortada/morta em <u>8 cm</u> do colmo
0.25	25% da coroa cortada/morta em <u>8 cm</u> do colmo
0.75	75% da coroa cortada/morta em <u>8 cm</u> do colmo
1.00	Uma coroa totalmente destruída em <u>8 cm</u> do colmo (10-12 raízes)
1.50	Uma coroa totalmente destruída mais 50% de outra em <u>8 cm</u> do colmo
2.00	Duas coroas totalmente destruídas em <u>8 cm</u> do colmo
3.00	Três coroas totalmente destruídas em <u>8 cm</u> do colmo (máxima nota)

C)



As avaliações de danos nas raízes foram realizadas em 40 raízes, nas linhas 3 e 4 (Figura 6), por época de semeadura nas duas fazendas, pela escala de IOWA (0 – 3), em estágio fenológico VT da cultura do milho, para quantificação de danos ao sistema radicular das plantas de milho.

Para avaliar o efeito da época de semeadura sobre a intensidade de danos nas raízes do milho, utilizou-se a escala de IOWA (0 – 3), para avaliação do sistema radicular e suas interações com o sistema de produção e a época de semeadura. Foram analisadas 40 raízes por tecnologia (Figura 8), por época de semeadura, e seus efeitos associados com as demais variáveis.

Figura 8. Remoção da parte radicular das plantas para avaliação de danos segundo a escala de IOWA modificada (0 – 3).



Foto: Joice Jardim (2014/2015).

As datas de semeadura na safra agrícola 2014/2015 foram 25/01/2015, 05/02/2015, 15/02/2015, 25/02/2015, 07/03/2015 e 12/03/2015 e monitoramento de raízes em 30/03/2015, 10/04/2015, 20/04/2015, 30/04/2015, 12/05/2015 e 18/05/2015. Para a safra agrícola de 2015/2016 foram semeadas nas datas 25/01/2016, 05/02/2016, 15/02/2016, 26/02/2016, 07/03/2016 e 14/03/2016 e as raízes avaliadas em 30/03/2016, 10/04/2016, 20/04/2016, 30/04/2016, 12/05/2016 e 18/05/2016.

A colheita do milho foi realizada de forma manual, em duas linhas nas posições 2 e 5 (Figura 6), para avaliação dos componentes de produtividade: estande final, obtido pela contagem de plantas na área útil da parcela; rendimento de grãos, com umidade corrigida para 13.5%, expresso em kg ha⁻¹. A determinação do grau de umidade seguiu as recomendações de Brasil (2009). Leitura direta de umidade, porcentagem de plantas com sintomas de pescoço de ganso/acamamento e produtividade.

As colheitas foram iniciadas na segunda quinzena de julho (aproximadamente 150 dias após a semeadura).

4.1.3 Manejo geral das culturas

Os dados de precipitação pluviométrica no decorrer do período experimental foram coletados junto à estação meteorológica das fazendas.

A recomendação de fertilizantes foi realizada com base no resultado da análise de solos, e nas exigências das culturas. A adubação mineral foi realizada na linha de semeadura, e a adubação de cobertura a lanço.

A semeadura da soja ocorreu de forma mecânica, na segunda quinzena de outubro de 2014 e 2015, em uma densidade de 12 sementes m^{-1} (população de 240.000 plantas ha^{-1} para o espaçamento de 0,50 m) depositadas a 3 cm de profundidade.

A semeadura do milho ocorreu de forma manual, na segunda quinzena de janeiro de 2015 e 2016, em uma densidade 2.9 sementes m^{-1} (população de 58.000 plantas ha^{-1} para o espaçamento de 0,50 m) depositadas a 5 cm de profundidade.

A semeadura do feijão ocorreu de forma mecânica e simultaneamente ao milho, em uma densidade de 12 sementes m^{-1} (população de 240.000 plantas ha^{-1} para o espaçamento de 0,50 m) depositadas a 2,5 cm de profundidade.

O monitoramento de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado durante o período experimental, seguido de controle químico de acordo com a necessidade, seguindo recomendações da Embrapa (VALICENTE, 2012).

4.2 Aplicação de produtos fitossanitários

A aplicação de produtos para o controle de plantas daninhas, foi realizada conforme os padrões estabelecidos para a cultura. Na soja, utilizou-se glyphosate e na cultura do milho atrazina + glyphosate.

A altura da aplicação foi 0,50 m acima da cultura, utilizando um equipamento de pulverização pressurizado mecanizado, com largura de barra de 28m, equipada com pontas de jato plano modelo AXI 110 015, operando com pressão de 300kPa e volume de calda de 150 L. ha^{-1} .

Na cultura do milho foi adicionado à calda de pulverização óleo mineral como adjuvante, na dose de 0,5 litros para cada 100 litros de calda.

O tratamento de sementes foi realizado com Standak Top (Piraclostrobina +

Tiofanato metílico + Fipronil) para as culturas do sistema SM e SMF na dose de 200 mL p.c/100 Kg de sementes, na área comercial e experimental.

Para o controle de *Spodoptera* spp. na cultura da soja, utilizou-se uma aplicação de 50mL.ha¹ em 200 L calda.ha¹ de Clorantraniliprole, no estágio reprodutivo R2, e uma aplicação de 100 mL.ha em 150 L calda.ha¹ na cultura do milho no estágio vegetativo VT, do produto comercial Premio (Du Pont) em área total.

Para controle do complexo de Percevejos (*Dichelops melacanthus*, *Piezodorus guidinii*, *Nezara viridula*, *Euschistus heros*) utilizou-se produto comercial Engeo Pleno (Syngenta) (Tiametoxam + Lambda-cialotrina) na dose de 150 mL.ha em 200 L.ha de calda, em duas aplicações no estágio reprodutivo da soja (R1 e R3) e uma aplicação no estágio fenológico V6 da cultura do milho.

A velocidade do vento, temperatura e umidade do ar foram registradas antes e após a aplicação com o uso de um termohigroanemômetro de ventoinha, marca Kestrel e modelo 3000.

4.3 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos ao teste F para análise de variância (ANOVA $p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$), utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2000).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com regressão simples e múltipla (PROC REG) para a análise de tecnologia versus épocas de semeadura versus sistema de produção (5 híbridos, 6 épocas e 2 sistemas de produção), constituindo um fatorial triplo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diabrotica spp. é uma das mais complexas e importantes pragas do milho nos EUA, México e demais países da Europa, onde em alguns países a praga encontra-se em quarentena. No Brasil existem relatos de danos no sul do país e seu estudo na região do cerrado brasileiro, não tem relatos ou são escassos. Havendo pioneirismo nesse assunto localmente para entender a dinâmica do inseto no estado do Mato Grosso.

Devido a complexidade e diversas interações inerentes a essa praga no sistema de produção, foram analisadas as interações da *Diabrotica* spp. segundo a época de semeadura do milho, dinâmica da parte aérea e radicular do inseto, manejo adotado na influência da sua ocorrência em dois anos agrícolas e como a biotecnologia para proteção de raízes responde nesse contexto para a região da chapada do Parecis - MT, onde realizou-se diversas regressões para compreender as estas relações.

Características como estabilidade produtiva, estratégias e sistema de produção adotados e a reação de *Diabrotica* spp. foram considerados nesse estudo e devem ser utilizados regionalmente, consistindo em um trabalho contínuo de avaliação e adequação as estratégias de produção para cada local.

Há escassez de informações científicas no Cerrado sobre os impactos das interações entre épocas de semeadura, sistema de produção e a *Diabrotica* spp. Assim, após relatos de produtores e observando o número crescente de adultos desses insetos no campo durante os cultivos e a adaptabilidade dessa praga relatada na literatura nacional e internacional, criou-se hipóteses para avaliados os sistemas e auxiliar os produtores na tomada de decisão e planejamento de safra, com foco nesse alvo biológico. Relatos de campo após ventos fortes em áreas próximas a cultivos de feijão e girassol, apontam a ocorrência de tombamento de plantas dificultando as colheitas e impactando nos rendimentos de áreas comerciais em anos anteriores na região do Parecis - MT (Figura 9).

Figura 9. Danos causados por *Diabrotica* spp. na região de Campo Novo do Parecis - MT no ano de 2012/2013 em áreas comerciais (A, B, C) e a observação das larvas do inseto causando danos no sistema radicular (D). Área comercial contendo híbridos com proteção de raízes e sem proteção (E).

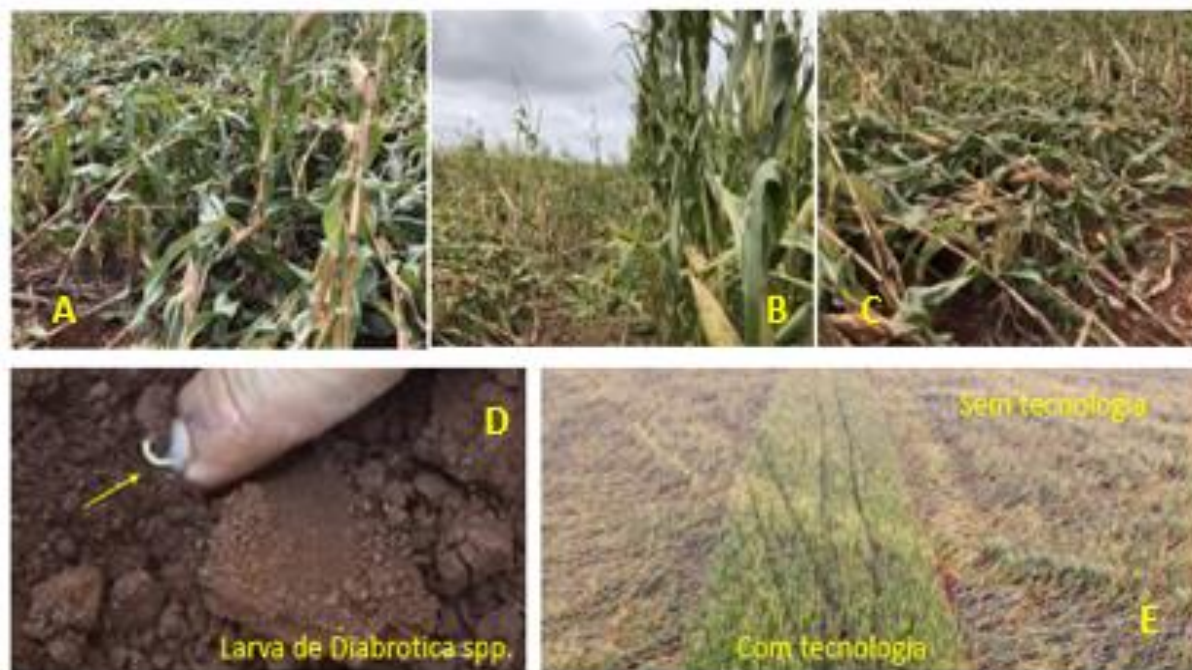


Foto: Joice Jardim 2014/2015

Houve interação tripla significativa entre os fatores tecnologia, sistema de produção e época de semeadura ($p < 0.0001$) e as análises foram feitas comparando separadamente as épocas de semeadura em cada combinação de sistema de produção e combinação da tecnologia utilizada (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de F e de probabilidade ($p < 0.0001$) para os fatores tecnologia, sistema de produção e época de semeadura e interações entre eles.

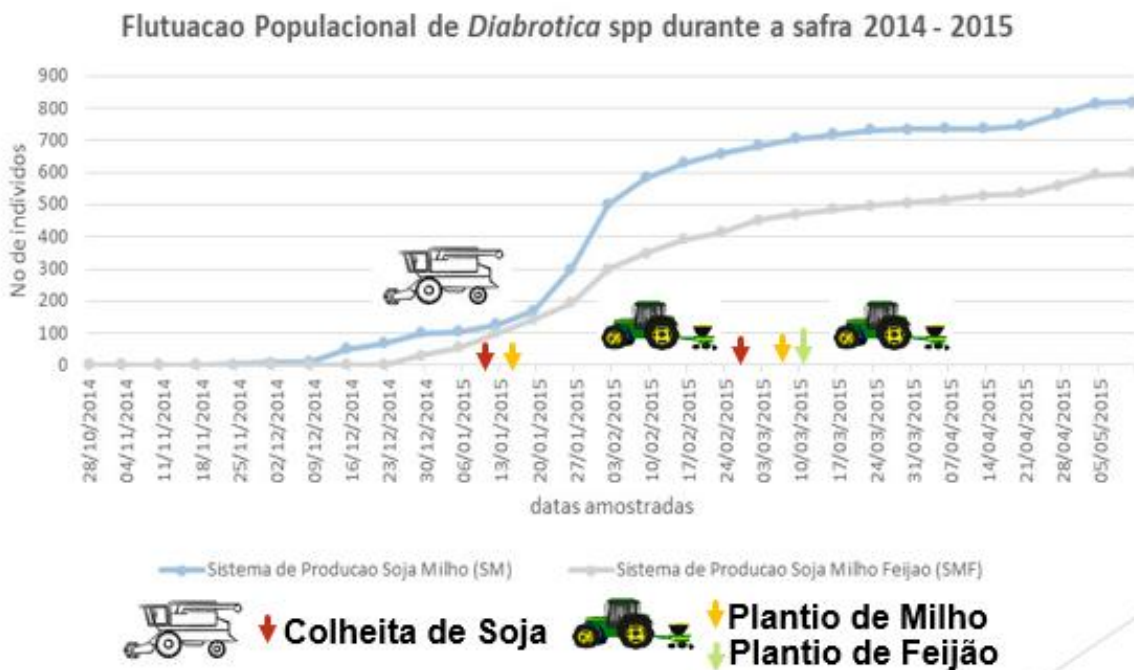
Teste de variância para efeito triplo				
Efeitos	N dF	dF	F valor	P > F
Tecnologia	4	416	116,81	<0001
Sistema de produção	1	416	1029,00	<0001
Época de semeadura	5	416	908,62	<0001
Tecnologia* Sistema de produção	4	416	8,86	<0001
Tecnologia* Época de semeadura	20	416	3,46	<0001
Sistema de produção* Época de semeadura	5	416	30,16	<0001
Tecnologia* Sistema de produção* Época de semeadura	20	416	3,97	<0001

Os dados foram unidos e congregados para realizar as análises de covariância, onde um modelo foi determinado para testar os efeitos da época e a evolução da quantidade de adultos do inseto na produtividade do milho.

As perdas causadas por *Diabrotica* spp. vem aumentando nos últimos anos e o uso de inseticidas para o controle de adultos é uma prática que vem sendo adotada. A flutuação populacional desses insetos, através do monitoramento, está representada nas Figuras 10 e 11, respectivamente para as safras agrícolas 2014/2015 e 2015/2016.

Observa-se para a safra 2014/2015, no sistema de produção SM, que a partir de 20/01/2015 o número considerado de 200 indivíduos na somatória de indivíduos coletados, duplica exponencialmente em menos de 10 dias (27/01 a 03/02/2015), momento esse que coincide com a colheita de soja da região. Porém para duplicar novamente o número de indivíduos coletados após a semeadura do milho na região, a dinâmica de crescimento muda de comportamento, deixando de ser exponencial e demorando uma faixa de 90 dias para sua ocorrência.

Figura 10. Dinâmica populacional de adultos de *Diabrotica* spp. na região do Parecis na safra de 2014/2015 em dois sistemas de produção.

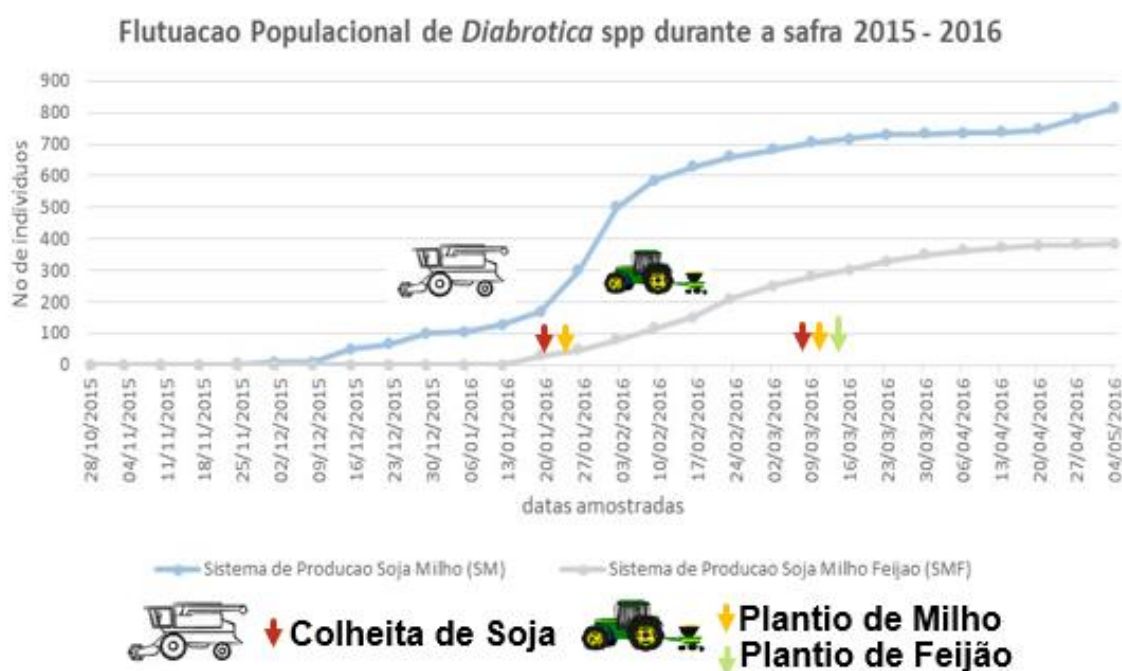


Para o sistema SMF, considerando-se os mesmos 200 indivíduos coletados, ocorreu a duplicação da população desses insetos, uma semana após ao sistema

anterior (27/01) atingindo o número de 400 indivíduos em uma dinâmica mais lenta e demorando 30 dias para essa ocorrência (24/02/2015) o que pode ser justificado com a proximidade da semeadura do cultivo de feijão. A contagem de insetos não ultrapassa a faixa de 600 indivíduos coletados, diferente do sistema anterior.

Para a safra agrícola de 2015/2016 pode-se verificar um comportamento similar ao ano de 2014/2015 em ambos os sistemas, porém com diferença significativa para a redução no número de insetos coletados no sistema SMF, aumentando a amplitude de insetos coletados nos diferentes sistemas de produção.

Figura 11. Dinâmica populacional de adultos de *Diabrotica* spp. na região do Parecis na safra de 2015/2016 em dois sistemas de produção.



A amplitude do número de adultos de *Diabrotica* spp. coletados durante as duas safras agrícolas pode ser relacionada com a abundância de alimento e as condições climáticas inerentes ao ano. Na safra 2015/2016 houve melhor distribuição do regime pluviométrico e condições de escalonamento de semeadura, favorecendo a permanência de adultos de *Diabrotica* spp. no sistema SMF, reduzindo a migração para a cultura do milho.

As oscilações de produtividade nas condições de segunda safra de milho, das principais regiões produtoras, são associadas à disponibilidade de água nos períodos de pendoamento ao início do enchimento de grãos (BERGAMASCHI et al., 2004;

HERNANDEZ et al., 2015) onde esses processos reprodutivos ocorrem rapidamente e podem reduzir a produtividade drasticamente (SOUZA et al., 2011; SCHLICHTING et al., 2014) principalmente por interagirem com outras variáveis como o ataque de *Diabrotica* spp, a época de semeadura e sistema de produção adotado e o nível de investimento realizado.

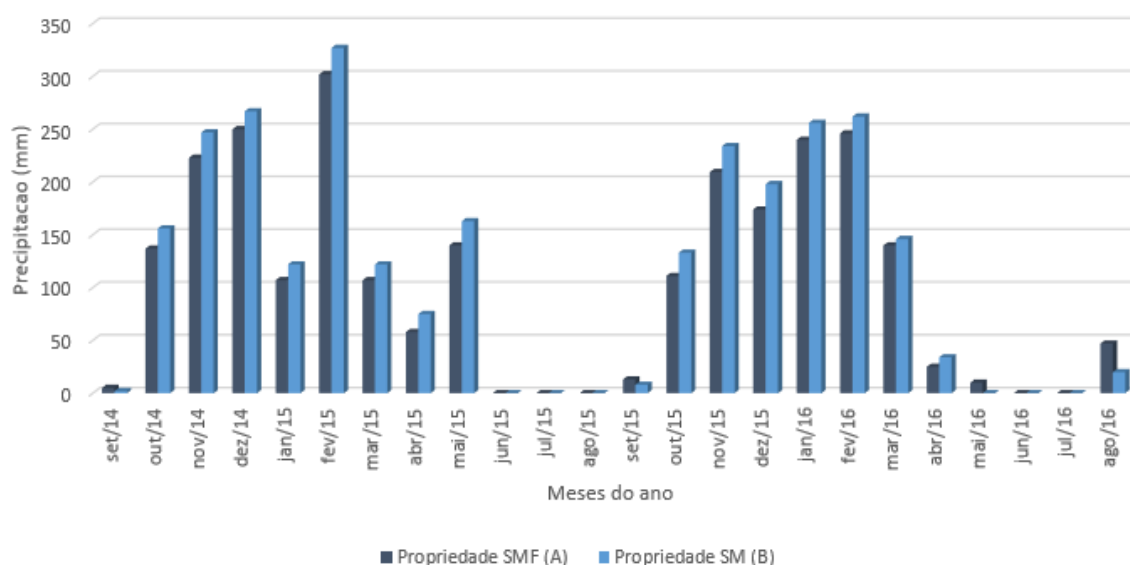
Pode-se citar também a expansão das áreas de cultivo de milho para solos de textura mais arenosa, apresentando menor capacidade de retenção hídrica, usualmente com menor investimento nutricional por serem as últimas áreas semeadas no planejamento, apresentando riscos econômicos e consequente perda de potencial produtivo, que quando associado aos danos causados por larvas de *Diabrotica* spp podem significar prejuízos maiores.

Pensando nesse contexto, um sistema melhor adaptado auxiliaria em melhores resultados de produção de grãos e mitigaria prejuízos.

Em ambas as safras agrícolas, 2014/2015 e 2015/2016, as condições ambientais foram normais ao esperado para as culturas da soja, milho e feijão se desenvolverem. A safra 2014/2015 apresentou distribuição irregular de precipitação pluviométrica no mês de janeiro (EMBRAPA, 2015) quando comparada com a média histórica regional e com a safra agrícola 2015/2016, conforme podemos observar as precipitações nas duas propriedades escolhidas para compor o sistema de produção SMF e SM, chamadas de propriedade A e B, respectivamente da Figura 12.

O regime pluviométrico da região de Campo Novo do Parecis-MT, apresenta volumes médios de máxima de 2.861 mm, mínima de 1.404 mm e média de 1.830 mm de precipitação (DALLACORT et al., 2011), sendo o balanço hídrico um processo influenciador indireto de outros fatores como desenvolvimento de plantas (SANTOS, 2005), sistema de produção agrícola (BURIOL et al., 2007) radiação solar, umidade relativa, temperatura do ar e solo (DALLACORT et al., 2011), comprometem a produtividade (SOUSA; NERY, 2002), a comercialização, a empregabilidade e a segurança alimentar (ELY et al., 2003), por comprometerem o balanço energético das plantas (SANTOS; CARLESSO, 1998) quando deficiente no sistema.

Figura 12. Precipitação hídrica de Campo Novo do Parecis nas duas propriedades onde foram conduzidos o experimento, de setembro de 2014 a agosto de 2016.



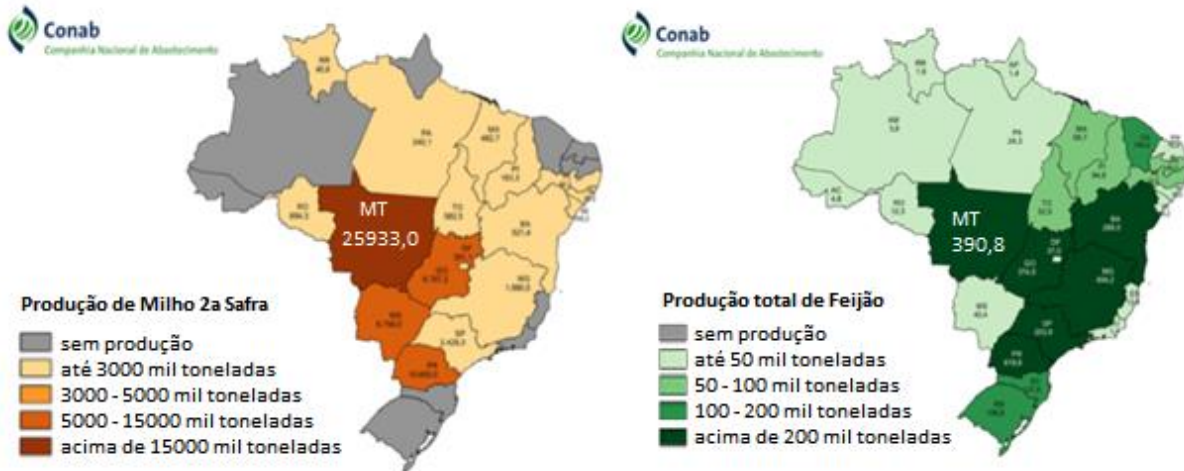
O milho proporciona relação direta de respostas a disponibilidade hídrica (BERGONCI et al., 2001; ALMEIDA et al., 2017) e isso pode estar relacionado com a integridade do seu sistema radicular e a resposta de variável de produtividade em diferentes interações de época, praga, manejo e tecnologia adotados.

O potencial de *Diabrotica* spp., assim como de outras espécies, está ligado positiva ou negativamente com as interações do meio que estão expostos, que variam em diferentes proporções para época de plantio, fatores biológicos, temperatura, tipo de solo, tecnologia adotada e o sistema de produção que está inserido.

O sucesso das estratégias de gerenciamento dessa praga e o sistema de produção e suas interações são ferramentas de conhecimentos básicos de como os organismos interagem entre si, no sistema e entre as partes, conforme pode-se observar para os sistemas SM e SMF para a região do Parecis-MT (Figuras 13 e 14).

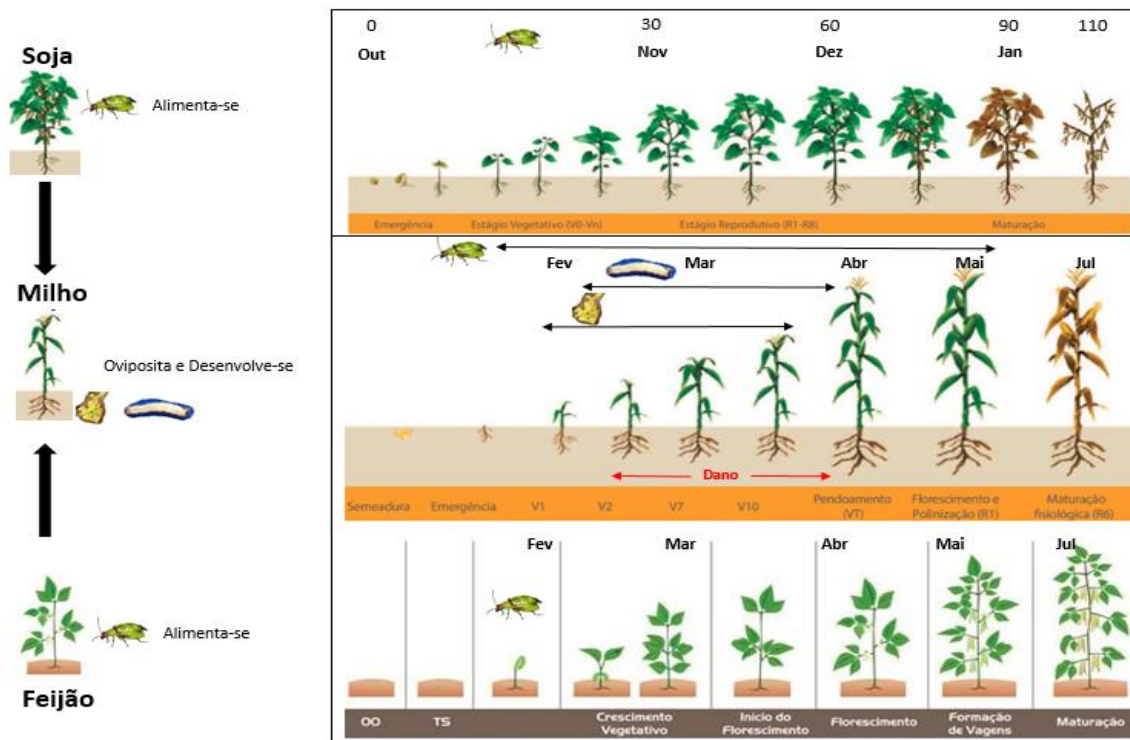
Com o uso de armadilhas adesivas amarelas “BIOTRAP” sem feromônio, verificou-se o comportamento dos adultos de *Diabrotica* spp. para os diferentes sistemas de produção SM e SMF da região, após a colheita da soja e semeadura do milho e feijão.

Figura 13. Escala de produção de Milho e Feijão na safra 2017/2018 segundo a Conab.



Fonte: Conab (2018).

Figura 14. Dinâmica de *Diabrotica* spp. no sistema de produção da região de Campo Novo do Parecis-MT.



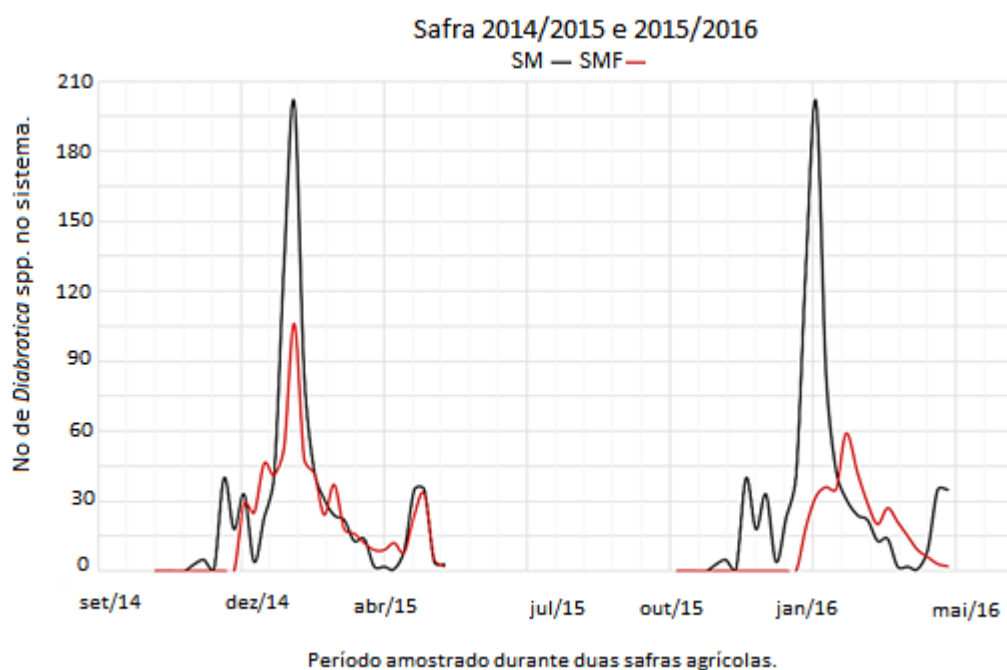
Fonte: Joice Jardim (2018).

O uso de armadilhas adesivas para monitoramento dos insetos no sistema Milho e Milho com Feijão mostrou-se eficiente e foi realizado por época de plantio e por sistema de produção, mostrando perspectivas positivas do seu uso como parte

das ferramentas do gerenciamento estratégico dessa praga, no manejo integrado durante dois anos agrícolas (Figura 15).

A diferença no número de adultos encontrado nos dois sistemas, pode ser explicada pela preferência do adulto em alimentar-se de folhas de feijão, corroborando com informações de outros pesquisadores pela preferência de alimentação em leguminosas em relação a gramíneas (GASSEN, 1989; CARVALHO, 1990; GASSEN, 1994; MARQUES et al., 1999), apesar de ser uma praga polífaga nessa fase de vida, o sistema SM não permite preferência por alimentação.

Figura 15. Flutuação populacional de adultos de *Diabrotica* spp. no ano agrícola de 2014/2015 e 2015/2016 em Campo Novo do Parecis-MT em dois sistemas de produção (SM – Soja x Milho e SMF – Soja x Milho x Feijão).



Os adultos de *Diabrotica* spp. tiveram comportamento similar durante os dois anos agrícolas, 2014/2015 e 2015/2016, avaliados nos dois sistemas de produção. No sistema SM houve um pico com alta incidência de adultos, na ordem de 201 adultos em 15 de fevereiro de 2015 e 10 de fevereiro de 2016, na somatória da contagem visual de quatro armadilhas adesivas. A máxima incidência dos adultos no sistema SM ocorreu no mesmo período para o sistema SMF, isso pode ser explicado devido a colheita da soja e migração dos adultos. O pico de incidência de adultos coletados no sistema SMF ocorreu em meados de 10 de fevereiro de 2015 com 106 adultos

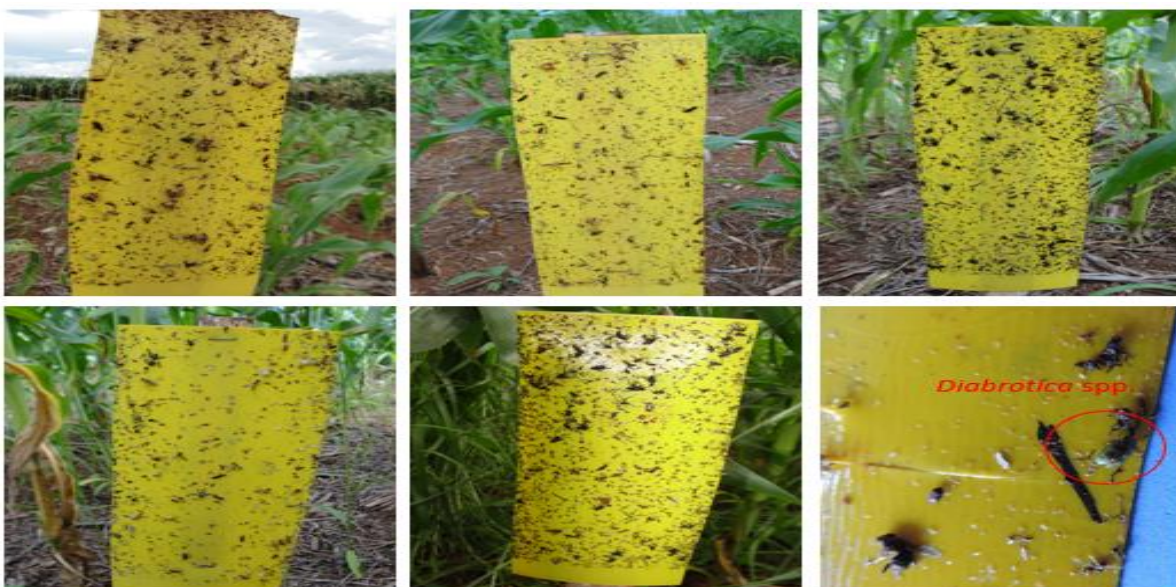
coletados e 23 de fevereiro de 2016 com 59 adultos coletados.

As Figuras 16 e 17, ilustram as coletas de insetos adultos de *Diabrotica* spp., durante a condução do experimento nas safras agrícolas de 2014/2015 e 2015/2016 nos sistemas de produção SM e SMF.

Figura 16. Área experimental com cultivo de soja M8372IPRO na coleta de adultos de *Diabrotica* spp. na dinâmica populacional da cultura da soja.



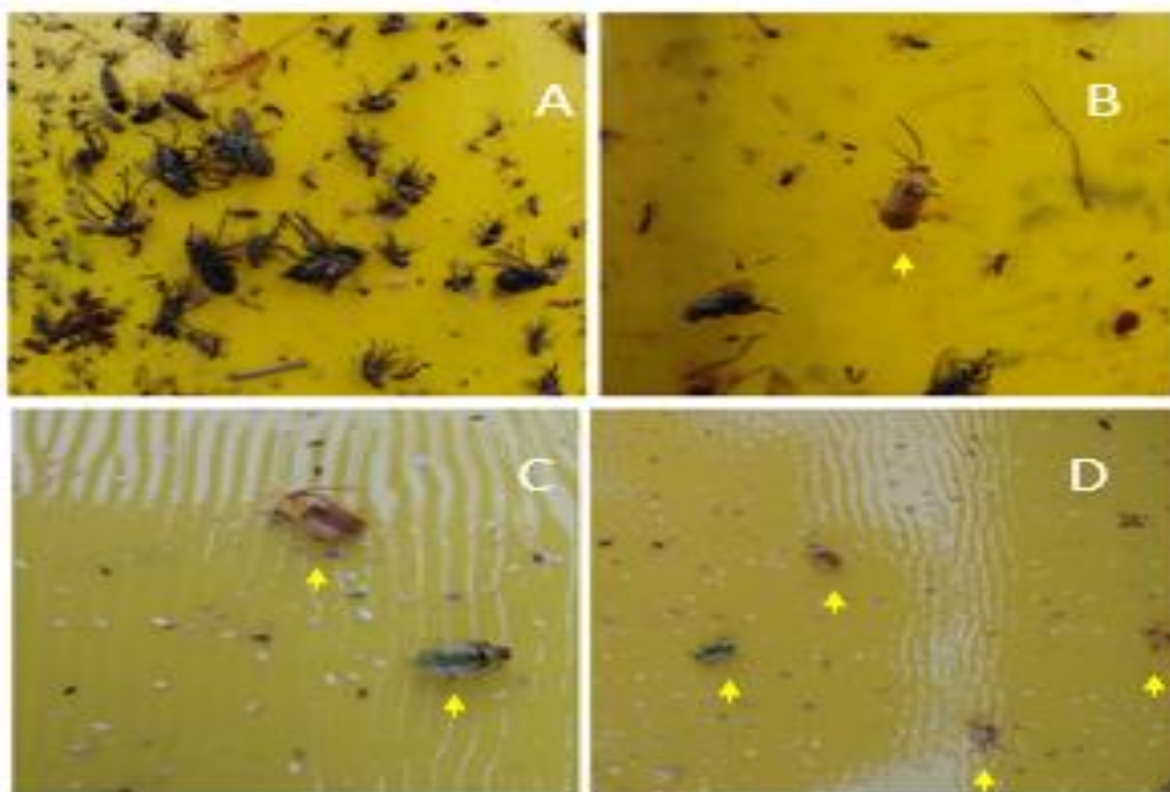
Figura 17. Área experimental com cultivo de híbridos de milho DKB390 com diferentes tecnologias na coleta de adultos de *Diabrotica* spp. na dinâmica populacional da cultura do milho.



A chegada de adultos de *Diabrotica* spp. ocorreram no sistema de produção SM anterior e antecipadamente, quando comparada ao sistema SMF, em duas ou mais semanas. As três primeiras coletas e avaliações das armadilhas adesivas apresentaram apenas inimigos naturais, na sua maioria moscas taquinídeas, com menos de 5 adultos de outros coleópteros, conforme podemos observar na Figura 18.

Dípteros da família Tachinidae são um grupo de inimigos naturais que agem no controle biológico de larvas, lagartas, besouros, percevejos e outros insetos, sendo afetados pela aplicação de inseticidas (MEDINA et al., 2013). Assim ressalta-se a importância do aspecto de uso de inseticidas seletivos na fase inicial dos cultivos para preservação e conservação dos inimigos naturais.

Figura 18. Coleta de insetos através de armadilha amarela adesiva. A) demonstra as primeiras coletas onde o número de inimigos naturais é superior ao de pragas, alvo ou não desse experimento. B, C e D) indicam o momento da chegada de adultos de *Diabrotica* spp. no sistema.



A dinâmica populacional do inseto dentro do sistema SM e SMF, durante a safra agrícola 2014/2015, nas seis épocas de semeadura, pode ser evidenciada na Figura 19.

Para o sistema SM, na safra agrícola 2014/2015, houve número superior a 40 indivíduos de *Diabrotica* spp. apenas para a primeira época de semeadura, em 23 de fevereiro de 2015 e em 04 de maio de 2015, para a quinta e sexta época de semeadura.

Apesar de não atingir 40 insetos em todas as épocas de amostragem dentro do sistema milho, as demais épocas semeadura seguem o mesmo padrão de comportamento no mesmo período com picos populacionais que correspondem a 23/02/2015 e 04/05/2015 (Figura 19).

Para o sistema SMF, houve mais de um pico populacional, superior a 40 indivíduos, dentro da mesma época de semeadura. Valores máximos de coleta de insetos ocorreram no período de 23 de fevereiro a 02 de março de 2015 e de 27 de abril a 04 de maio de 2015 (Figura 19).

A quarta, quinta e sexta épocas de semeadura atingiram pico populacional de 40 indivíduos no mesmo período mencionado em 04 de maio de 2015. Houve tendência de ocorrência de mais de dois picos de incidência máxima de adultos de *Diabrotica* spp. em algumas épocas de semeadura.

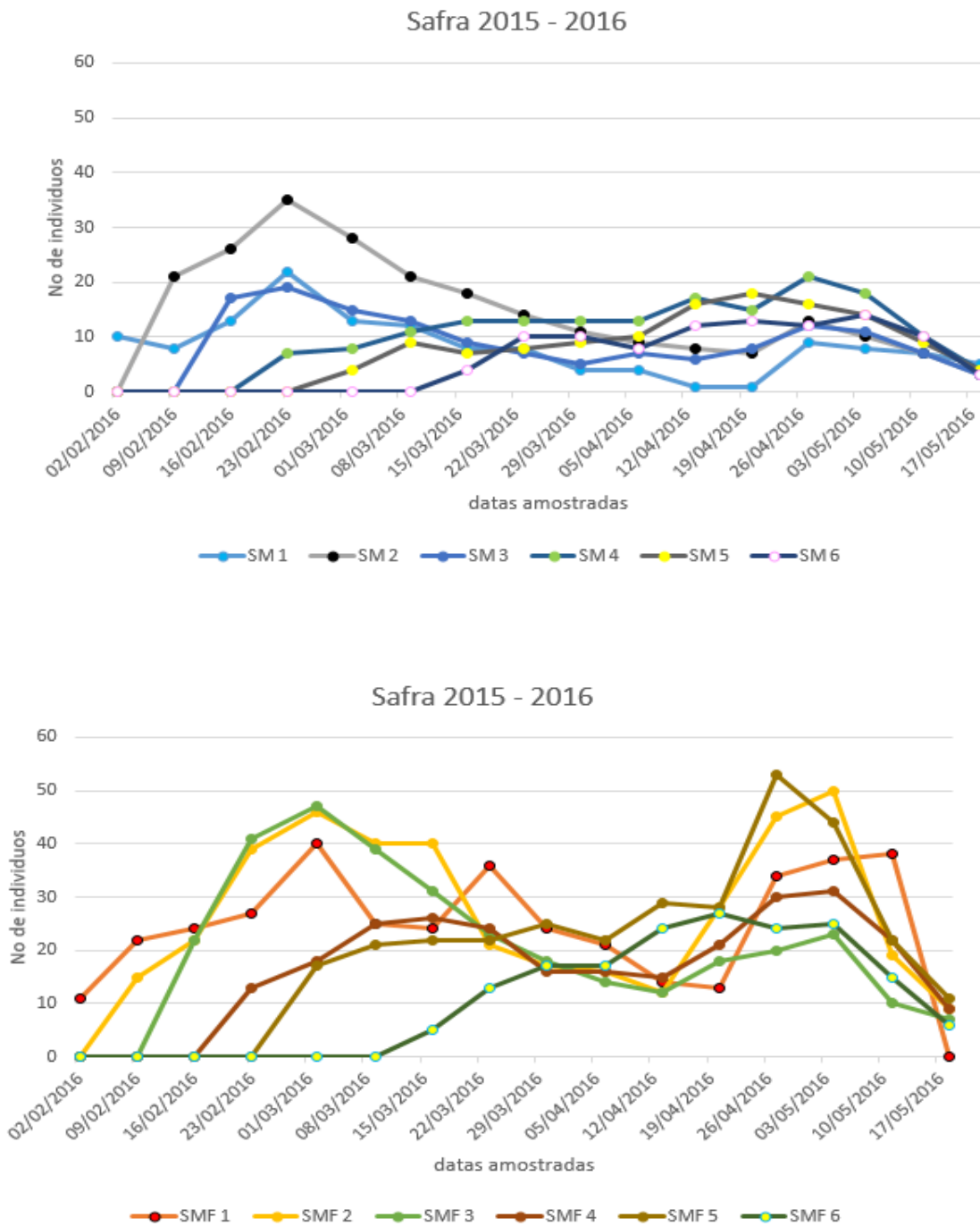
Para o sistema SM, na safra agrícola de 2015/2016, observou-se incidência populacional máxima inferior a safra 2014/2015, com 30 indivíduos observados e obtidos apenas na segunda época de semeadura atingindo esse número em 23 de fevereiro de 2016 (Figura 20).

A primeira e terceira épocas de semeadura, apesar de não atingirem esse número máximo de insetos, seguiu o mesmo comportamento para o período, com tendência de incidência máxima em meados para o final de abril/2016. Já para o sistema SMF houve incidência superior a 40 indivíduos para a primeira, segunda e terceira época de semeadura em 1º de março de 2016 e para a quinta época de semeadura, em 26 de abril de 2016. Um outro pico populacional ocorreu na segunda época de semeadura, em 26 de abril de 2016. As demais épocas de semeadura seguiram esse padrão (Figura 20).

Pode-se observar tendência de mais de dois picos populacionais para o sistema SMF, com amplitude superior ao sistema SM.

Os momentos de máxima incidência populacional do inseto, com mais de 40 indivíduos adultos de *Diabrotica* spp., ocorrem nesse estudo entre as fases vegetativas de V6 à VT (RITCHIE et al., 1989; FANCELLI et al., 2000) da cultura do milho, em todas as épocas de semeadura (Figura 21).

Figura 20. Dinâmica populacional de adultos de *Diabrotica* spp. em seis épocas de semeadura de milho, associado (SMF) ou não ao cultivo de feijão (SM), nos anos agrícolas de 2015/2016 em Campo Novo do Parecis-MT.

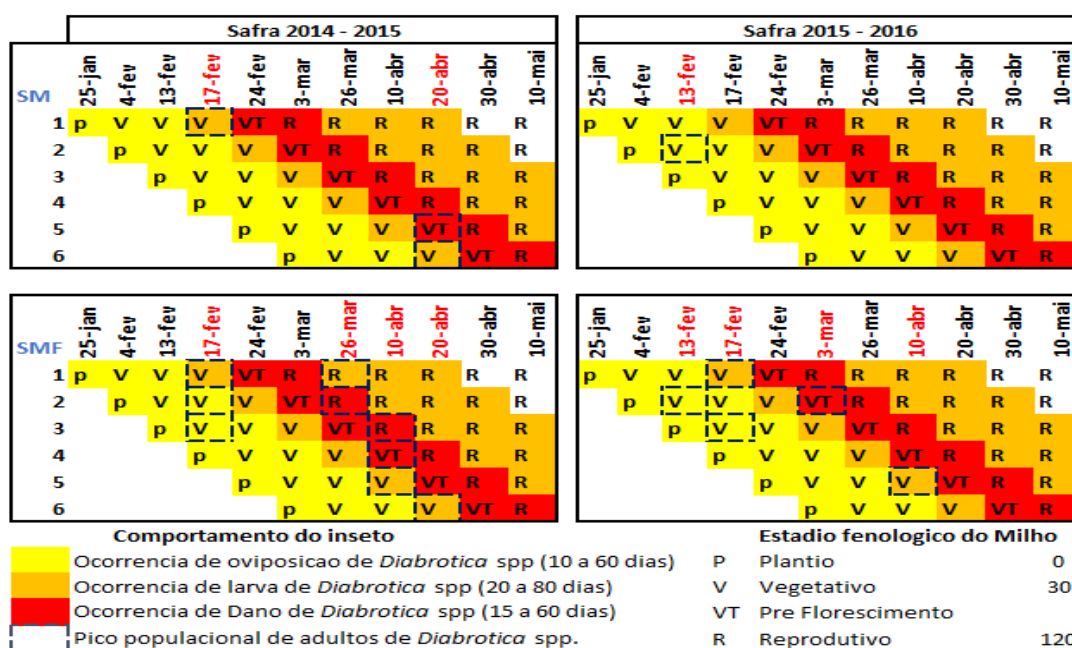


Considerando que as fêmeas maduras de *Diabrotica* spp. realizam oviposição na cultura do milho do 13^o ao 60^o dia aproximadamente (BRANSON; JOHNSON, 1973) e os adultos se movimentam e alimentam da parte aérea das culturas (CLARK; HIBBARD, 2004), temos fêmeas ativas e adultos em todo o período de semeadura e

desenvolvimento da cultura do milho na região.

O escalonamento da semeadura favorece a disponibilidade de alimentos e a manutenção de *Diabrotica* spp. no sistema de produção da região do Parecis-MT. Fatores genéticos inerentes ao híbrido para proteção radicular, também podem contribuir para a manutenção desses insetos na região, condições climáticas e do manejo adotado na cultura (CARVALHO et al., 2005; FORSTHOFER et al., 2006; BORGHI et al., 2014; SILVA et al., 2014; COSTA et al., 2016,). Sistemas de cultivos SM e SMF tem sido empregados com frequência e nas 480 observações foram constatadas diferenças na dinâmica populacional da praga, onde houve influência na presença de adultos e preferência alimentar nos diferentes sistemas de produção.

Figura 21. Dinâmica comportamental da *Diabrotica* spp em seis épocas de semeadura de milho, nos dois sistemas de produção e a associado da fase fenológico da cultura no sistema nos anos agrícola de 2014/2015/2016 em Campo Novo do Parecis-MT.



A primeira época de semeadura não é muito impactada por apresentar condições ideais de estabelecimento, assim como os danos de *Diabrotica* spp. são considerados menores pela abundância de alimento disponível nos sistemas.

O fato da densidade populacional na cultura do milho aumentar gradualmente, indica que a espécie sobreviveu e migrou do cultivo anterior (soja), com picos populacionais superiores no sistema de produção SM, quando comparados ao

sistema SMF. Isso indica indisponibilidade de outras fontes de alimento preferencial nas proximidades, tendo a monocultura como única dieta. Os mesmos resultados foram encontrados por outros autores na cultura do tabaco (MORAES et al., 2012) abóbora, pepino, milho, trigo, batata, tomate, feijão, soja, amendoim, girassol, canola, algodão, banana, ervilhaca e nabo forrageiro (GASSEN, 1989; ZUCCHI et al., 1993; GALLO et al., 2002; NERI et al., 2010; RIGON et al., 2011).

Com o avanço da tecnologia e inovação, a cada ano a decisão de qual sistema de produção utilizar, qual tecnologia e melhor época de semeadura, assim como o híbrido a ser usado, torna-se uma dificuldade para o produtor (JARDINE; LACABUENDIA, 2009).

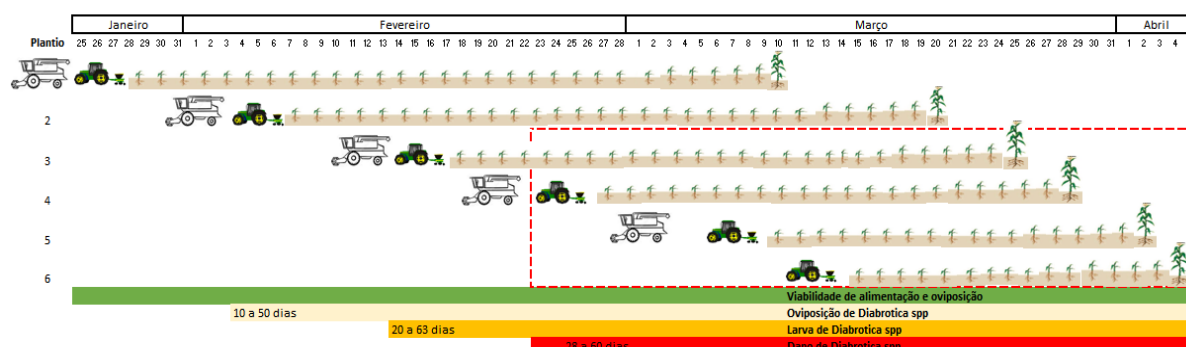
Assim, o conhecimento da dinâmica populacional de *Diabrotica* spp. no campo poderá ser utilizado como ferramenta do manejo integrado para definir medidas de controle (ÁVILA; MILANEZ, 2004; VIANA et al., 2010), utilizando como alternativa no planejamento estratégico tecnologia para proteção de raízes quando a planta atingir o estágio fenológico VT, após 15 de fevereiro em decorrência das interação bióticas e abióticas na cultura do milho, conforme a Figura 22.

O sistema de produção escolhido, a composição da rotação e as unidades de produção ao entorno, assim como proximidades com vegetação nativa, contribuem para a dinâmica populacional de *Diabrotica* spp., assim como para a biodiversidade do sistema (NICHOLLS; ALTIERI, 2007; MARQUES et al., 2012).

O impacto de *Diabrotica* spp. na produtividade de milho foi comparado entre híbridos com e sem tecnologia para proteção de raízes no mesmo híbrido comercial nas diversas épocas de semeadura nos dois sistemas de produção. Os resultados obtidos indicam melhores produtividades em ambas as interações de sistemas de produção e épocas de semeadura para a utilização de híbridos com proteção de raízes (Tabela 3).

Dependendo da época de semeadura e as condições futuras, um sistema radicular deficiente poderá não suprir as necessidades da planta e comprometer a produtividade, devido ao desbalanço entre os tecidos do sistema radicular e a parte aérea (JAIN et al., 2007), existindo forte correlação entre o número de raízes seminais e produção. Assim, danos por larva de *Diabrotica* spp. interferem na formação das raízes diminuindo o potencial do sistema radicular, sendo eficiente o uso de tecnologia para proteção de raízes dentro do sistema de produção, como pode-se constatar as melhores produtividades para a tecnologia PRO3, que confere proteção radicular.

Figura 22. Sistema de produção na região do Parecis, associado ao ciclo de *Diabrotica* spp. com a fenologia da cultura do milho e ocorrência de déficit hídrico.



Fonte. Joice Jardim com adaptação de Allen et al. (1998); Fancelli et al. (2000); Albuquerque e Andrade (2001); Taiz et al. (2004); Silva et al. (2009) e Conab (2018).

Tabela 3. Resultado da interação entre época de semeadura, sistema de manejo adotado e produtividade obtida em híbrido de milho com ou sem o uso de proteção para raízes, para controle de *Diabrotica* spp.

Época de semeadura	Sistema de produção	Produtividade (kg ha ⁻¹)				
		Tecnologia				
		CV	RR	PRO	PRO2	PRO3
25/jan	SM	121,7	130,1	137,3	129,9	147,7
	SMF	106,3	110,8	117,4	111,2	135,9
05/fev	SM	109,2	111,0	120,6	122,9	128,7
	SMF	90,7	88,0	108,1	95,8	111,8
15/fev	SM	97,7	91,9	92,2	90,1	104,1
	SMF	75,4	76,0	82,8	79,7	91,2
07/mar	SM	88,0	81,8	84,7	89,4	93,8
	SMF	27,9	45,2	58,8	62,3	74,7
12/mar	SM	66,6	63,2	78,3	72,2	85,3
	SMF	32,6	35,8	38,2	40,2	52,6

Um sistema radicular ativo e saudável emite constantemente novas raízes que serão eficientes na absorção enquanto não apresentam lignificação. O sistema radicular é resultante de processos complexos e dinâmicos, que incluem interações entre ambiente, solo e planta (FANTE JUNIOR, 1997) e com o auxílio de biotecnologia incremento de renda devido a proteção radicular direta ou indiretamente na cultura do milho, conforme Figuras 23 e 24.

Figura 23. Dados de produtividade no sistema SM comparando as produtividades de 5 tecnologias com ou sem proteção de raízes (Convencional CV, Resistente ao Glifosato RR, Resistente a lagartas PRO, Resistente ao glifosato e lagartas PRO2, Resistente ao glifosato, lagartas da parte aérea e radicular para *Diabrotica* spp. PRO3) em seis épocas de semeadura.

Produtividade em kg.ha ¹						
Época de semeadura	Sist. Produção	Tecnologia				
		CV	RR	PRO	PRO2	PRO3
25/jan	SM	121,7	130,1	137,3	129,9	147,7
05/fev	SM	109,2	111,0	120,6	122,9	128,7
15/fev	SM	97,7	91,9	92,2	90,1	104,1
25/fev	SM	86,1	77,9	79,9	83,1	96,4
07/mar	SM	88,0	81,8	84,7	89,4	93,8
12/mar	SM	66,6	63,2	78,3	72,2	85,3

Figura 24. Dados de produtividade no sistema SMF comparando as produtividades de 5 tecnologias com ou sem proteção de raízes em seis épocas de semeadura.

Produtividade em kg.ha ¹						
Época de semeadura	Sist. Produção	Tecnologia				
		CV	RR	PRO	PRO2	PRO3
25/jan	SMF	106,3	110,8	117,4	111,2	135,9
05/fev	SMF	90,7	88,0	108,1	95,8	111,8
15/fev	SMF	75,4	76,0	82,8	79,7	91,2
25/fev	SMF	63,3	57,0	73,2	74,3	86,0
07/mar	SMF	27,9	45,2	58,8	62,3	74,7
12/mar	SMF	32,6	35,8	38,2	40,2	52,6

Melhores produtividades foram constatadas com o uso de tecnologia para a proteção de raízes, durante as épocas de semeadura do milho, quando comparadas com híbridos sem a proteção radicular.

Os dados de eficiência do uso da biotecnologia para proteção de raízes nos sistemas de produção e diferentes épocas de plantio, corroboram com resultados de outros pesquisadores, como os relatos da introdução no ano de 2003 no mercado americano de híbridos com tecnologia para proteção de raízes (Cry3Bb1 - PRO3 marca comercial) como uma estratégia de controle, manejo de resistência e ou redução do número de aplicações de inseticidas para *Diabrotica* spp. (CLARK et al., 2004; US EPA, 2009; DUNBAR et al., 2010) Os autores, obtiveram resultados positivos de produtividade com proteção de resistência com o uso dessa tecnologia (O'NEAL et al., 1999; ONSTAD; MEINKE, 2010) devido as plantas Bt (*Bacillus*

thuringiensis) expressarem a proteção de raízes com ação nas larvas de *Diabrotica* spp. com efeitos diretos ou indiretos no sistema de produção.

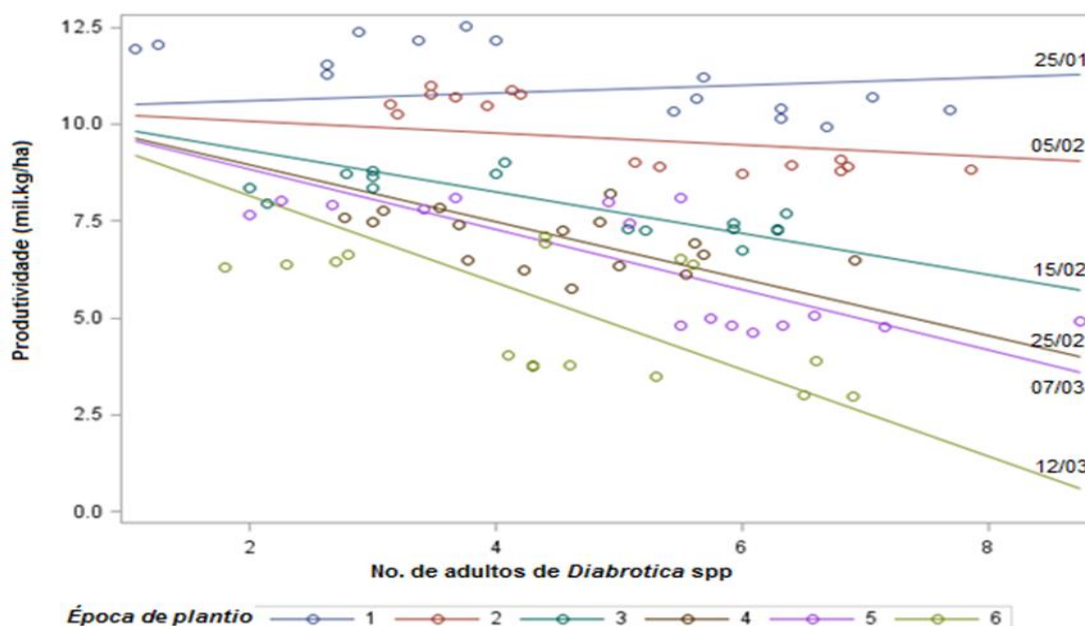
A rotação de culturas é outra ação recomendada para o controle de *Diabrotica* spp. em ambos os estádios fisiológicos do inseto (KRYSAN, 1993; HIBBARD et al., 2004; SPENCER; LEVINE 2008), assim a proteção do sistema radicular confere diferencial competitivo em um ambiente de estresse.

Os custos de produção são reduzidos com a rotação de culturas no sistema produtivo (HYDE et al., 2000; MARTIN; HYDE 2001) e a adoção de diferentes sistemas de produção trazem incremento econômico e melhorias nas condições químicas e físicas do solo. Assim como a integração de biotecnologia ao sistema, confere melhores produtividades, melhora a saúde e condições ambientais com a redução do uso de produtos químicos (DUNBAR et al., 2010).

Foram feitas análises para avaliar a associação dos efeitos de época de plantio, sistema de produção e tecnologia adotada com a evolução da quantidade de adultos de *Diabrotica* spp e os danos de raízes.

O modelo da Figura 25, demonstra que a época de plantio influencia no dano causado pela *Diabrotica* spp. na produtividade da cultura do milho, tendo um indicativo de correlação significativa de p-valor ($p < 0.0001$) e essa relação é explicada fortemente ($R^2 = 0,82$) pela correlação.

Figura 25. Análise de covariância entre os efeitos e a produtividade na cultura do milho.



A Figura 25, relata a correlação entre a época de semeadura, com a produtividade e a ocorrência de *Diabrotica* spp. nos sistemas, onde a inclinação das linhas relata a incidência cada vez maior do inseto com o avanço da semeadura do milho.

A primeira época de semeadura praticamente apresenta-se na horizontal, indicando que nessa época de semeadura a *Diabrotica* spp. está migrando da cultura da soja, conforme já mencionado em outras correlações anteriores, não apresentando relações de perdas de produtividade nos sistemas de produção.

Na segunda época de semeadura, ocorre uma pequena inclinação, com pequena perda de produtividade à medida que há o aumento de *Diabrotica* spp. no sistema, seguindo com maiores perdas de produção à medida que se aumenta o número de insetos. Os parâmetros que compõem a equação da estimativa de produtividade para cada época de semeadura estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4. Indicativo de parâmetros que compõem a equação de perdas de produtividade.

Parâmetro	Estimativa	St Error	T Value	Pr > F
Intercepto	10,39	0,3	32	<0,0001
25/jan	0,10	0,08	1,25	0,21
05/fev	-0,16	0,08	-2,02	0,05
15/fev	-0,53	0,09	-6,27	<0,0001
25/fev	-0,73	0,09	-8,30	<0,0001
07/mar	-0,78	0,07	-10,49	<0,0001
12/mar	-1,12	0,08	-13,23	<0,0001

Pode-se observar que o intercepto (10,39) equivale ao valor de peso predito quando tem-se zero indivíduos de *Diabrotica* spp. no sistema em todas as épocas de semeadura. O aumento de *Diabrotica* spp. implica na redução do peso da parcela e conseqüentemente na produtividade total, pois o aumento de um ocorre concomitantemente com a diminuição do outro.

As equações que possibilitam a estimativa da produtividade, para as diferentes épocas de semeadura, pelos parâmetros descritos na Figura 25 são:

Época 1 - Produtividade = $10,3927 + 0,0991 \times \text{Adultos de } Diabrotica \text{ spp.}$ ($p=0,2140$);
Época 2 - Produtividade = $10,3927 - 0,1553 \times \text{Adultos de } Diabrotica \text{ spp.}$ ($p<0,0464$);
Época 3 - Produtividade = $10,3927 - 0,5327 \times \text{Adultos de } Diabrotica \text{ spp.}$ ($p<0,0001$);
Época 4 - Produtividade = $10,3927 - 0,7312 \times \text{Adultos de } Diabrotica \text{ spp.}$ ($p<0,0001$);
Época 5 - Produtividade = $10,3927 - 0,7759 \times \text{Adultos de } Diabrotica \text{ spp.}$ ($p<0,0001$);
Época 6 - Produtividade = $10,3927 - 0,1201 \times \text{Adultos de } Diabrotica \text{ spp.}$ ($p<0,0001$).

Plantios tardios apresentam riscos econômicos com redução de produtividade, devido às limitações ambientais para o ótimo desenvolvimento da cultura, como disponibilidade de água, fotoperíodo, temperatura, menores investimentos em fertilidade, utilização de áreas marginais, entre outros.

No desdobramento por época de semeadura da correlação, verifica-se que o aumento de indivíduos reduz a produtividade, no entanto, existem diferenças entre as épocas de semeadura.

Considerando uma média de 5 indivíduos na produtividade, observa-se relação de perdas de produtividade da ordem de 5 a 37%, onde as correlações significativas são da 3ª para a 6ª época de semeadura, que ocorreram entre 15 de fevereiro e 10 de março de cada safra agrícola.

Resultados de redução no rendimento de grãos da ordem de 50% a 54% tem sido registrados (SPIKE; TOLLEFSON, 1989; VIANA et al., 2002), embora a relação direta com a redução do sistema radicular pela herbivoria da fase larvas de *Diabrotica* spp. seja frequentemente difícil de prever por inúmeros fatores.

As funções fisiológicas específicas na planta de milho quando interrompidas pela alimentação de larvas de *Diabrotica* spp. no sistema radicular não são completamente compreendidas (NOWATZKI et al., 2002). Isso porque muitos fatores, como o número de larvas presentes, o tamanho do sistema radicular, o crescimento secundário da raiz, a umidade do solo e a disponibilidade de nutrientes e a população vegetal tem interferência (LEVINE; OLOUMI-SADEGHI, 1991).

A alimentação de *Diabrotica* spp. reduz a produtividade, embora os resultados não resultem em relações diretas e proporcionais de danos radiculares devido a capacidade do híbrido de emissão de novas raízes (ROGERS et al., 1975) durante seu ciclo de desenvolvimento e o momento de dano pela praga, por isso a época de semeadura se torna um fator preponderante quando comparada com outros efeitos.

As informações estatísticas que compõem a equação para os parâmetros de

perdas de produtividade conforme a época de semeadura, constam na Tabela 5.

Os dados desse experimento indicam que a época de semeadura é um fator importante, e o modelo é altamente significativo ($R^2 = 0,82$), indicando que esse modelo explica mais de 80% da produtividade relacionada à época de semeadura e quantidade de *Diabrotica* spp. considerando todos os outros efeitos e apresentando um CV de 13%.

Tabela 5. Parâmetros estatísticos que compõem a equação de perdas de produtividade devido interação entre as épocas de semeadura.

Comparação entre épocas	DF	Contraste SS	Média S	F Valor	Pr > F
Ep1*Ep2	1	13,45	13,45	12,68	0,0006
Ep2*Ep3	1	27,82	27,82	26,23	<0,0001
Ep3*Ep4	1	6,84	6,84	6,45	0,0128
Ep4*Ep5	1	0,38	0,38	0,36	0,5488
Ep5*Ep6	1	23,81	23,81	22,44	<0,0001

Para a estimativa da produtividade considerando os danos radiculares por larvas de *Diabrotica* spp. foram obtidos pelas seguintes equações para as respectivas épocas de semeadura:

Época 1 – Produtividade = $8,959497 + 21,2418 \times \text{Diabrotica spp. aérea}$ ($p < 0,0001$);

Época 2 – Produtividade = $8,959497 + 2,8712 \times \text{Diabrotica spp. aérea}$ ($p = 0,5385$);

Época 3 – Produtividade = $8,959497 - 8,1962 \times \text{Diabrotica spp. aérea}$ ($p = 0,0104$);

Época 4 – Produtividade = $8,959497 - 16,9958 \times \text{Diabrotica spp. aérea}$ ($p < 0,0001$);

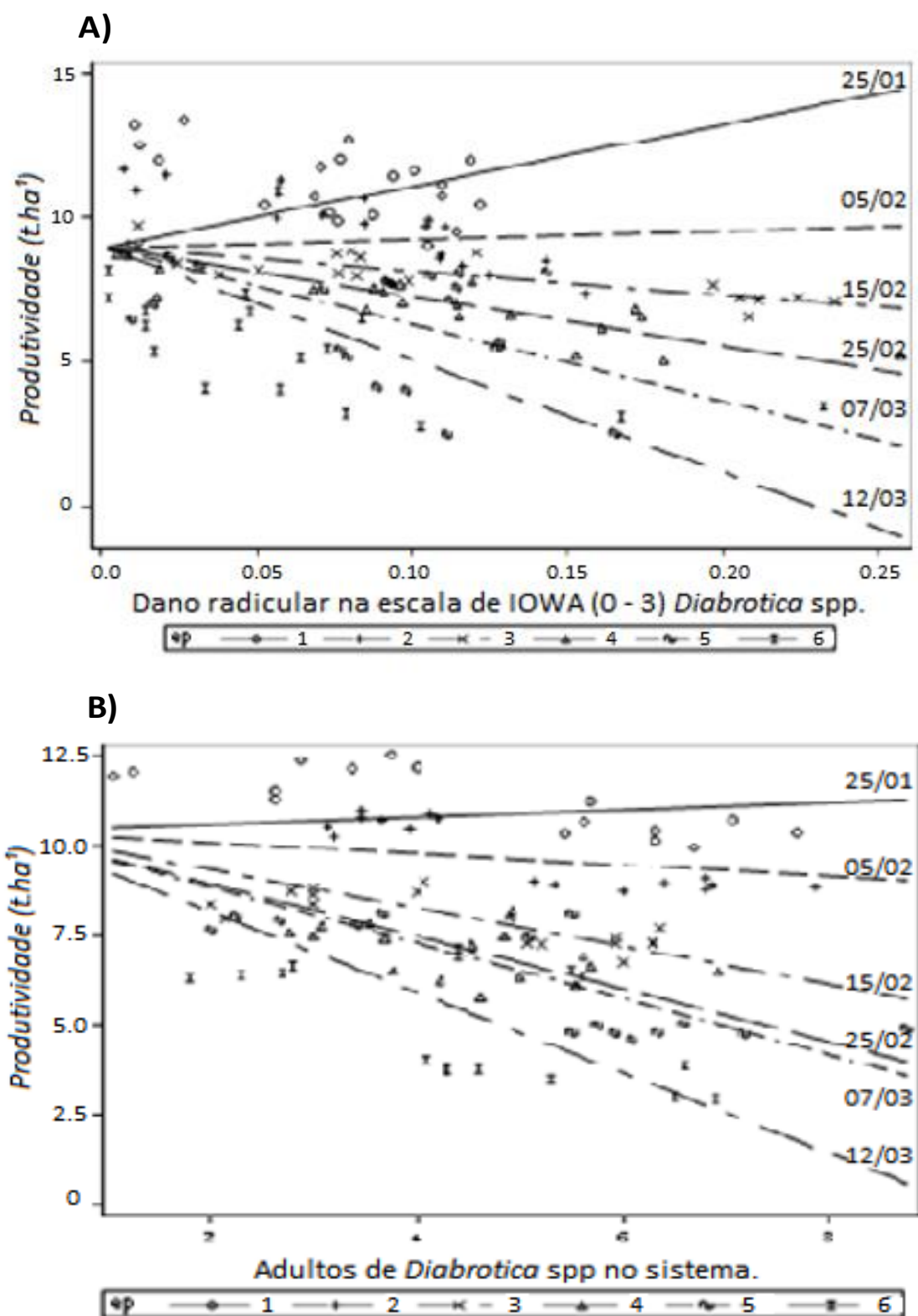
Época 5 – Produtividade = $8,959497 - 26,6019 \times \text{Diabrotica spp. aérea}$ ($p < 0,0001$);

Época 6 – Produtividade = $8,959497 - 38,9412 \times \text{Diabrotica spp. aérea}$ ($p < 0,0001$).

Ao considerar também os mesmos 5 adultos de *Diabrotica* spp. presentes no sistema de produção, obteve-se perda radicular que refletiu em redução na produtividade da ordem de 3 a 20%. Há significância ($p < 0,0001$) para o modelo de relação entre os danos da larva de *Diabrotica* spp. e o sistema de produção adotado ($R^2 = 0,1868$ e $CV = 27,35\%$). Para o sistema de produção SMF ($p < 0,0001$) teve significância, quando comparado com o sistema SM ($p = 0,9646$) para os danos radiculares causados por larvas de *Diabrotica* spp., sugerindo o uso de proteção de

raízes para cultivos próximos à cultura de feijão.

Figura 26. Perdas de produtividade em plantas de milho relacionando os danos radiculares por larvas de *Diabrotica* spp. (A) e a presença de adultos (B) na época de semeadura.

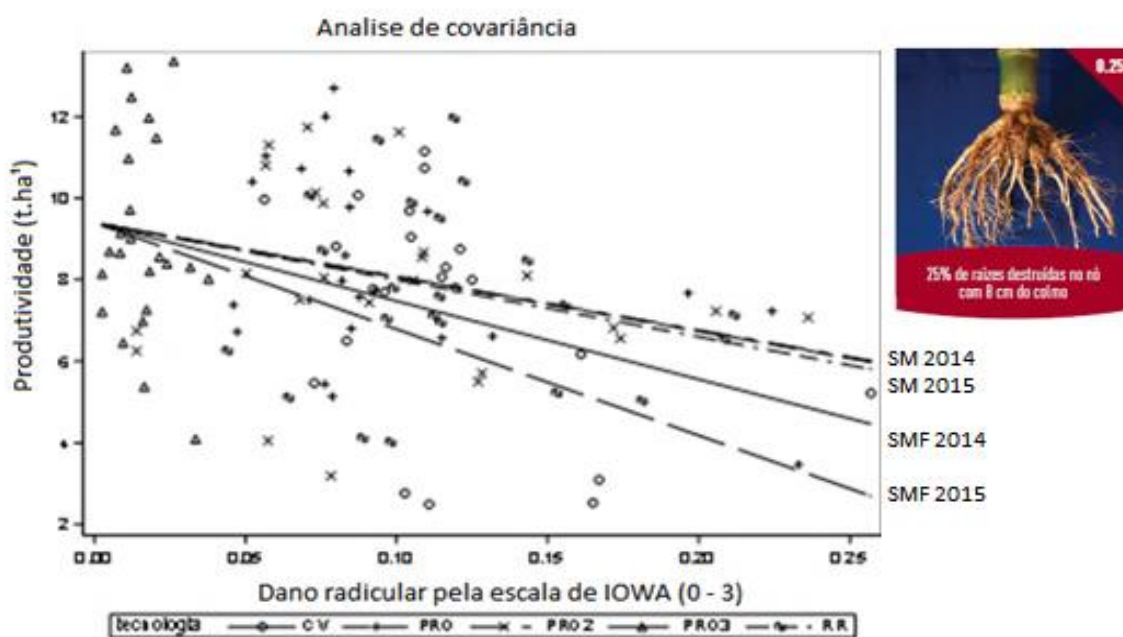


A influência da época de semeadura com relação aos danos radiculares na produtividade, foi significativa ($p < 0,0001$, $R^2 = 0,61$ e $CV = 19,12\%$) com efeitos significativos para a 3ª, 4ª, 5ª e 6ª época de semeadura. Fisiologicamente a planta nesse período, pela maior demanda funcional, necessita de técnicas que auxiliem a conservação da integridade do sistema radicular (Figura 26).

Para a regressão da tecnologia adotada com os danos da larva de *Diabrotica* spp. na produtividade houve significância ($p = 0,0096$, $R^2 = 0,12$ e $CV = 28,7\%$). Para os híbridos sem tecnologia de proteção de raízes as médias dos tratamentos foram $84,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ e para o híbrido com proteção radicular foi de $100,7 \text{ kg.ha}^{-1}$, diferindo aproximadamente em 15%. Isso reflete a importância do uso da biotecnologia para a proteção de raízes em sistema de produção.

Esses dados corroboram com os dados de perda de produtividade de 15 a 17% para sucessão de cada nó lesionado (GRAY et al., 2009; DUN et al., 2010; DUNBAR et al., 2010; TINSLEY et al., 2013) relatado por pesquisadores de outros países. Em uso comercial, existem hoje quatro toxinas Bt para controle de *Diabrotica* spp., sendo piramidadas (Cry34 / 35Ab1, mCry3A e eCry3) ou sozinhas (Cry3Bb1) (CULLEN et al., 2013), como a tecnologia utilizada no Brasil. Sendo importante o uso de biotecnologia para proteção de raízes no sistema, conforme Figura 27.

Figura 27. Danos radiculares em plantas de milho relacionando a produtividade e o sistema de produção adotado.



Afonso Rosa et al. (2017), obteve resultados de danos inferiores a 0,75 na escala de IOWA (0 - 3) com perdas de rendimento a medida que houve o aumento da densidade larval de *Diabrotica* spp.

Marques et al. (1984), obteve resultados que todas as densidades de *Diabrotica* spp. reduziram o sistema radicular das plantas de milho, e os danos da parte radicular influenciaram a parte aérea das plantas, quando comparados com a testemunha, aumentando as perdas de rendimento com o número crescente de larvas.

Weiss e Mayo (1983) obtiveram resultados em ensaios de campo, para larva de *Diabrotica* spp. que, com 1,8 larvas por planta se alimentando, representatividade de dano de 2,7 em uma escala de 1-6 (IOWA). Sobretudo, o dano econômico para a lavoura, somente foi verificado para valores de nota acima de 3,4, que indicavam uma população de cinco larvas por planta (VIANA et al., 2012), corroborando com as informações desse trabalho.

Branson et al. (1980) encontraram uma correlação de 0,54 para danos nas raízes e rendimento de grãos. Demonstraram, também, que uma nota de dano 2 nas raízes, na escala (1 – 6), resultou em aproximadamente 4% na redução da produtividade.

Mayo (1986) relatou que essa diferença pode ser atribuída à uniformidade da infestação conseguida com a infestação artificial realizada versus a variação encontrada nos trabalhos conduzidos sob infestação natural.

Esses e outros estudos não estabelecem o nível de danos nas raízes que podem ser tolerados, mas evidenciam que danos nas raízes maiores que 3,0, na escala de 1 a 6, indicam perdas econômicas (MAYO, 1986).

Ensaio em campo, relacionando danos no sistema radicular são difíceis e o desenvolvimento das raízes dependem de vários fatores, havendo uma relação positiva entre a integridade das raízes, profundidade de raízes, vigor das plantas e a produtividade das culturas. Na Figura 28, pode-se observar alguns danos radiculares, após limpeza do sistema radicular, e algumas plantas que apresentaram acamamento, devido aos danos no sistema radicular causados por *Diabrotica* spp.

Quando se comparou a média de produtividade das épocas de semeadura do ano de 2014/2015 e 2015/2016 nos sistemas de produção com a adoção de tecnologia (PRO2*PRO3) para proteção de raízes, obteve-se incremento médio de produtividade de 10 a 15%, conforme Figura 29.

Figura 28. Danos radiculares em plantas de milho durante a condução do experimento.



Isso indica a importância do controle da praga, principalmente em áreas sob estresses, onde os prejuízos para o sistema de produção são maiores, corroborando com Branson et al. (1980), quando afirmaram que as perdas causadas pelas larvas de *Diabrotica* spp. são consideravelmente mais elevadas quando a cultura do milho está sujeita a estresse hídrico do que em condições ideais para o seu desenvolvimento.

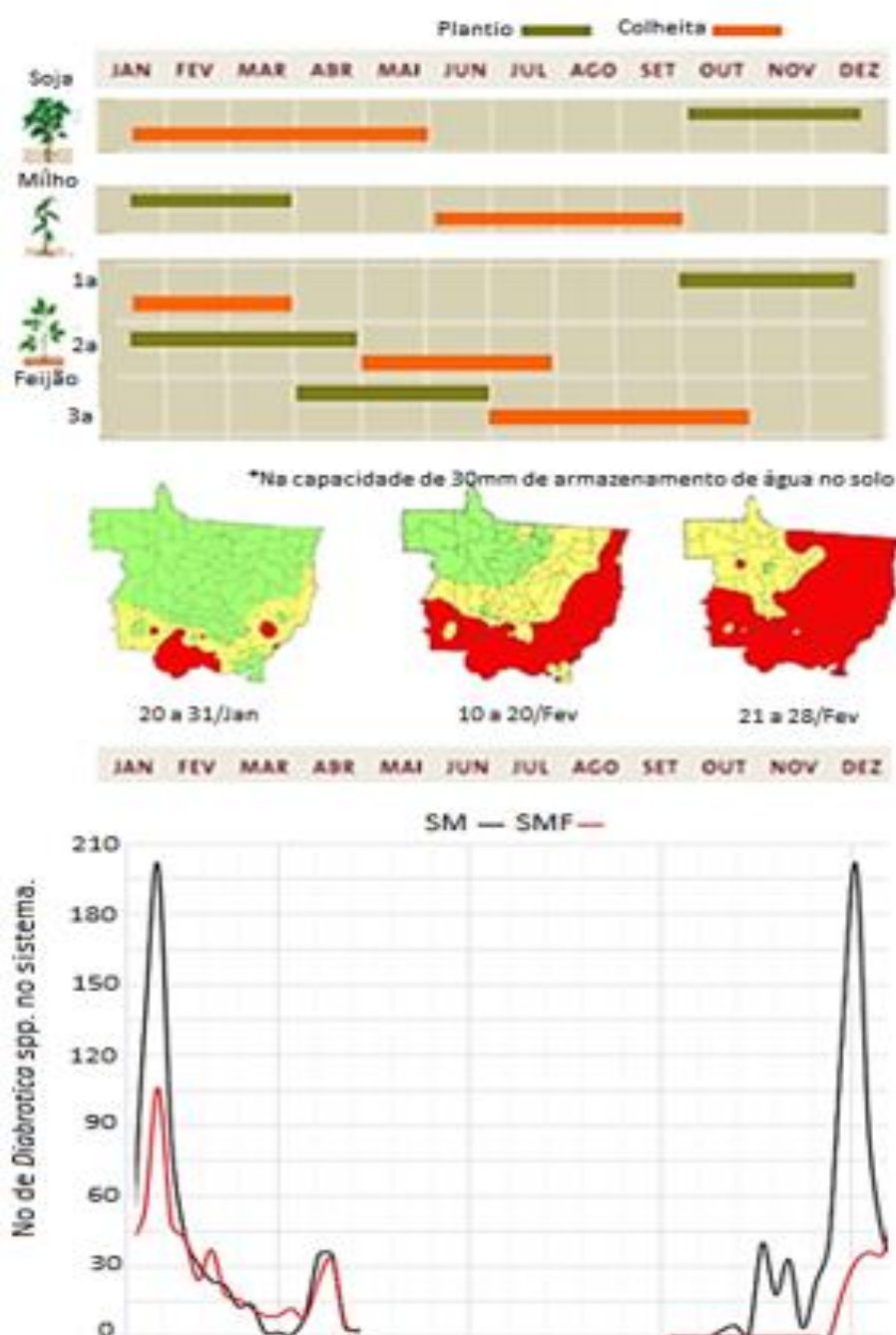
A prospecção de alternativas para o controle integrado de pragas de solo, como a larva alfinete ou *Diabrotica* spp. é complexa, pois necessita-se de uma estratégia que envolva diversos conceitos e diagnósticos, com os conceitos de sistemas integrados.

Considerando as informações até aqui mencionadas, como clima, sistema de produção, época de semeadura, dinâmica populacional de adultos de *Diabrotica* spp, danos radiculares causados na cultura do milho pelas fases larvais de *Diabrotica* spp, produtividade e a biotecnologia, refletem a dificuldade na tomada de decisão pelos produtores e importância dos estudos das interações para a região do Parecis-MT nas recomendações.

Figura 29. Incremento médio geral de produtividade com o uso de biotecnologia para proteção de larvas de *Diabrotica* spp. em 6 épocas de semeadura.

Média de produtividade em kg.ha ¹ nos diferentes sistemas de produção com adoção de biotecnologia								
Sist. Produção	Tecnologia						CV*PRO3	PRO2*PRO3
	CV	RR	PRO	PRO2	PRO3			
SM	94,9	92,6	98,8	97,9	109,3	-13%	-10%	
SMF	66,0	68,8	79,8	77,3	92,0	-28%	-16%	

Figura 30. Resumo das condições de semeadura, deficiência hídrica e flutuação de *Diabrotica* spp para a região de Campo Novo do Parecis-MT.



A prospecção de alternativas para o controle integrado de pragas que habitam o solo, como a larva alfinete ou *Diabrotica* spp. é complexa, pois necessita-se de uma estratégia que envolva diversos conceitos e diagnósticos de forma integrada.

Um resumo das interações inerentes ao sistema de produção da região de Campo Novo do Parecis-MT e os diversos fatores abióticos e bióticos, época de semeadura das culturas da soja, milho e feijão (primeira, segunda e terceira safra agrícola), dinâmica populacional de *Diabrotica* spp. durante as safras agrícolas e as condições de estimativa de ocorrência de déficit hídrico durante o período de janeiro a março, na capacidade de 30 mm de armazenamento de água no solo (Figura 30), indicam o desafio encontrado na região e a importância desse e demais estudos com esses componentes para orientar o aumento de produtividade local e expressão do máximo potencial produtivo.

6 CONCLUSÃO

A população de *Diabrotica* spp. é mais numerosa de janeiro a março e sofre influência do sistema de produção, disponibilidade de alimento, precipitação e composição paisagística local, onde a cultura do milho é impactada negativamente em produtividade com as interações do sistema e a ocorrência do inseto.

O conhecimento da dinâmica populacional de *Diabrotica* spp. pode auxiliar na estratégia de planejamento agrícola para a região do Parecis-MT.

Existem diferenças na dinâmica populacional de *Diabrotica* spp. no sistema SM e SMF, com mais de um pico populacional na cultura do milho.

Diabrotica spp. causa perdas consideráveis na produtividade, independentemente do sistema avaliado no estudo.

As perdas de produtividade variam de 5 a 45% em função de diferentes épocas de semeadura, tecnologia adotada e sistema de produção na presença de *Diabrotica* spp.

A utilização sistemática de um conjunto integrado de práticas, escolha de híbrido, época de semeadura e a rotação de culturas é fundamental para o sucesso da produtividade da cultura do milho.

Semeaduras após 15 de fevereiro requerem híbridos com proteção de raízes, especialmente, em áreas próximas ao cultivo de feijão na região do Parecis-MT.

Protegendo o sistema radicular, com manejos, tecnologias ou estratégias que garantam as condições adequadas ao sistema radicular, são maneiras de garantir o desenvolvimento da planta de forma a explorar o máximo potencial genético produtivo.

Existe carência de estudos sobre pragas de raízes no Brasil.

REFERÊNCIA

- AFONSO ROSA, A. P. S. et al. Danos causados pela larva-alfinete em milho em condições de campo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n.1, p. 153-160, 2017.
- AL-DEEB, A. M., WILDE, G. E., ZHU, K. Y. Effect of insecticides used in corn, sorghum and alfalfa on the predator orius insidiosus (hemiptera: anthocoridae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 94, n. 6, p.1353-1360, 2001.
- ALDRICH, S. R.; SCOTT, W. O.; LENG, R. E. **Modern corn production**. 2. ed. Champaign: A & I Publication., 1982. p. 371.
- ALLEWELDT, F. **Evaluation of the Rapid Alert System for Food and Feed and of crisis management procedures**. 2008. Disponível em: <https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/gfl_fitc_external_study_rasf_manage_crisis_annexes.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.
- ALMEIDA, A. C. S. et al. Produtividade e eficiência de uso da água em milho cultivado com diferentes estratégias de manejo hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 3, p. 1448-1457, 2017.
- ARNHOLD, E. et al. Produtividade de híbridos de milho em região de fronteira agrícola no nordeste do maranhão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 468-473, 2010.
- AVILA, C. J.; MILANEZ, J. M.; PARRA, J. R. P. Previsão de ocorrência de *Diabrotica speciosa* utilizando-se o modelo de graus dia de laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 472-432, 2002.
- AVILA, C. J.; PARRA, J. R. P. Desenvolvimento de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em diferentes hospedeiros. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 739-743, 2002.
- ÁVILA, C. J. **Técnica de criação e influência do hospedeiro e da temperatura no desenvolvimento de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) Coleoptera: Chrysomelidae**. 1999. 102 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- ÁVILA, C. J.; MILANEZ, J. M. Larva-Alfinete. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (Eds.). **Pragas de solo no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo, 2004. p. 345-378.
- ÁVILA, C. J.; PARRA, J. R. P. Influência da temperatura na fecundidade e longevidade de adultos de *Diabrotica speciosa*. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 76, n. 3, p. 392-399, 2001.
- ÁVILA, C. J.; SANTANA, A. G. Larva-Alfinete. In: VIANA, P. A. (Ed.). **Principais pragas subterrâneas do milho no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. p. 21-31. (Documentos 129).

BAER, W. **Economia brasileira**. 2. ed. São Paulo: Ed. Nobel, 2002.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial**. São Paulo: Saraiva, 2004.

BARROS, G. S. C.; ADAMI, A. C. O. Exportações do agronegócio batem novo recorde em 2012, mesmo com queda de preços. Cepea Esalq/USP. Piracicaba, 2013. Disponível em: <http://w.cepea.esalq.Usp.br/comunicacao/cepea_exportagro_2012.doc>. Acesso em: 12 maio 2013.

BERGAMASCHI, H. et al. Water supply in the critical period of maize and the grain production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

BERGAMASCHI, H. et al. Water deficit and yield in maize crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

BERGONCI, J. I. et al. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 7, p. 949-956, 2001.

BINNING, R. R. et al. Estimating western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larval susceptibility to event DAS-59122-7 maize. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 134, n. 7, p. 551-561, 2010.

BORÉM, A.; ALMEIDA, G. D. Plantas geneticamente modificadas: desafios e oportunidades para regiões tropicais. Viçosa: Ed. UFV, 2011.

BORÉM, A.; FRITSCHÉ NETO, R. (Eds.). **Biotecnologia aplicada ao melhoramento de plantas**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013

BORGHI, E. et al. **Desafios das novas fronteiras agrícolas de produção de milho e sorgo no Brasil**: desafios da região do MATOPIBA. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014.

BORIANI, M. et al. Sustainable management of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae), in infested areas: experiences in Italy, Hungary and the USA. **Bulletin OEPP/EPPO Bulletin**, v. 36, p. 531-537, 2006.

BRANSON, T. F.; ORTMAN, E. E. Host range of larvae of the northern corn rootworm: further studies. **Journal of the Kansas Entomological Society**, Lawrence, v. 44, n. 1, p. 50-52, 1971.

BRANSON, T. F.; SUTTER, G. R.; FISHER, J. R. Plant response to stress induced by artificial infestations of western corn rootworm. **Environmental Entomology**, College Park, v. 9, n. 2, p. 253-257, 1980.

BRANSON, T. F.; JOHNSON, R. D. Adult western corn rootworms: oviposition, fecundity, and longevity in the laboratory. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 66, n. 2, p. 417-418, 1973.

BRASIL. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Lei nº 11.105 de 24 de março de 2005. Dispõe sobre as normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados - OGM e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 mar. 2005.

BRAVO, A.; GILL, S. S.; SOBERON, M. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* cry and cyt toxins and their potential for insect control. **Toxicon**, Elmsford, v. 49, n. 4, p. 423-435. 2007.

BRAVO, A. et al. *Bacillus thuringiensis*: a story of a successful bioinsecticide. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Amsterdam, v. 41, n. 7, p. 423-431, 2011.

BROOKES, G.; BARFOOT, P.; FORTHCOMING, G. M. Crops: global socioeconomic and environmental impacts 1996-2010, Dorchester: PG Economics, 2012.

BURIOL, G. A. et al. Clima e vegetação natural do estado do Rio Grande do Sul segundo o diagrama climático de Walter e Lieth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 91-100, 2007.

CABRERA WALSH G. et al. Qualitative and quantitative responses of diabroticina (Coleoptera: Chrysomelidae) to cucurbit extracts linked to species, sex, weather and deployment method. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 132, n. 3, p. 205-215, 2008.

CAMPOS, L. M. S. Environmental management systems (EMS) for small companies: a study in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 32, p. 141-148, 2012.

CARVALHO, H. W. L. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 471-477, 2005.

CARVALHO, S. M. Em defesa do feijão. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 65, n. 11, p. 64-67, 1990.

CÉLERES. **Os benefícios econômicos da biotecnologia agrícola no Brasil: 1996/97 - 2011/2012**. Disponível em: <http://celeres.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2013/01/pressrelease2012_economico.pdf>. Acesso em: 20 maio 2013.

CÉLERES. **Relatório Biotecnologia**. Relatório técnico. 2013. Disponível em: <http://celeres.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2012/12/relbiotecbrasil_1201_vf.pdf>. Acesso em: 15 maio 2013.

CEPEA. GPD Agribusiness - Brazil Outlook. **Relatório PIBAgro-Brasil**. 2012. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/comunicacao/cepea_pib_br_abr13.pdf>. acesso em: 12 maio 2013.

CHANDLER, L. D.; FAUST, R. M. Overview of areawide management of insects. **Journal of Agricultural Entomology**, Clemson, v. 15, n. 4, p. 320-325, 1998.

CHRISTENSEN, J. R. Estudio sobre el género *Diabrotica* chev. En la Argentina. **Revista de La Facultad de Agronomía y Veterinaria**, Buenos Aires, v. 10, p. 464-516, 1943.

CIMILHO. **Levantamento de dados**. 2015. Disponível em: <<http://cimilho.cnpms.embrapa.br/>>. Acesso em: 12 fev. 2015.

CIB. **Milho transgênico aumenta em 34% a produtividade de pequeno produtor na África do Sul**. Porto Alegre: CIB, 2008.

CLARK, T. L.; HIBBARD, B. E. Comparison of nonmaize hosts to support western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larval biology. **Environmental Entomology**, College Park, v. 33, n. 3, p. 681-689, 2004.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 3** – safra 2015/16. Brasília: Conab, 2016. p. 1-182.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da agropecuária**. Observatório agrícola. Brasília: Conab, 2014.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 7** – safra 2015/16. Brasília: Conab, 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 9** – safra 2017/18. Brasília: Conab, 2018.

CORAZZA, R. I. Gestão ambiental e mudanças da estrutura organizacional. **RAE Eletrônica**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2003.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1995. 24 p.

COELHO, L. B. **Análise faunística de Cicadellidae (Insecta: Homoptera) em área da mata atlântica**. Viçosa: UFV, 1997. 73 p.

COSTA, R. V. et al. **Avaliação de cultivares de milho em diferentes épocas de plantio no estado do Tocantins**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 22 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, v. 139).

CRUZ, J. C. et al. Caracterização do cultivo de milho safrinha de alta produtividade em 2008 e 2009. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 2, p. 177-188, 2010.

CRUZ, I. et al. **Manual de identificação de pragas da cultura de milho**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1997. 67 p.

CTNBIO. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **Parecer técnico 3045/2011**. Parecer para liberação comercial de milho geneticamente modificado MON 89034 x MON 88017, resistente a insetos e tolerante ao herbicida glifosato. 2011. Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

CULLEN, E. M et al. Resistance to Bt corn by western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) in the U.S. corn belt. **Journal of Integrated Pest Management**, Annapolis, v. 4, n. 6, p. D1-D6, 2013.

DAHER, E.; LOPES, A. S. **Agronegócios e recursos naturais no cerrado: desafios para uma coexistência harmônica**. Brasília: Embrapa, 2008. 174-209.

DALLACORT, R. et al. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum, Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.

DAVIS, P.M. Comparison of economic injury levels for western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) infesting silage and grain corn. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 87, n. 4, p. 1086-1090, 1994.

DE GRAAF, H. J.; MUSTERS, C. J. M.; KEURS, W. J. Sustainable development: looking for new strategies. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 16, n. 3, p. 205-216, 1996.

DONAIRE, D. Considerações sobre a influência da variável ambiental na empresa. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 68-77, 1994.

DUN, Z.; MITCHELL, P. D.; AGOSTI, M. Estimating *Diabrotica virgifera virgifera* damage functions with field trail data: applying an unbalanced nested error component model. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v.134, n. 5, p. 409-419, 2010.

DUNBAR, M. W. **Distribution of two rotation-resistant corn pests in eastern IOWA and effects of soybean varieties on biology of *Diabrotica virgifera virgifera***. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Iowa State University, Ames, USA, 2010.

DUNBAR, M. W.; GASSMANN, A. J. Abundance and distribution of western and northern corn rootworm (*Diabrotica* spp.) and prevalence of rotation resistance in eastern IOWA. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 106, n. 1, p. 168-180, 2013.

ELY, D. F.; ALMEIDA, I. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. Implicações políticas e econômicas, variabilidade climática e o rendimento da cultura do milho no Estado do Paraná. **Revista do Departamento de Geociências**, Londrina, v. 12, n. 1, p. 495-508, 2003.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Análise da disponibilidade hídrica na safra 2014/2015**. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura/observatorio/analise-da-disponibilidade-hidrica-na-safra-2014-2015-inicio-da-safra-ate-12-02-15>>. Acesso em: 30 out. 2016.

EPA. **Biopesticide registration action document: Bacillus thuringiensis cry34ab1 and cry35ab1 proteins and the genetic material necessary for their production in event DAS-59122-7 corn.** 2005. Disponível em: <http://www.epa.gov/oppbppd1/biopesticides/ingredients/tech_docs/brad_006490.pdf>. Acesso em: 30 out. 2016.

EPA. **Biopesticides registration action document: modified cry3a protein and the genetic material necessary for its production (via elements of pzm26) in event MIR604 corn SYN-IR604-8.** 2007. Disponível em: <http://www.epa.gov/opp00001/biopesticides/ingredients/tech_docs/brad_006509.pdf>. Acesso em 30 out. 2016.

EPA. **Biopesticides registration action document: Optimum® Acremax™ B.t. corn seed blends.** 2010. Disponível em: <http://www.epa.gov/oppbppd1/biopesticides/ingredients/tech_docs/brad_006490_oam.pdf>. Acesso em: 30 out. 2016.

EPA. **Biopesticides registration action document: mon 89034 x tc1507 x mon 88017 x das-59122-7 (smartstax®) b.t. corn seed blend.** Disponível em: <https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/pip/smartstax-seedblend.pdf>. Acesso em: 30 out. 2016.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho.** Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho.** Guaíba: Agropecuária, 2004. p. 360.

FANTE JÚNIOR, L. **Sistema radicular da aveia forrageira avaliado por diferentes métodos, incluindo processamento de imagens digitais.** 1997. 119 f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations/Statistics Division. **Rankings indicators provide an overview of key indicators and charts by commodity.** 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity>. Acesso em: 20 dez. 2016.

FAVERO, C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 171-177, 2000.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000. **Anais...** São Carlos: SIB, 2000. p. 255-258.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O clima na região de Dourados, MS.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 32 p. (Documentos, 92).

- FLINT-GARCIA, S. A. et al. Conventional screening overlooks resistance sources: rootworm damage of diverse inbred lines and their b73 hybrids is unrelated. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n. 3, p. 1317-1324, 2009.
- FORSTHOFER, E. L. et al. Desempenho agronômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 399-407, 2006.
- FRIEDMAN, M. The social responsibility of business is to increase its profits. **The New York Times Magazine**, 1970.
- FURLANETO, F. P. B.; ESPERANCINI, M. S. T. Custo de produção e indicadores de rentabilidade da cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 297-303, 2010.
- GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.
- GALLO, P. **Efeito do evento mon88017 (cry3bb1) de inseticida e da época de semeadura na redução do dano de Diabrotica speciosa (Germar, 1824) (Coleoptera: Crysmelidae) na raiz do milho**. 2012. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2012.
- GALLOPÍN, G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A systems approach. **Environmental Modeling and Assessment**, Amsterdam, v. 1, n. 1, p. 101-117, 1996.
- GASSEN, D. N. **Insetos subterrâneos prejudiciais às culturas no sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa, 1989. 49 p. (Documentos, 13).
- GASSEN, D. N. **Insetos associados à cultura do milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1994. 92 p.
- GIACOMINI, S. J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.
- GLASER, J.; MATTEN, S. R. Sustainability of insect resistance management strategies for transgenic bt corn. **Biotechnology Advances**, New York, v. 22, n. 1-2, p. 45-69, 2003.
- GODFREY, L. D.; MEINKE, L. J.; WRIGHT, R. J. Effects of larval injury by western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) on gas exchange parameters of weld corn. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 86, p. 1546-1556, 1993.
- GOMES, F.P.; TORTATO, U. Adoção de práticas de sustentabilidade como vantagem competitiva. **RPCA**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p. 33-49, 2011.
- GOMES, W. S.; BOREM, A.; Biotecnologia: novo paradigma do agronegócio brasileiro. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 116-136, 2014.

GONÇALVES, C. N. et al. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 153-159, 2000.

GONÇALVES, D. **Levantamento das espécies e influência de variáveis climáticas sobre populações de Chrysomelidae**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal De Viçosa, Viçosa, 2008.

GONTIJO NETO, M. M. et al. Avaliação de cultivares de milho e épocas de semeadura na safrinha na região de Rio Verde-GO. In: WORKSHOP CTC AGRICULTURA, 12., 2013, Rio Verde. **Anais...** Rio Verde: Centro Tecnológico Comigo, 2013. p. 44-47.

GOULD, F. Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 43, p. 701-726. 1998.

GRAY, M. E. **Field evolved western corn rootworm resistance to bt (cry3bb1) confirmed in three additional Illinois counties**. 2014. Disponível em: <<http://bulletin.ipm.illinois.edu/?p=1913>>. Acesso em: 23 out. 2016.

GRAY, M. E. et al. Adaptation and invasiveness of western corn rootworm: intensifying research on a worsening pest. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 54, p. 303-321, 2009.

HAJI, N. F. P. **Biologia, dano e controle do adulto de Diabrotica speciosa (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) na cultura da batatinha (Solanum tuberosum L.)**. 1981. 53 f. Tese (Doutorado) – ESALQ, Piracicaba, 1981.

HAMMACK, L. Calling behavior in female western corn rootworm beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). **Annals of Entomological Society of America**, Gainesville, v. 88, n. 4, p. 562-569, 1995.

HART, S. L. **O capitalismo na encruzilhada: as inúmeras oportunidades de negócios na solução dos problemas mais difíceis do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

HARTMANN G. L.; HILL, C. B. **Successful technologies and approaches used to develop and manage resistance against crop diseases and pests**. Emerging technologies for promoting food security. 2016. Disponível em: <www.epa.gov/oppfead1/cb/csb_page/updates/2015/corn-rootworm-news.html>. Acesso em: 13 nov. 2016.

HASHEMI, A. M.; HERBERT, S. J.; PUTNAM, D. H. Yield response of corn to crowding stress. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n. 3, p. 839-846, 2005.

HEINRICH, R. et al. Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 225-230, 2002.

HERNÁNDEZ, M. et al. Maize water use efficiency and evapotranspiration response to n supply under contrasting soil water availability. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 178, p. 8-15, 2015.

HIBBARD, B. E. E. et al. Electroantennogram response of two western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adult populations to corn and soybean volatiles. **Journal of Entomological Science**, Tifton, v. 37, n. 1, p. 69-76, 2002.

HIBBARD, B. E. et al. Role of egg density on establishment and plant-to-plant movement by western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, n. 3, p. 871-882, 2004.

HIBBARD, B. E. et al. Impact of mon863 transgenic roots is equivalent on western corn rootworm larvae for a wide range of maize phenologies. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n.4, p. 1607-1613, 2009.

HIBBARD, B. E. et al. Maize phenology affects establishment, damage, and development of the western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 37, n. 6, p. 1558-1564, 2008.

HIBBARD, B. E.; DARRAH, L. L.; BARRY, B. D. Combining ability of resistance leads and identification of a new resistance source for western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae in corn. **MAYDICA**, Bergamo, v. 44, n. 2, p. 133-139, 1999.

HIBBARD, E. B. et al. Registration of the maize germplasm crw3(s1)c6 with resistance to western corn rootworm. **Journal of Plant Registrations**, Madison, v. 1, n. 2, p. 151-152, 2007.

HYDE, J. **Analyzing the economics of bt corn across the U.S. corn belt**. 2000. 120 f. Dissertation (PhD - Department of Agricultural Economics), Purdue University, West Lafayette, 2000.

HYDE, J.; MARTIN, M. A. Economic considerations for the adoption of transgenic crops: the case of Bt corn. **Journal Nematology**, New York, v. 33, n. 4. p. 173-177, 2001.

HYDE, J. et al. The economics of Bt corn: valuing the protection from European corn borer. **European Review of Agricultural Economics**, Amsterdam, v. 21, n. 2, p. 442-454, 1999.

HYDE, J. et al. **The economics of Bt corn: adoption implications**. Purdue University Cooperative Extension Service Publication ID-219. 1998.

HOHMANN, C. L.; CARVALHO, S. M. Efeito da redução foliar sobre o rendimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* linnaeus, 1753). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 12, n. 1, p.3-9, 1983.

IMEA. Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária. **Captura e análise de dados micro do Agronegócio de Mato Grosso**. 2018. Disponível em: <<http://www.imea.com.br>>. Acesso em: 06 maio 2018.

ISAAA. Serviço Internacional para Aquisição de Aplicações de Agrobiotecnologia. **Situação global dos cultivos transgênicos comercializados em 2017**. 2018. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4448754/mod_resource/content/1/15306214042018-07-03-ISAAA-Resumo-Executivo%20%281%29.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

ISARD, S. A. et al. The influence of weather on western corn rootworm flight activity at the borders of a soybean in east-central Illinois. **Aerobiologia**, New York, v. 15, n. 2, p. 95-104, 1999.

ISARD, S. A. et al. Aerial movement of western corn rootworm (Coleoptera:Chrysomelidae): diel periodicity of flight activity in soy-bean fields. **Environmental Entomology**, College Park, v. 29, n. 2, p. 226–234, 2000.

IVES, A. R. et al. The evolution of resistance to two-toxin pyramid transgenic crops. **Ecological Applications**, Tampa, v. 21, n. 2, p. 503-515, 2011.

JABBOUR, C. J. C.; SANTOS, F. C. A. Evolução da gestão ambiental na empresa: uma taxonomia integrada à gestão da produção e de recursos humanos. **Revista Gestão & Produção**. São Carlos, v. 13, n. 3, p. 435-448, 2006.

JAIN, A. et al. Differential effects of sucrose and auxin on localized phosphate deficiency-induced modulation of different traits of root system architecture in arabidopsis. **Plant Physiology**, Washington, v. 144, n. 1, p. 232-247, 2007.

JAMES, C. **Global status of commercialized biotech/gm crops**. 2011. Disponível em: <<http://www.isaaa.org>>. Acesso em: 12 abr. 2012.

JAMES, C. **Global status of commercialized biotech/gm crops**. 2012. Disponível em: <<http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/44/>>. Acesso em: 15 abr. 2013.

JARDINE, D. F.; LACA-BUENDÍA, J. P. Eficiência de fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho. **Fazu em Revista**, Uberaba, n. 6, p. 11-52, 2009.

JOHNSON, S. R. Use of coleopteran prey by *Phidippus audax* (Araneae, Salticidae) in tallgrass prairie wetlands. **Journal of Arachnology**, Lubbock, v. 24, n. 1, p. 39–42, 1996.

KAHLER, A. L. et al. Root damage by western corn rootworm and nutrient content in maize. **Agronomy Journal**, Madson, v. 77, n. 5, p. 769-774, 1985.

KARAM, D.; MAGALHÃES, P. C. **Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. 411 p.

KEWESHAN, R. S. **Corn rootworm (*Diabrotica* spp.) and Bt corn: effects on pest survival, emergence and susceptibility**. 2012. 85 f. Dissertations (Master of Science) - Iowa State University, Ames, 2012.

KRYSAN, J. L. et al. Two years before the hatch: rootworms adapt to crop rotation. **Entomological Society of America**, Gainesville, v. 32, n. 2, p. 250-253, 1986.

KRYSAN, J. L. Adaptations of *Diabrotica* to habitat manipulations, In: KIM, K. C.; MCPHERON, B. A. (Eds.). **Evolution of Insect Pests**. New York: John Wiley & Sons, Inc., p. 361-373. 1993.

KRYSAN, J. L., MILLER, T. A. **Methods for the study of pest Diabrotica**. New York: Springer, 1986. 260 p.

KRYSAN, L. J. Introduction: biology, distribution and identification of pest Diabrotica. In: KRYSAN, J. L.; MILLER, T. A. (Eds.). **Methods for the study of pest Diabrotica**. New York: Springer-Verlag, 1986. p. 1-23.

KUHAR, P. T.; YOUNGMAN, R. R.; LAUB, C. A. Risk of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) damage to continuous corn in Virginia. **Journal Entomological Science**, Washington, v. 32, n. 3, p. 281-289, 1997.

KUHLMANN, U.; WIARD, A. C.; VAN DER BURG, T. Possibilities for biological control of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, in Central Europe. **Biocontrol News and Information**. London, v. 19, n. 2, p. 59-68, 1998.

LEITE, L. G. et al. Simulação de danos provocados por insetos mastigadores nas folhas primárias do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) através de desfolha artificial. **Ecossistema**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 56-61, 1993.

LEVINE, E.; OLOUMI-SADEGHI, H.; Management of Diabroticite rootworms in corn. **Annual Review Entomology**, v. 36, p. 229–255, 1991.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. P. **Vocação da terra**. São Paulo. 2003. Disponível em: <www.anda.org.br/boletins/vocacao.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2018.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Solos sob Cerrado: Manejo das fertilidades para a produção agropecuária**. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1994. 62 p. (Boletim Técnico, 5).

LOPES, A. S. **Solos sob “Cerrado”**: Características, propriedades e manejo. 2 ed. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 162 p.

MACHADO, R. C. M.; SANT’ANA, J. **Interação inseto planta e suas implicações no manejo integrado de pragas**. 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2009.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Circular Técnica, 76).

MAIMON, D. Eco-estratégia nas empresas brasileiras: realidade ou discurso. **RAE Ambiental**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 119-130, 1994.

MARQUES, G. B. C.; ÁVILA, C. J.; PARRA, J. R. P. Danos causados por larvas e adultos de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p. 1983-1986, 1999.

MATOSO, A. O. **Milho e feijão caupi, cultivados em faixas na safrinha**. 2011. 148 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

MAYO, Z. B. Field evaluation of insecticides for control of larvae of corn rootworms. In: KRYSAN, J. L.; MILLER, T. A. (Eds). **Methods for the Study of Pest Diabrotica**. New York: Springer-Verlag, 1986 p.183-203,

MEDINA, L. B.; TRECHA, C. O.; ROSA, A. P. S. A. **Bioecologia de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) visando fornecer subsídios para estudos de criação em dieta artificial**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado 2013. (Circular Técnica, 375).

MEINKE, L. J. **Adult corn rootworm management**. Agricultural Resource Division, Institute of Agriculture and Natural Resource, University of Nebraska. MP63-C, 1995. 2 p.

MEINKE, L. J. et al. Adult susceptibility of Nebraska western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) populations to selected insecticides. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 91, n. 3, p. 594-60, 1998.

MICHELI, A. **Variabilidade intraespecífica, inimigos naturais e avaliação da mistura de fungos entomopatogênicos e inseticidas para o controle de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae)**. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MILANEZ, J. M. et al. **Estimativa do número de gerações de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824), ocorrente na cultura do milho, baseado no estudo de exigências térmicas**. Disponível em: <<http://www.sbagro.org.br/bibliotecavirtual/arquivos/239.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2018.

MILANEZ, J. M. **Técnicas de criação e bioecologia de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae)**. 1995.102 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior De Agricultura “Luiz De Queiroz”, Universidade De São Paulo, Piracicaba, 1995.

MORAES, J.; KÖHLER, A. Flutuação populacional e distribuição espacial de *Diabrotica speciosa* Germar, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae) em cultivo orgânico de tabaco. **Bioikos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 87-94, 2012.

MORILLO, S. I. E. **Biodiversity and faunistic analysis of cerambycidae (Insecta: Coleoptera) in the Mata Atlântica reserve, Viçosa, Minas Gerais**. 2007. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal De Viçosa, Viçosa, 2007.

NAGAYETS, O. Small farms: current status and key trends. Information brief prepared for the future. In: RESEARCH WORKSHOP, 2005. **Proceedings...** London: Wye College, 2005. p. 26-29.

NARDI, C.; LUVIZOTTO, R. A.; PARRA, J. R. P; BENTO, J. M. S. Mating behavior of *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 41, n. 3, p. 562–570, 2012.

NARDI, C. **Estímulos olfativos envolvidos no comportamento sexual e na seleção hospedeira de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae)**. 2010. 106 f. Tese (Doutorado em Ciência) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

- NAVA, D. E.; AVILA, C. J.; PARRA, J. R. P. **Atividade diurna de adultos de *Diabrotica speciosa* na cultura do milho e de *Ceratomyxa arcuatus* na cultura da soja**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. (Documento, 64).
- NERI, D. K. P.; MORAIS, D. D.; SENA JUNIOR, H. S. Ocorrência de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) na cultura do girassol no município de Ipanguaçu/RN. **Revista Holos**, Natal, v. 26, n. 3, p. 102-107, 2010.
- NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. Projeção e implantação de uma estratégia de manejo de habitats para melhorar o manejo de pragas em agroecossistemas. In: ALTIERI, M. A. (ed.). **Controle biológico de pragas através do manejo de agroecossistemas**. Brasília: MDA. 2007.
- NOWATZKI, T. M.; TOLLEFSON, J. J.; CALVIN, D. D. Development and validation of models for predicting the seasonal emergence of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) beetles in IOWA. **Environmental Entomology**, College Park, v. 31, n. 5, p. 864-873, 2002.
- O'NEAL, M. E.; GRAY, M. E.; SMYTH, C. A. Population characteristics of a western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) strain in east-central Illinois corn and soybean fields. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 92, n. 6, p. 1301-1310, 1999.
- ONSTAD, D. W.; et al. Modeling the spread to western corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae) populations adapting to soybean-corn rotation. **Environmental Entomology**, College Park, v. 28, n. 2, p. 188-194, 1999.
- ONSTAD, D. W.; MEINKE, L. J. Modeling evolution of *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) to transgenic corn with two insecticidal traits. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 103, n. 3, p. 849-860, 2010.
- PEGORARE, A. B. et al. Irrigação suplementar no ciclo do milho "safrinha" sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 262-271, 2009.
- PERLAK, F. J. et al. Modification of the coding sequence enhances plant expression of insect control protein genes. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 88, n. 8, p. 3324-3328, 1991.
- RICHETTI, A.; FERREIRA, L. E. A. G.; GARCIA, R. A. **Custos de produção de soja e milho safrinha em Sonora, MS, para a safra 2016/2017**. Dourados: Embrapa Centro Oeste, 2017.
- RIEDEL, W. E.; EVENSON, P. D. Rootworm feeding tolerance in single-cross maize hybrids from different eras. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 5, p. 951-955, 1993.
- RIEDEL, W. E.; GUSTIN, R.; BECK, D. L. Effect of irrigation on root growth and yield of plants damaged by western corn rootworm larvae. **Maydica**, Bergamo, v. 37, n. 6, p. 143-148, 1992.

RIEDEL, W. E.; SCHUMACHER, T. E.; EVENSON, P. D. Nitrogen fertilizer management to improve crop tolerance to corn rootworm larval feeding damage. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 1, p. 27-32, 1996.

RIGON, J.P.G. et al. Sucessão de plantas de cobertura sobre os componentes de rendimento no feijoeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 6, n. 4, p. 196-203, 2011.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1989. 21 p. (Special Report, 48).

ROHRICH, S. S.; CUNHA, J. C. A proposição de uma taxonomia para análise da gestão ambiental no Brasil. **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 81-97, 2004.

ROGERS, R.R. et al. Evaluation of commercial corn hybrids for tolerance to corn rootworms. **Environmental Entomology**, College Park, v. 4, p. 920-922, 1975.

ROSS, J. P. Transmission of bean pod mottle virus in soybean by beetles. **Plant Disease Report**, Amsterdam, v. 47, p. 1049-1050, 1963.

SANTOS, J. W. M. C. Ritmo climático e sustentabilidade sócio-ambiental da agricultura comercial da soja no sudeste de Mato Grosso. **Revista do Departamento de Geografia - USP**, São Paulo, v. 1, p. 1-20, 2005.

SANTOS, R. F.; CARLESSO R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SCHLICHTING, A. F. et al. Desenvolvimento do milho submetido a doses de nitrogênio e tensões de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 4, p. 598-611, 2014.

SCHNEPF, E. et al. Bacillus thuringiensis and its pesticidal crystal proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, New York, v. 62, n. 3, p. 775-806, 1998.

SHIOGA, P.; GERAGE, A. C. Influência da época de plantio no desempenho do milho safrinha no estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 3, p. 236-253, 2010.

SILVA, A. G. et al. Desempenho agrônomo e econômico de híbridos de milho na safrinha. **Revista Agro@Mambiente On-Line**, Boa Vista, v. 8, n. 2, p. 261-271, 2014.

SILVA, A. G. A. et al. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil, seus parasitas e predadores: insetos, hospedeiros e inimigos naturais**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968.

SILVA, E. C. **Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) do milho e da crotalária pelo milho sob semeadura direta em solo de cerrado**. 2005. 111 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVA, S. C. et al. **Zoneamento de riscos climáticos para a consorciação feijão e milho no estado do Mato Grosso**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. (Documentos Embrapa, Circular 178)

SILVEIRA NETO, S. et al. **Análise faunística**. Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola. Esalq-USP, 2005. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br>>. Acesso em: 30 jul. 2005.

SILVEIRA NETO, S. et al. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo. Ceres, 1976. 419 p.

SOSA-GOMEZ, D. R. et al. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 100 f.

SOUSA, P.; NERY, J. T. Análise da variabilidade anual e interanual da precipitação pluviométrica da região de Manuel Ribas, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 6, p. 1707-1713, 2002.

SOUZA, L.S.B. et al. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 715-721, 2011.

SPEIGHT, M. R., HUNTER, M. D., WATT, A. L. **Ecology of insects**. Oxford: Blackwell Science, 1999. 340 p.

SPENCER, J. L., ISARD, S. A.; LEVINE, E. Free flight of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) to corn and soybean plants in a walk-in wind tunnel. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 92, n. 1, p. 146-155, 1999.

SPENCER, J. L.; LEVINE, E. Resistance to crop rotation In: ONSTAD, D. W. (Ed.). **Insect resistant management: biology, economics, and prediction**. New York: Academic Press, 2008. p. 153-183

SPIKE, B. P.; TOLLEFSON, J. J. Relationship of root ratings, root size, and root regrowth to yield of corn injured by western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 82, n. 6, p. 1760-1763, 1989.

SPIKE, B. P.; TOLLEFSON, J. J. Response of western corn rootworm-infested corn to nitrogen fertilization and plant density. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 3, p. 776-785, 1991.

TABASHNIK, B. E., CARRIERE, Y. Evolution of insect resistance to transgenic plants. In: TILMON, K. J. (Ed.). **The evolutionary biology of herbivorous insects: specialization, speciation, and radiation**. Berkeley: University of California Press, 2008. p. 267-279

TABASHNIK, B. E.; VAN RENSBURG, J. B. J.; CARRIERE, Y. Field-evolved insect resistance to Bt crops: definition, theory, and data. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n. 6, p. 2011-2025, 2009.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TINSLEY, N. A.; ESTES R. E.; GRAY M. E. Validation of a nested error component model to estimate damage caused by corn rootworm larvae. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 137, n. 3, p. 161-169, 2013.

TURPIN, F. T.; DUMENIL, L. C.; PETERS, D. C. Decision-making related to use of soil insecticides by indiana corn farmers. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 69, n. 3, p. 359-362, 1972.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Pesticide fact sheet**. 2009. Disponível em: <http://www.epa.gov/oppbppd1/biopesticides/pips/smartstax-factsheet.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2018.

USDA. U. S. Department of Agriculture, National Agriculture Statistics Service. **Acreage**. 2015. Disponível em: <http://www.usda.gov/nass/pubs/todayrpt/acrg0615.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2018.

USDA. U. S. Department of Agriculture, National Agriculture Statistics Service. **Nation agricultural statistics service cropland data layer; published crop specific data layer**. 2016. Disponível em: <https://nassgeodata.gmu.edu/cropscap>>. Acesso em: 23 jun. 2018.

VALICENTE, F. H. **Manejo integrado de pragas na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Circular Técnica, 208).

VAUGHN, T. et al. A method of controlling corn rootworm feeding using a protein expressed in transgenic maize. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 3, p. 931-938, 2005.

VIANA, P. A. **Manejo de *Diabrotica speciosa* na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Circular Técnica 141).

VIANA, P. A. et al. **Sistemas de produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

VIANA, P.A.; MAROCHI A. I. Controle químico da larva de *Diabrotica* spp. na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 1-11, 2002.

WAQUIL, J. M.; MENDES, S. M.; MARUCCI, R. C. **Ocorrência de espécies de *Diabrotica* em milho no Brasil: qual a predominante, *Diabrotica speciosa* ou *Diabrotica viridula*?** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Comunicado Técnico, 178).

WEISS, M. J.; MAYO, Z. B. Potential of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larval counts to estimate larval populations to make control decisions. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 76, n. 1, p. 158-161, 1983.

WILCOX, J. A. Coleopterorum catalogus supplementa (Chrysomelidae: Galerucinae: Luperini: Aulacophorina: Diabroticina). Dordrecht: Dr W. Junk, 1972. p. 78.

WHALON, M. E.; WINGERD, B. A. Bt: mode of action and use. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, New York, v. 54, n. 4, p. 200-211, 2003.

WOLDA, H. Insects seasonality: why? **Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 19, p. 1-18, 1998.

ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de Identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: FEALQ. 1993.