

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DO MILHO *Bt* SOBRE ARTRÓPODES NÃO ALVO
EM SAFRAS CONSECUTIVAS E EM DIFERENTES
REGIÕES PRODUTORAS**

Tarciso Morescalchi Bortolin
Biólogo

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DO MILHO Bt SOBRE ARTRÓPODES NÃO ALVO
EM SAFRAS CONSECUTIVAS E EM DIFERENTES
REGIÕES PRODUTORAS**

Tarciso Morescalchi Bortolin

Orientador: Prof. Dr. Raphael de Campos Castilho

Dissertação apresentada à
Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título
de Mestre em Agronomia
(Entomologia Agrícola)

2016

Bortolin, Tarciso Morescalchi
B739e Efeito do milho Bt sobre artrópodes não alvo em safras
consecutivas e em diferentes regiões produtoras / Tarciso
Morescalchi Bortolin. -- Jaboticabal, 2016
xv, 131 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientadora: Raphael de Campos Castilho
Banca examinadora: Odair Aparecido Fernandes, Wesley Augusto
Conde Godoy
Bibliografia

1. Cry1Ab. 2. Curva de resposta principal. 3. diversidade de
Shannon. 4. Guilda. 5. MON810. 6. Pitfall. I. Título. II. Jaboticabal-
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.7:632.951

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITO DO MILHO *Bt* SOBRE ARTRÓPODES NÃO ALVO EM SAFRAS CONSECUTIVAS E EM DIFERENTES REGIÕES PRODUTORAS

AUTOR: TARCISO MORESCALCHI BORTOLIN

ORIENTADOR: RAPHAEL DE CAMPOS CASTILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. RAPHAEL DE CAMPOS CASTILHO
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. WESLEY AUGUSTO CONDE GODOY
Departamento de Entomologia e Acarologia / USP - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Piracicaba/SP

Jaboticabal, 01 de agosto de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Tarciso Morescalchi Bortolin, Riberão Preto, 02/05/1986 - Formado pelo Centro Universitário de Araraquara – Uniara em Ciências Biológicas (2005-2009). Na graduação, entre 2005-2007, estagiou no Departamento de Biologia Aplicado à Agropecuária – FCAV Jaboticabal auxiliando trabalho de doutorando nas áreas de morfologia e plantas daninhas. Em 2007-2009 estagiou na empresa Gravena – Pesquisa, Consultoria e Treinamento Agrícola LTDA nas áreas de biologia de insetos e identificação de artrópodes onde concluiu a graduação sob trabalho de conclusão de curso "Efeito do Manejo de Plantas daninhas na artropodofauna do café (*Coffea arabica* L.) (Rubiaceae)". Hoje na atual SGS Gravena Pesquisa, Consultoria e Treinamento Agrícola LTDA trabalha como supervisor de laboratórios com maior exercício na área de biotecnologia, envolvendo estudos de impacto ambiental sobre artrópodes não alvo em culturas geneticamente modificadas como algodão, milho, soja, cana-de-açúcar e eucalipto.

"Todos os seres são sensíveis a música emitida pela humanidade. Até mesmo os animais sofrem sua influência. Conhece-se a lenda de Orfeu, que com sua lira atraía e agrupava a seu redor as feras da floresta. Os próprios insetos sentem as vibrações da música dos homens da terra, que produzem e colhem. Quando me sento para escrever, joaninhas voam a meu redor de maneira particular"

Adaptado de León Denis – O espiritismo na arte

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus grandes amigos, e orientadores do desenvolvimento profissional, célebres Prof. Dr. Santin Gravena e Dr. Renan Gravena pelo incentivo e parceria nestes anos.

Ao grande contagiante e amigo Prof. Dr. Antonio Sergio Ferraudo por me fazer conhecer uma das técnicas promissoras e adivindas do homem do futuro que é a multilinearidades das coisas. Um passo na dimensão do divino.

Dedico as minhas falecidas avós Ivone Camargo Bortolin e Maria de Loudes Carvalho Calarota (Marilú) que me presentearam respectivamente com as histórias do sítio dos Mabardes e ao famoso cachemir nutrindo minhas raízes familiares.

Àdupla sertaneja GIGE E GENO, respectivamente Theodosio Morescalchi Netto e Eugênio Bortolin. Homens de bravura, da primeira geração do suor e labuta

Aos tios e tias, primos e primas, em especial a tia Diva Bortolin.

Aos meus pais pela oportunidade da reencarnação e assitência continuada e ao meu irmão pelo projeto família que viemos desempenhar.

AGRADECIMENTOS

Especial agradecimento ao orientador Prof. Dr. Raphael de Campos Castilho pela amizade construída, confiança depositada e realizações conquistadas. Que muitas outras virão!

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV UNESP Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) e seus professores, pela integração e formação.

A Monsanto do Brasil por permitir essa parceria e realização na exploração dos dados. Em especial aos Augusto Crivelari, Renato Carvalho, Patrick Dourado e Luis Favoretto.

Agradeço a casa e aos amigos da Unenlar, bem como a doutrina espírita pelo acolhimento, entendimento, e oportunidade de desenvolvimento moral.

Aos queridos colegas e amigos da Gravena e SGS Gravena que me permitiram o convívio e me ensinou verdadeiros valores nos ajustes de nossas imperfeições. As festas juninas, aniversários e amigos secretos que fotografaram sorrisos e olhares

Em especial ao meu gestor Marcos de Ferran por permitir e confiar nessa proposta de realização pessoal. Espero poder retribuir.

Aos queridos colegas e amigos que me felicitaram no decorrer da vida: Caroline Pereira Dezembro (Line), Thais Cristina Vendramim (Senhora), Luis Carlos de Souza Amorim (Moringa), Roberto Marques Goulart (RobberFly), Bruna Pires (Natureza), Débora Branquinho Garcia (LittleWhite), Mayara Santiago (Goianas), Gracieli De Lucca (Senhorita Del Lucca), Marina Gomes da Silva (Dona Nemato)

A Juliana Cristina Savan e Natália Regina Fernandes Batista por serem o alicerce de meu crescimento. Sou muito grato a ambas!

Aos laboratoristas. Ainda não tive filhos de carne, mas já fui agraciado com os filhos adotivos da alma me foram confiados com muito respeito, contribuindo para meu aperfeiçoamento na tríplice: ouvir, refletir e agir.

Aos parceiros e amigos de trabalho que concederam a permissão em atuar nos estudos de risco de impacto sobre artrópodes não alvo: Antônio César dos Santos, Fábio Conti, Miguel Soria, Othon Abrahao, Rúbia Araujo, Veríssimo Mendes de Sá

SUMÁRIO

RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1. PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS PARA CONTROLE DE INSETOS.....	18
2.2. TECNOLOGIA MILHO MON810	20
2.3. ANÁLISE DE IMPACTO DE RISCO AMBIENTAL: ARTRÓPODES NÃO ALVO.....	21
2.4. ANÁLISE DA COMUNIDADE DE ARTRÓPODES NÃO ALVO.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1. ÁREAS DE ESTUDO.....	32
3.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	32
3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	39
3.4. MANEJO DOS CULTIVOS.....	39
3.4.1. SAFRA 2008/2009.....	39
3.4.2. SAFRA 2009/2010.....	47
3.4.3. SAFRA 2010/2011.....	55
3.4.4. SAFRA 2011/2012.....	63
3.5. AMOSTRAGEM E IDENTIFICAÇÃO	71
3.6. ANÁLISE DOS DADOS.....	72
3.6.1. TÁXONS E GUILDAS.....	72
3.6.2. PARÂMETROS ECOLÓGICOS.....	73
3.6.3. COMPOSIÇÃO DOS TÁXONS ENTRE OS CULTIVOS DE MILHO MON810 E CONVENCIONAL E EM CADA LOCALIDADE DO ESTUDO.....	74
3.6.4. ANÁLISE TEMPORAL (CURVA DE RESPOSTA PRINCIPAL) SOBRE A COMUNIDADE DE ARTRÓPODES NÃO.....	75

4. RESULTADOS.....	76
4.1.TÁXONS E GUILDAS.....	76
4.2. PARÂMETROS ECOLÓGICOS: RIQUEZA, ABUNDÂNCIA E DIVERSIDADE.....	88
4.3. ARTRÓPODES NÃO ALVO E AS REGIÕES PRODUTORAS.....	91
4.4. ANÁLISE TEMPORAL (CURVA DE RESPOSTA PRINCIPAL) SOBRE A COMUNIDADE DE ARTRÓPODES NÃO ALVO.....	94
5. CONCLUSÕES	98
6. REFERÊNCIAS.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tecnologias de milho <i>Bt</i> registradas e suas respectivas proteínas e as pragas a que conferem resistência (Fonte: ISAAA, 2016).	19
Tabela 2. Dados referentes à localização geográfica das áreas e altitudes das cidades referência.	30
Tabela 3 Histórico de temperaturas máximas, mínimas e médias, insolação e precipitação anual para as cidades-referência das regiões de estudo.....	32
Tabela 4. Aplicação de herbicidas e outros produtos em pré-plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.....	40
Tabela 5. Tratamento com fungicidas e inseticidas e adição de nutrientes nas sementes de milho utilizadas para o plantio nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.....	41
Tabela 6. Adubações para plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.....	41
Tabela 7. Espaçamentos, densidades de semeadura e híbridos de milho MON810 e convencionais utilizados nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.....	42
Tabela 8. Características agronômicas dos híbridos de milho MON810 e convencionais semeados nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.....	43
Tabela 9. Herbicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.	44
Tabela 10. Inseticidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.....	45
Tabela 11. Fungicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.	46
Tabela 12. Aplicações de nutrientes nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.	47
Tabela 13. Aplicação de herbicidas e outros produtos em pré-plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.....	48
Tabela 14. Tratamento com fungicidas e inseticidas e adição de nutrientes nas sementes de milho utilizadas para o plantio nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.	49
Tabela 15. Adubações no plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.	49
Tabela 16. Espaçamentos, densidades de semeadura e híbridos de milho MON810 e convencionais utilizados nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.....	50
Tabela 17. Características agronômicas dos híbridos de milho MON810 e convencionais semeados nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.....	51
Tabela 18. Herbicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.....	52
Tabela 19. Inseticidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.....	53
Tabela 20. Fungicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.	54
Tabela 21. Aplicações de nutrientes nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.	55
Tabela 22. Aplicação de herbicidas e outros produtos em pré-plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.....	56
Tabela 23. Tratamento com fungicidas e inseticidas e adição de nutrientes nas sementes de milho utilizadas para o plantio nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.	57
Tabela 24. Adubações realizadas para o plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.	58
Tabela 25. Espaçamentos, densidades de semeadura e híbridos de milho MON810 e convencionais utilizados nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.....	59

Tabela 26. Características agronômicas dos híbridos de milho MON810 e convencionais semeados nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.....	59
Tabela 27. Herbicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.	60
Tabela 28. Inseticidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.	61
Tabela 29. Fungicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.	62
Tabela 30. Aplicações de nutrientes nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.	63
Tabela 31. Aplicação de herbicidas e outros produtos em pré-plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.....	64
Tabela 32. Tratamento com fungicidas e inseticidas e adição de nutrientes nas sementes de milho utilizadas para o plantio nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.	65
Tabela 33. Adubações no plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.	66
Tabela 34. Espaçamentos, densidades de semeadura e híbridos de milho MON810 e convencionais utilizados nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.	67
Tabela 35. Características agronômicas dos híbridos de milho MON810 e convencionais semeados nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.	67
Tabela 36. Herbicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.	68
Tabela 37. Inseticidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.	69
Tabela 38. Fungicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.	70
Tabela 39. Aplicações de nutrientes nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.	71
Tabela 40. Médias $\pm$ SE da comunidade de artrópodes no milho MON810 (<i>Bt</i>) e convencional (Non <i>Bt</i>) – 2010-2012.	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização dos municípios nos quais foi implantado o estudo.	31
Figura 2. Representação esquemática das parcelas da área de Araguari. <i>Bt</i> – milho MON810; CV – milho convencional.....	33
Figura 3. Vista geral da área de cultivo de milho e do entorno em Araguari.	33
Figura 4. Representação esquemática das parcelas da área de Campo Verde. <i>Bt</i> – milho MON810; CV – milho convencional	34
Figura 5. Vista geral da área de cultivo de milho e do entorno em Campo Verde.....	34
Figura 6. Representação esquemática das parcelas da área de Dourados. <i>Bt</i> – milho MON810; CV – milho convencional.....	35
Figura 7. Vista geral das áreas de cultivo de milho e do entorno em Dourados.....	35
Figura 8. Representação esquemática das parcelas da área de Luis Eduardo Magalhães. <i>Bt</i> – milho MON810; CV – milho convencional.	36
Figura 9. Vista geral das áreas de cultivo de milho e do entorno em Luis Eduardo Magalhães.....	36
Figura 10. Representação esquemática das parcelas da área de Passo Fundo; <i>Bt</i> – milho MON810; CV – milho convencional.	37
Figura 11. Vista geral das áreas de cultivo de milho e do entorno em Passo Fundo.	37
Figura 12. Representação esquemática das parcelas da área de Rolândia; <i>Bt</i> – milho MON810; CV – milho convencional.....	38
Figura 13. Vista geral das áreas de cultivo de milho e do entorno em Rolândia.	38
Figura 14. Frequência dos grupos representativos e/ou importantes ecologicamente entre os milhos MON810 (<i>Bt</i>) e convencional (não <i>Bt</i>) durante as três safras consecutivas (2010-2012), em Araguari-MG, Campo Verde-MT, Dourados-MS, Luis Eduardo Magalhães-BA, Passo Fundo-RS e Rolândia-PR.....	77
Figura 15. Número médio ($\pm$ SE) dos 33 táxons selecionados entre os milhos MON810 (<i>Bt</i>) e convencional (Non <i>Bt</i>) na área de Passo Fundo-RS, considerando todo período de avaliação. Diferenças significativas foram marcadas com * segundo Anova $p < 0.05$ (*).	78
Figura 16. Número médio ($\pm$ SE) dos 33 táxons selecionados entre os milhos MON810 (<i>Bt</i>) e convencional (Non <i>Bt</i>) na área de Dourados-MS, considerando todo período de avaliação. Diferenças significativas foram marcadas com * segundo Anova $p < 0.05$ (*).	80
Figura 17. Número médio ($\pm$ SE) dos 33 táxons selecionados entre os milhos MON810 (<i>Bt</i>) e convencional (Non <i>Bt</i>) na área de Araguari-MG, considerando todo período de avaliação. Diferenças significativas foram marcadas com * segundo Anova $p < 0.05$ (*).	81
Figura 18. Número médio ($\pm$ SE) dos 33 táxons selecionados entre os milhos MON810 (<i>Bt</i>) e convencional (Non <i>Bt</i>) na área de Luis Eduardo Magalhães-BA, considerando todo período de avaliação. Diferenças significativas foram marcadas com * segundo Anova $p < 0.05$ (*).	82

- Figura 19. Número médio ($\pm$ SE) dos 33 táxons selecionados entre os milhos MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*) na área de Rolândia-PR, considerando todo período de avaliação. Diferenças significativas foram marcadas com * segundo Anova $p < 0.05$ (*).....83
- Figura 20. Número médio ($\pm$ SE) dos 33 táxons selecionados entre os milhos MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*) na área de Campo Verde-MT, considerando todo período de avaliação. Diferenças significativas foram marcadas com * segundo Anova $p < 0.05$ (*).....84
- Figura 21. Guildas tróficas entre os milhos MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*) no total das três safras em todas localidades: Herbivore (herbívoros), Parasitoid (parasitoides), Detritivore (detritívoros), Onivore (onívoros), Polininator (polinizadores) e Predador (predadores). Médias $\pm$ SE (n=3) Diferenças significativas de acordo one-way ANOVA: *: $0.01 < p < 0.05$; **: $0.001 < p < 0.01$; ***: $p < 0.001$ 86
- Figura 22. Comparação das médias $\pm$ SE (n=3) dos valores dos parâmetros ecológicos: Riqueza, Abundância, Diversidade de Shaannon e Simpsom. Milho MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*). Dias após plantio (DAP) entre os anos agrícolas (2010-2012). A=Passo Fundo; B=Rolândia; C=Araguari; D=Dourados; E=Campo Verde; F=Luis Eduardo Magalhães. Abundância total. Diferença significativa de acordo com “Oneway Anova” *: $0.01 < p < 0.05$; **: $0.001 < p < 0.01$; ***: $p < 0.001$ CONTINUA.....90
- Figura 23. Dendograma exibindo a análise de agrupamento (método de Ward e distância euclidiana) das amostras de todas os métodos de coleta entre os milhos MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*) e localidades do estudo. 93
- Figura 24. Análise de Componentes Principais (PCA) usando matriz de correlação. O primeiro eixo, CP1, explica 27,00% da variância total e o segundo eixo CP2, 15,43%. Formação de grupos em função dos artrópodes não alvo, milhos MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*) e regiões produtoras (PFU, ROL, ARA, DOU, CVE, LEM). Grupo 1 (G1) - Car (Carabidae), Sca (Scarabaeidae), Ara (Araneae), Ast (*A. variegatus*), Tac (Tachinidae), Ich (Ichneumonidea); Grupo 2 - (G2) Sci (Sciaridae), Coc (Coccinellidae), Cic (Cicadellidae), Api (Apidae), Dor (*D. luteipes*); Grupo 3 (G3) – Mes (Mesostigmata), Dro (Drosophilidae), Sol (*Solenopsis* spp.), Hem (*Hemerobius* sp.), Phe (*Pheidole* spp.), Eux (*Euxesta* spp.); Grupo 4 (G4) – Cor (Coreidae), Aph (Aphididae), Doy (*Dorymyrmex* sp.), Col (Collembola), Dip (Diplopoda), Syr (Syrphidae); Grupo 5 (G5) – Nit (Nitidulidae), Sta (Staphylinidae), Pom (Pompilidae), Col (Collembola). 93
- Figura 25. Curva de resposta principal (PRC) resultante da análise da abundância dos artrópodes não alvo durante o período de estudo, em Araguari-MG, Campo Verde-MT, Dourados-MS, Luis Eduardo Magalhães-BA, Passo Fundo-RS e Rolândia-PR. O eixo vertical representa a diferença na estrutura da comunidade entre milho MON810 - *Bt* (tracejado) e convencional - non-*Bt* (linha contínua), sendo expressas como coeficiente de regressão (Cdt) do modelo da PRC. O peso dos grupos (bk) podem ser interpretados como a afinidade do táxon com a resposta principal. Grupos entre -3 and 2 são exibidos. Teste Monte Carlo F=3.1; P=0.1.....96

EFEITO DO MILHO *Bt* SOBRE ARTRÓPODES NÃO ALVO EM SAFRAS CONSECUTIVAS E EM DIFERENTES REGIÕES PRODUTORAS

RESUMO - Estudos para avaliar o impacto de cultivos *Bt* em artrópodes não alvo, inclusive com a diminuição do uso de inseticidas, são necessários ao longo de safras consecutivas e nas diferentes regiões produtoras do Brasil. Assim, foi feita análise da comunidade e uma análise da curva de resposta principal da abundância dos artrópodes não alvo em diferentes áreas produtoras para comparar o efeito do plantio de milho geneticamente modificado MON810 contendo a proteína Cry1Ab e do milho convencional. Essa comparação foi realizada em seis áreas produtoras de milho no Brasil (Araguari-MG, Campo Verde-MT, Dourados-MS, Luis Eduardo Magalhães-BA, Passo Fundo-RS), em amostragens com armadilha Pitfall (para os artrópodes da camada epígea), bandeja amarela (artrópodes da parte aérea) e com coletas de solo (artrópodes a 15 cm da superfície). As amostragens foram realizadas aos 30, 45 e 60 dias após a emergência em 3 safras consecutivas, 2010-2012. Os experimentos foram desenhados com delineamento em blocos inteiramente casualizados, com 3 repetições. Os artrópodes coletados foram agrupados em grupos representativos e/ou importantes ecologicamente, sendo que a análise de distribuição do peso dos grupos mostrou que Araneae, Cicadellidae, Coccinellidae, Collembola, *Doru luteipes*, *Dorymyrmex* sp., Drosophilidae, *Hemerobius* sp., Mesostigmata, Mycetophilidae, *Pheidole* spp., Phoridae, Scarabaeidae, *Solenopsis* spp., Staphylinidae e Syrphidae foram mais abundantes no milho MON810 ao longo do período avaliado, enquanto que Aphididae, Apidae, *Astylus variegatus*, Carabidae, Chloropidae, Chrysomelidae, Coreidae, Diplopoda, Dolichopodidae, *Euxesta* spp., Ichneumonoidea, Nitidulidae, Oribatida, Pompilidae, Sarcophagidae, Sciaridae e Tachinidae foram mais abundantes no milho convencional. No entanto, a análise da principal curva resposta da abundância dos artrópodes não alvo não apresentaram nenhuma diferença significativa entre os milhos MON810 e convencional entre as safras. Deste modo, nas condições avaliadas, de quatro safras agrícolas consecutivas (2008/2009, 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012), em seis regiões produtoras do Brasil, os artrópodes não alvo amostrados nos milhos MON810 e convencional foram muito próximos, sugerindo o não efeito da tecnologia *Bt* nesses artrópodes.

Palavras-chaves: Cry1Ab, Curva de resposta principal, diversidade de Shannon, Guilda, MON810, Pitfall.

Bt MAIZE EFFECTS OVER NON TARGET ARTHROPODS IN CONSECUTIVE SEASONS AND FARM PRODUCTION

ABSTRACT –Studies to assess the impact of Bt crops on non-target arthropods, including decrease in the use of insecticides are necessary over consecutive seasons and in different producing regions of Brazil. Therefore, it was performed a community and principal response curve analysis of the non target arthropods abundance in different producing areas to compare genetically modified MON810 expressing Cry1Ab protein and conventional maize. This comparison were carried out in six maize producing sites in Brazil (Araguari-MG, Campo Verde-MT, Dourados-MS, Luis Eduardo Magalhães-BA, Passo Fundo-RS and Rolândia-PR) including assessments as Pitfall (to the epigeal arthropods), yellow tray (to the flying arthropods) and soil samples (15 cm from surface arthropods). Samples were taken in 30, 45 e 60 days from emergence in the consecutive seasons, from 2010 to 2012. Experiments was design by completely randomized blocks with 3 repetitions. Arthropods collected was grouped in typical groups and/or ecologically important and the group distribution weight exhibits that Araneae, Cicadellidae, Coccinellidae, Collembola, *Doru luteipes*, *Dorymyrmex* sp., Drosophilidae, *Hemerobius* sp., Mesostigamata, Mycetophilidae, *Pheidole* spp., Phoridae, Scarabaeidae, *Solenopsis* spp., Staphylinidae e Syrphidae were more abundant in MON810 maize over assessment while Aphididae, Apidae, *Astylus variegatus*, Carabidae, Chloropidae, Chrysomelidae, Coreidae, Diplopoda, Dolichopodidae, Euxesta spp., Ichneumonoidea, Nitidulidae, Oribatida, Pompilidae, Sarcophagidae, Sciaridae and Tachinidae were more abundant in conventional one. However, principal response curve analysis didn't reveal any significative difference against between MON810 and Conventional maize. Thus, the evaluated conditions, four consecutive growing seasons (2008/2009, 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012) in six producing regions of Brazil, the non-target arthropods sampled in MON810 and conventional maize were very close, suggesting no effect of Bt technology in these arthropods.

Keywords: Cry1Ab, Principal response curve, Shannon diversity, Guild, MON810, Pitfall

1. INTRODUÇÃO

O milho geneticamente modificado (GM), com o gene que expressa a δ -endotoxina Cry1Ab de *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*, é mais uma ferramenta nos programas de manejo integrado de pragas, como por exemplo o híbrido de milho MON810. O uso de plantas com essa δ -endotoxina, ou toxina Cry, propõe um mecanismo com alta seletividade de ação nos cultivos de milho, visando o controle inicialmente visado de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) e *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae).

A implantação desses cultivos com plantas GM que expressam toxinas para herbívoros-alvo pragas pode ser considerada uma alternativa adequada ao uso dos inseticidas (ROMEIS et al., 2006; MEISSLE et al., 2011). Essas plantas de milho geneticamente modificadas que possuem a toxina Cry1Ab reduzem as perdas ocasionadas pelo ataque dos insetos-alvo e, com isso, diminuem as aplicações de inseticidas (JAMES, 2005). Assim, além de minimizar gastos no controle dos imaturos de lepidópteros-alvo, podem favorecer a comunidade de artrópodes benéficos, pois geralmente os inseticidas utilizados na cultura do milho são de amplo espectro e causam distúrbios nestes organismos.

Porém, para a comercialização e utilização dessa tecnologia são necessários vários estudos para que ocorra sua regulamentação, inclusive estudos sobre o impacto desses cultivos nestes organismos não alvo (CTNBio, 2016). A adoção de práticas envolvendo cultivos GM, como o milho *Bt*, gera uma preocupação sobre a ação destes nos artrópodes não alvo, como por exemplo, em organismos benéficos: polinizadores, decompositores e inimigos naturais das pragas (MEISSLE; LANG, 2005).

Alguns estudos analisaram o efeito do milho *Bt* em artrópodes não alvo utilizando diferentes métodos de amostragem como análise visual, cartela adesiva e armadilha de alçapão (Pitfall) (PILCHER et al., 1997; DE LA POZA et al., 2005; DVELY, 2005; PONS et al., 2005; EIZAGUIRRE et al., 2006; HIGGINS et al., 2009; VIRLA et al., 2010; LUMBIERRES et al., 2011; COMAS et al., 2014; ROMEIS et al., 2014). Outros estudos abordaram o efeito do milho *Bt* sobre a mesofauna de solo (AL-DEEB et al., 2003a;

GRIFFITHS et al., 2006; ICOZ; STOTZKY, 2006; CORTET et al. 2007; ZWAHLEN et al., 2007;). A maioria dos trabalhos não constatou efeito sobre os artrópodes não alvo em milho *Bt*, incluindo grupos predadores como Staphylinidae, Araneae, Carabidae (LUDY; LANG, 2006; TOSCHKI et al., 2007, BALOG et al., 2010; ALCANTARA, 2012; SKOKOVÁ HABUŠTOVÁ et al., 2015).

No entanto, nem todos os trabalhos exploram o monitoramento dos artrópodes não alvo com a utilização de diferentes ferramentas em um mesmo trabalho, levando em consideração safras consecutivas e a exposição da toxina *Bt* por um tempo mais prolongado. Além disso, esses estudos sob as condições das várias e diferentes regiões produtoras de milho do Brasil também são escassos.

Assim, o presente estudo comparou a população de artrópodes não alvo de cultivos com tecnologia *Bt* comercializada mundialmente (híbrido de milho MON810) com o de seu correspondente não geneticamente modificado (híbrido de milho não *Bt* com aplicação de inseticidas), por três safras consecutivas, em seis regiões produtoras no Brasil, em amostragens com armadilha Pitfall (para os artrópodes da camada epígea), bandeja amarela (artrópodes da parte aérea) e com coletas de solo (artrópodes a 15 cm da superfície).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS PARA CONTROLE DE INSETOS

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura estima que algo em torno de 20-40% do total do cultivo global são perdidos anualmente com doenças/pragas (FAO, 2015). O uso dos inseticidas convencionais ainda é a medida mais utilizada para o controle desses problemas. O mercado global de inseticidas arrecadou 54,8 bilhões de dólares em 2014 e projeta-se chegar a 81.8 bilhões em 2020 (MORDOR, 2015).

Uma alternativa é o cultivo de plantas geneticamente modificadas (GM) para controle de pragas, que pode ser considerado como uma tática adicional em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) em diversos agroecossistemas (MARTINELLI; OMOTO, 2005). Essas plantas GM foram resultantes da combinação dos conhecimentos e avanços tecnológicos da engenharia genética e da biotecnologia.

O cultivo de culturas GM está aumentando cada vez mais ao redor do mundo. A área total de culturas GM no mundo ultrapassa os 175 milhões de hectares (JAMES, 2013). O benefício direto da renda com o cultivo de plantas GM foi na ordem de 20.5 bilhões em 2013. Durante um período de 18 anos, entre 1996-2013, o rendimento agrícola mundial aumentou em \$133 bilhões com as plantas GM (BROOKES; BARFOOT, 2015).

Segundo James (2014), o Brasil neste cenário de adoção do plantio de culturas GM é considerado o segundo país, após os Estados Unidos (EUA), tendo plantado em torno de 42,2 milhões de hectares em 2014. Na safra 2014/2015, a área plantada de milho no Brasil foi de 16 milhões de ha (MAPA, 2015), sendo que mais de 90% dessa área plantada possuía algum evento transgênico (ISAAA, 2013).

O milho GM pode apresentar um ou mais genes que expressam a δ -endotoxina Cry de *Bacillus thuringiensis* ou proteína VIP. As proteínas Cry são inclusões cristalinas naturalmente produzidas por *B. thuringiensis* na fase de esporulação e são codificadas por genes também denominados *cry*. Estas proteínas apresentam peso molecular entre 40 e 140 kDa e tornam-se tóxicas a imaturos dos insetos após sua ingestão (BRAVO,

1997). O uso de plantas com δ -endotoxina, ou toxina Cry, propõe um mecanismo com alta seletividade de ação principalmente contra lepidópteros-praga.

Diferentemente da Cry, outras proteínas tóxicas, como as VIP (Vegetative insecticidal proteins), segunda geração de inseticidas, são produzidas na fase vegetativa de crescimento de *B. thuringiensis*. Segundo Fang et al. (2007), a capacidade inseticida difere na sequência de aminoácidos das endotoxinas e podem conjuntamente ser promissoras em termos de manejo.

Diversas tecnologias de plantas resistentes a determinados insetos-praga estão disponíveis no mercado de milho. Até o primeiro trimestre de 2016, 115 tecnologias estavam disponíveis (ISAAA, 2016), com registros importantes envolvendo a utilização das proteínas Cry e Vip em milho (Tabela 1).

Tabela 1. Tecnologias de milho *Bt* registradas, suas respectivas proteínas e as pragas a que conferem resistência (Fonte: ISAAA, 2016).

Proteínas	Confere resistência	Produtos registrados
Cry1Ab	Lepidoptera	YieldGard (Monsanto)
		Agrisure CB/LL (Syngenta)
Cry1Ac	Lepidoptera	<i>Bt</i> Xtra (Monsanto)
Cry1A.105 + Cry2Ab2	Lepidoptera	Genuity VT Double Pro (Monsanto)
Cry1Fa2	Lepidoptera	Herculex I (Dow)
mCry3A	Coleoptera	Agrisure RW (Syngenta)
Cry3Bb1	Coleoptera	YieldGard Rootworm RW (Monsanto)
eCry3.1Ab ^d	Multiple	Agrisure Duracade (Syngenta)
Cry34Ab1 + Cry35Ab1	Coleoptera	Herculex RW (Dow and DuPont)
vip3A(a)	Lepidoptera	Agrisure™ Viptera (Syngenta)

2.2. TECNOLOGIA MILHO MON810

Um dos primeiros eventos de plantas GM utilizadas no Brasil para controle de lepidópteros-pragas do milho foi a tecnologia MON810. Essa tecnologia é comercializada com o nome de milho Yieldgard, e foi desenvolvida pela empresa MONSANTO. A tecnologia do milho GM MON810 foi lançada comercialmente nos EUA em 1996 (TOSUN, 2013), e vem sendo utilizada também em outros países como Argentina, Austrália, Canadá, China, Colômbia, União Européia, Japão, Coréia, México, Holanda, Filipinas, Rússia, África do Sul, Suíça, Taiwan, Reino Unido, Uruguai (CERA, 2015). No Brasil passou a ser utilizada na safra 2008/2009 (OMOTO, 2015).

O desenvolvimento dessa tecnologia ocorre mediante biobalística, que consiste no bombardeamento do material vegetal com partículas revestidas com o material genético de interesse (BRASIL, 2008). A tecnologia MON810 conta com a introdução do gene Cry1Ab, sendo delta endotoxina, proveniente da bactéria do solo *Bacillus thuringiensis* (Berliner 1915), que em dose efetiva durante o ciclo da cultura controla lagartas-praga do milho (BORÉM, 2005).

A proteína nativa Cry1Ab é encontrada na sua forma completa com peso molecular de 130kDa (REDDY et al., 2013). Depois de ingerida pelo inseto susceptível, a pró-toxina sofre uma clivagem enzimática perdendo sua parte N-terminal e gera um produto de aproximadamente 70kDa (GUIMARAES et al., 2010), chamado de δ -endotoxina, cuja maior parte é a C-terminal, a qual é responsável pela formação de corpos de inclusão cristalinos, por isso o nome de proteínas Cry (MONNERAT; BRAVO, 2000; TENFEN, 2011). Esta clivagem enzimática ou solubilização é possível devido ao pH alcalino do intestino médio desses insetos-alvo (SCHNEPF et al., 1998; BRAVO, 2000; GILL; SOBERÓN, 2007; ANGELO et al., 2010). Em seguida, se ligam a receptores do epitélio do intestino médio do inseto, causa desequilíbrio no balanço osmótico das células, e promove a paralisação na alimentação e subsequente morte dos insetos susceptíveis (KNOWLES, 1994; FIUZA et al., 1996).

O milho MON810 é conhecido por expressar alta dose para *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796) (USEPA, 2001). O plantio de milho MON810 resulta no nível de expressão da proteína Cry1Ab da ordem de 9,35 $\mu\text{g/g}$ de peso fresco foliar, e 0.31 $\mu\text{g/g}$

de peso fresco no grão. A proteína Cry1Ab constitui menos do que 0,0001% do total de proteínas expressas nos tecidos de uma planta de milho MON810 (KOK et al., 2008)

Entre as principais espécies de lepidópteros praga que causam dano a cultura do milho e que podem ser controladas pelo milho *Bt* destacam-se *S. frugiperda*, *H. zea*, a lagarta-elasmô, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), a lagarta-rosca, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae) e a brocada-cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) (EMBRAPA, 2011). Alguns estudos mostraram a eficiência de MON810 no controle de *S. frugiperda* (FRIZZAS, 2003; LYNCH et al., 1999; MENDES et al., 2011).

2.3. ANÁLISE DE IMPACTO DE RISCO AMBIENTAL: ARTRÓPODES NÃO ALVO

Para a comercialização e utilização da tecnologia de plantas GM para controle de pragas são necessários vários estudos para que ocorra sua regulamentação, inclusive estudos sobre avaliação de risco e o impacto desses cultivos em organismos não alvo (CTNBIO, 2016). A adoção de práticas envolvendo cultivos GM, como o milho *Bt*, gera uma preocupação sobre a ação destes nos artrópodes não alvo, como por exemplo, em organismos benéficos como polinizadores, decompositores e inimigos naturais das pragas (MEISSLE; LANG, 2005)

Avaliação de risco é o processo cujo objetivo é calcular ou estimar o risco que possa existir para um determinado sistema alvo em decorrência da sua exposição a uma substância particular. Esse processo leva em consideração as características inerentes da substância em questão, assim também como as características do sistema alvo em específico (GUILHERME, 2005). O processo de avaliação de risco envolve quatro processos:

- 1) Identificação do perigo: determinação dos perigos particulares a que um determinado sistema alvo pode estar exposto, incluindo dados de toxicidade associados;
- 2) Avaliação da dose-resposta: análise da relação entre a quantidade total de um agente que é absorvida por um grupo de organismos e as mudanças desenvolvidas no

grupo em reação a este agente, assim como inferências derivadas de tal análise com respeito à população inteira;

3) Avaliação da exposição: análise quantitativa e qualitativa da presença de um agente (incluindo seus derivados) em um determinado ambiente e a interferência das possíveis consequências que ele pode ter para uma determinada população de interesse particular;

4) Caracterização do risco: integração das evidências, dos argumentos e das conclusões coletadas nas fases de identificação do perigo, avaliação da dose resposta e avaliação da exposição, e estimativa da probabilidade, incluindo as incertezas a esta associada, de ocorrência de um efeito adverso se um agente é administrado, ingerido ou absorvido por um organismo particular ou uma população.

Quando a tecnologia *Bt* está envolvida, a avaliação de risco reúne o conhecimento existente a respeito da natureza dessa tecnologia introduzida, as características da planta GM e da sua contraparte não GM, a natureza do ambiente susceptível de receber a extensão dessa liberação e as interações entre estes elementos (GARCIA-ALONSO et al., 2006). De modo mais específico, os supostos riscos envolvendo cultivos *Bt* incluem a segurança alimentar, fecundação cruzada com a deriva do pólen, transferência horizontal dos genes das plantas *Bt* para outros organismos, redução à perda de susceptibilidade às toxinas *Bt* em pragas alvo, processos dos ecossistemas interrompidos e os efeitos diretos/indiretos sobre os artrópodes não alvo (KIESSELBACH, 1999; ALTIERI, 2000; CANNON, 2000; WOLFENBARGER; PHIFER, 2000; MARVIER, 2001; SHELTON et al., 2002; BALTAZAR et al., 2005; RODRIGUEZ et al., 2006; KEESE, 2008; TABASHNIK et al., 2009; QAIM; KOUSER, 2013; TABASHNIK et al., 2013; NARANJO, 2014; TABASHNIK et al., 2014; BALTAZAR et al., 2015).

Os artrópodes não alvo vêm sendo utilizados como bioindicadores, e colaboram com a análise de risco ambiental que envolvem culturas GM (PAOLETTI, 1999). Artrópodes não alvo em cultivos *Bt* podem ser definidos como artrópodes que empregam importantes funções ecológicas, tais como controle biológico, polinização e decomposição Romeis et al., (2008), podendo ser todas as espécies que direta ou indiretamente são expostas a planta GM que expressa a proteína *Bt*, das quais não são

consideradas os alvos da transgenia. Dentre os artrópodes não alvo podemos destacar os herbívoros (percevejos, afídeos, cigarrinhas), predadores (ácaros Mesostigmata, Carabidae, Coccinelidae, Staphylinidae, Syrphidae, Chrysopidae), detritívoros (ácaros Oribatida, Collembola, Nitidulidae, Scarabaeidae, Diplopoda), parasitóides (Ichneumonidae, Braconidae), polinizadores (Apidae), e onívoros (LOZZIA, 1999; AL-DEEB et al., 2003b; DVELY; ROSE, 2003; HARWOOD et al., 2005; WOLFENBARGER et al., 2008; DUAN et al., 2009; DE VAUFLEURY et al., 2007; DEVOS et al., 2012).

Dentre os grupos de artrópodes não alvo utilizados nessas análises, indivíduos de várias famílias de Coleoptera ocorrem em diferentes agroecossistemas. Os Carabidae são diversos e abundantes nos agroecossistemas, sendo usualmente predadores generalistas (HURKA; JAROSIK, 2001). E apresentam papel importante no controle de herbívoros. Os Staphylinidae também são predadores, reconhecidos como importantes componentes dos agroecossistemas (KISHIMOTO; ADACHI, 2008). Os Scarabaeidae geralmente são detritívoros, contribuindo para a ciclagem de nitrogênio e de outros nutrientes no ecossistema (HALFFTER; MATTHEWS, 1966). Os Coccinelidae são importantes no controle de pragas, como afídeos, e também são considerados bioindicadores (IPERTI; PAOLETTI, 1999).

Outro grupo de insetos encontrado nos agroecossistemas são os Dermaptera. Esses insetos conhecidos como tesourinhas, possuem muitas espécies encontradas em cultivos de milho, sendo predadores generalistas, como por exemplo, de ovos de *S. frugiperda* (PICANÇO et al., 2003; FIGUEIREDO et al., 2006; REDOAN et al., 2013).

Nos cultivos de milho, os Diptera também podem estar presentes. Um exemplo é a mosca da espiga do milho, *Euxesta* spp. (Ulidiidae), considerada uma praga secundária, não alvo das tecnologias *Bt* encontradas no mercado. Outros herbívoros não alvos são as moscas da família Chloropidae, que podem ser importantes no cultivo do milho devido ao dano que podem causar (BERÉS, 2000). Outro grupo considerado importante componente nos agroecossistemas são as moscas predadoras da família Syrphidae, conhecidas como bioreguladores de algumas espécies de fitófagos (MARKOVA; TEOFILOVA, 2011). Moscas predadoras da família Dolichopodidae também são comuns em cultivos de milho, muitas vezes sendo ignoradas como predadoras (GARDINER et al., 2010; WERLING et al., 2011). Do mesmo modo, os

Tachinidae, muitas vezes inimigos naturais dos lepidópteros-alvo, podem servir para a análise de artrópodes não alvo (DUTTON et al., 2003; MARCHETTI et al., 2012).

Os Hymenoptera também são importantes nas análises de artrópodes não alvo. Algumas espécies dessa ordem têm muitas influências no bem-estar das comunidades naturais e da humanidade, conferindo papel ecológico complexo, com relevância na manutenção dos processos e sistemas ecológicos (NEW, 2012). Estudos que abordam análise de risco de cultivos *Bt* na família Apidae demonstram preocupação pelo fato de serem um grupo de polinizadores que exercem papel fundamental na economia (MALONE; PHAM-DELEGUE, 2001; DUAN et al., 2008). O valor econômico do serviço dos polinizadores no âmbito mundial é da ordem de €153 bilhões, das quais representa 9,5% do valor da produção agrícola usada na alimentação humana em 2005 (GALLAI et al., 2009). Além disso, existem as espécies de Hymenoptera que são parasitoides, muitas vezes dos lepidoptéros-alvo da tecnologia *Bt* (VOJTECH et al., 2005; HANSEN et al., 2013; TIAN et al., 2014).

As aranhas (Araneae), usualmente predadores generalistas, podem auxiliar no controle de organismos alvo e serem utilizadas nas análises de impacto ambiental (SUNDERLAND; SAMU, 2000; SYMONDSON; SUNDERLAND; ŘEZÁČ; PEKÁR; KOCOUREK, 2006; TOSCHKI et al., 2007; SVOBODOVÁ et al., 2013). Os ácaros também são organismos usados nas análises de impacto. A ordem Mesostigmata é ampla, cosmopolita, com uma variedade comportamental e de habitats, sendo a grande maioria predadores (KRANTZ; WALTER, 2009). Os Oribatida (Trombidiformes) são abundantes em solos orgânicos, existindo espécies predadoras, necrófagas, mas de modo geral são conhecidos como decompositores (NORTON, 1990; ILLIG et al., 2005). De acordo com Behan-Pelletier (1999), os ácaros oribatídeos podem ser utilizados como indicadores ambientais, pois suas populações declinam rapidamente quando os habitats são alterados.

Os Collembola desempenham um papel chave na decomposição no solo e também prestam serviço como alimento para predadores generalistas. Esses organismos podem atuar na regulação da decomposição do solo, ciclagem de nutrientes, bem como na formação da estrutura do solo. Fatores como abundância, composição e diversidade de espécies deste grupo em um determinado habitat podem

ser utilizados como bons bioindicadores (MINOR, 2004; ZWAHLEN et al., 2007; PRIESTLEY; BROWNBRIDGE, 2009; GARCÍA et al., 2010; ARIAS-MARTÍN et al., 2016).

2.4. ANÁLISE DA COMUNIDADE DE ARTRÓDES NÃO ALVO

Os estudos sobre o risco de impacto envolvendo os artrópodes não alvo são amplamente empregados, considerando os padrões de biodiversidade e sustentabilidade agrícola. A análise pode estar focada no indivíduo, na própria população, ou na função ecológica, podendo ser empregada na escala espacial (o próprio cultivo GM, habitats no entorno do cultivo GM) e na escala temporal (estádios fenológicos, safras agrícolas) (SANVIDO et al., 2012; GARCIA-ALONSO; RAYBOULD, 2013). Além destes fatores, é importante entender quão efetivo é o experimento e os protocolos estatísticos (MARVIER, 2002), pois a habilidade em detectar mudanças na abundância das espécies, ou taxa, depende do delineamento experimental e poder estatístico (LANG, 2004).

As metodologias de amostragem de artrópodes não alvo podem reunir a análise visual, cartela adesiva, armadilha de alçapão (Pitfall) e coleta de solo, principalmente para avaliação dos organismos da mesofauna (PILCHER et al., 1997; AL-DEEB et al., 2003b; DE LA POZA et al., 2005; DVELY, 2005; PONS et al., 2005; EIZAGUIRRE et al., 2006; ICOZ; STOTZKY, 2006; GRIFFITHS et al., 2006; LUDY; LANG, 2006; TOSCHKI et al., 2007; ZWAHLEN et al., 2007; CORTET et al., 2007; HIGGINS et al., 2009; VIRLA et al., 2010; BALOG et al., 2010; LUMBIERRES et al., 2011; ALCANTARA, 2012; COMAS et al., 2014; ROMEIS et al., 2014; SKOKOVÁ HABUŠTOVÁ et al., 2015).

Nessas amostragens os índices de diversidade são amplamente utilizados como métrica para resposta da intervenção humana sobre os agroecossistemas, principalmente das práticas culturais (HOUSE, 1989; FRECKMAN; ETTEMA, 1993; GREGORY et al., 2005; PHILPOTT et al., 2006; BEDANO; RUF, 2007; JASKULSKI; JASKULSKA, 2011; LIFEI et al., 2013; TAO et al., 2014). Em análise de risco de impacto ambiental envolvendo cultivos *Bt*, comunidades de artrópodes não alvo

também são comparadas por parâmetros ecológicos (WHITEHOUSE et al., 2005; LI et al., 2007; YU; BERRY; CROFT, 2014; LU et al., 2015).

Dependente do tamanho amostral e da padronização do esforço amostral no campo, ou pela rarefação/extrapolação, a riqueza de espécies é considerada uma métrica de ecologia mais comum em estudos de diversidade, e para muitos propósitos é suficiente (WILSEY et al., 2005; TOWNSEND et al., 2006). É simplesmente, o número total de espécies (S) em uma unidade amostral, ou seja, quanto maior a amostra, maior o número de espécies que poderão ser amostradas. A riqueza de espécies diz pouco a respeito da organização da comunidade, aumentando em função da área, mesmo sem modificação do habitat (GOMES, 2004).

A abundância, ou abundância relativa, é um conceito na ecologia para determinar o tamanho da população de uma espécie em um determinado habitat. Um dos componentes da biodiversidade, a abundância refere-se a quão comum ou rara é uma determinada espécie em um local definido (HUBBELL, 2001).

Uma medida comumente utilizada para se caracterizar uma comunidade, que leva em consideração a riqueza específica e a abundância relativa das espécies envolvidas é conhecida como índice de diversidade de Shannon-Weaver ou índice de Shannon (H) (TOWNSEND et al., 2006). O índice de diversidade de Shannon possui uma vantagem em relação aos índices de Margalef, Gleason e Menhinick, pois é apropriado para amostras aleatórias de espécies de uma comunidade ou sub-comunidade de interesse e é estimado através da seguinte equação (RODRIGUES, 2007):

$$H' = - \sum p_i \log p_i$$

Onde: p_i é a proporção da espécie em relação ao número total de espécimes encontrados nos levantamentos realizados.

Quanto ao índice de Simpson, este possui uma vantagem a outros índices ecológicos como aos índices de Margalef, Gleason e Menhinick, pois não somente considera o número de espécies (S) e o total de números de indivíduos (N), mas também a proporção do total de ocorrência de cada espécie. A diversidade de Simpson é estimada através da seguinte equação (RODRIGUES, 2007):

$$I_s = \frac{\sum n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Onde: I_s = diversidade de Simpson; n_i = número de indivíduos de cada espécie; N = número de indivíduos.

Como unidades de inferência na comunidade dos artrópodes não alvo, os dois índices de diversidade (Shannon-Weiner e Simpson) são ferramentas úteis de mensuração do distúrbio dessas comunidades (GUO et al., 2014). O índice de Shannon (H') atribui maior valor às espécies raras e é um dos melhores índices para ser usado em comparações, caso não haja interesse em separar abundância de raridade (FELFILI; REZENDE, 2003). Em contrapartida, o índice de Simpson (D') é um índice de dominância e reflete a probabilidade de dois indivíduos extraídos ao acaso de uma comunidade sejam de espécies diferentes. Quanto mais alto for, maior a probabilidade de os indivíduos serem da mesma espécie, ou seja, maior a dominância por uma ou poucas espécies (KANIESKY, 2010).

A análise da comunidade de artrópodes através de guildas também é um parâmetro válido. A guilda é definida como grupo de espécies (táxons) que exploram a mesma classe de recurso de um modo semelhante, independente do grupo taxonômico (SIMBERLOFF; DAYAN, 1991). Neste sentido, herbívoros não alvo podem ter acesso a toxina *Bt*, assim como os predadores e parasitoides de forma indireta, podendo ambas as guildas serem avaliadas em análise de risco de impacto de cultivo *Bt* (SISTERSON et al., 2004; NARANJO, 2009). Vários estudos sobre cultivos *Bt* adotaram as guildas

parasitoides, predadores, onívoros, detritívoros e polinizadores como métrica de avaliação (RIDDICK; BARBOSA, 2000; MUSSER; SHELTON, 2003; RAUSCHEN et al., 2004; HARWOOD et al., 2005; TORRES; RUBERSON, 2005; NARANJO, 2005; BITZER et al., 2005; DEBELJAK et al., 2007; CHEN et al., 2006; DUAN et al., 2008; LIMA et al., 2011; BAI et al., 2012; TRUTER et al., 2014; LU et al., 2015).

No entanto, avaliar muitas variáveis ao mesmo tempo, como é o caso de várias populações de artrópodes não alvo, resultam em um padrão multidimensional, muitas vezes difícil de avaliar e interpretar (DEMŠAR et al., 2013). A redução dessas variáveis através de critérios objetivos, permitindo a construção de gráficos bidimensionais com maior informação estatística, pode ser conseguida através da análise multivariada de componentes principais (MOITA NETO; MOITA, 1998). Os objetivos dessa análise são extrair a informação relevante do dado; reduzir o tamanho da planilha de dados, mantendo somente as informações importantes; simplificar as descrições da planilha de dados e analisar a estrutura das observações e variáveis (ABDI; WILLIAMS, 2010).

A análise de componentes principais pode ser empregada no comparativo entre componentes bióticos e abióticos, ou na interação dos mesmos, sendo apropriada para a análise composicional da comunidade de artrópodes não alvo. Considerada uma análise de gradiente, é um método analítico usado na ecologia quando se relaciona a abundância de várias espécies em determinada comunidade e os gradientes ambientais envolvidos seja ordenação ou pela média ponderada (JANŽEKOVIČ; NOVAK, 2012). O efeito de diferentes tipos de manejo fitossanitário é correlacionável com os artrópodes da lavoura e a intensidade dessa correlação é orientada através de gradientes (TOSCHKI et al., 2007; LAWO et al., 2009). Deste modo podemos relacionar a associação da comunidade de artrópodes não alvo com os respectivos cultivos avaliados nas diferentes localidades.

Quando experimentalmente as comunidades são manipuladas, frequentemente se deseja avaliar o efeito de tratamentos por um longo período, pois a resposta em suposto distúrbio tem um aspecto intrinsecamente temporal (SMILAUER; LEPS, 2014). Contudo, não é simples analisar a extensão da possível diferença entre os intervalos de tempo e os tratamentos individuais, através do período de avaliação. Nesta condição de

avaliação, Van den Brink e Ter Braak (1998, 1999) desenvolveram um método chamado Curva de Resposta Principal.

A curva de resposta principal está sendo amplamente utilizada para analisar a dependência temporal, de mais de uma safra agrícola, do efeito de cultivos *Bt*, não *Bt* e aplicações de inseticidas sobre a comunidade de artrópodes não alvo (NARANJO, 2005; WHITEHOUSE, 2005; TORRES; RUBERSON, 2007; LU et al., 2014; WHITEHOUSE et al., 2014; GUO et al., 2014; GUO et al., 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREAS DE ESTUDO

Considerando a vasta superfície cultivada e a larga distribuição geográfica desta cultura, as áreas de estudo foram definidas por regiões representativas do plantio do milho no Brasil, levando-se em consideração as condições edáficas, o regime climático, as práticas culturais, o nível tecnológico, os híbridos plantados e a diferenciação da vegetação original. Seis áreas produtoras mais expressivas foram escolhidas sendo Araguari-MG, Campo Verde-MT, Dourados-MS, Luís Eduardo Magalhães-BA, Passo Fundo-RS e Rolândia-PR (Tabela 2 e Figura 1).

É possível identificar similaridades climáticas entre as regiões, mas é decorrência das próprias condições exigidas para o cultivo do milho. Entretanto, algumas diferenças são observadas como, por exemplo, as regiões de Campo Verde e Luís Eduardo Magalhães que apresentam similaridades nas temperaturas máximas, médias e mínimas, mas são diferentes nas variações da insolação, na precipitação anual e altitude (Tabela 3).

Tabela 2. Dados referentes à localização geográfica das áreas e altitudes das cidades referência.

Regiões do Monitoramento	Coordenadas		Altitude
	Longitude	Latitude	(m)
Passo Fundo-RS	52,40 W	25,25 S	684
Rolândia-PR	51,17 W	23,37 S	585
Araguari-MG	48,10 W	18,72 S	941
Dourados-MS	54,98 W	22,23 S	452
Campo Verde-MT	55,17 W	15,61 S	736
Luís Eduardo Magalhães-BA	45,00 W	12,15 S	439

GPS Garmin 12S.

Regiões do Estudo	Estado	Cidade
	Rio Grande do Sul ●	Passo Fundo
	Paraná ●	Rolândia
	Minas Gerais ●	Araguari
	Mato Grosso do Sul ●	Dourados
	Mato Grosso ●	Campo Verde
	Bahia ●	Luís Eduardo Magalhães

● Áreas de Plantio da 1ª safra (safra de verão)

● Áreas de Plantio da 2ª safra (safrinha)

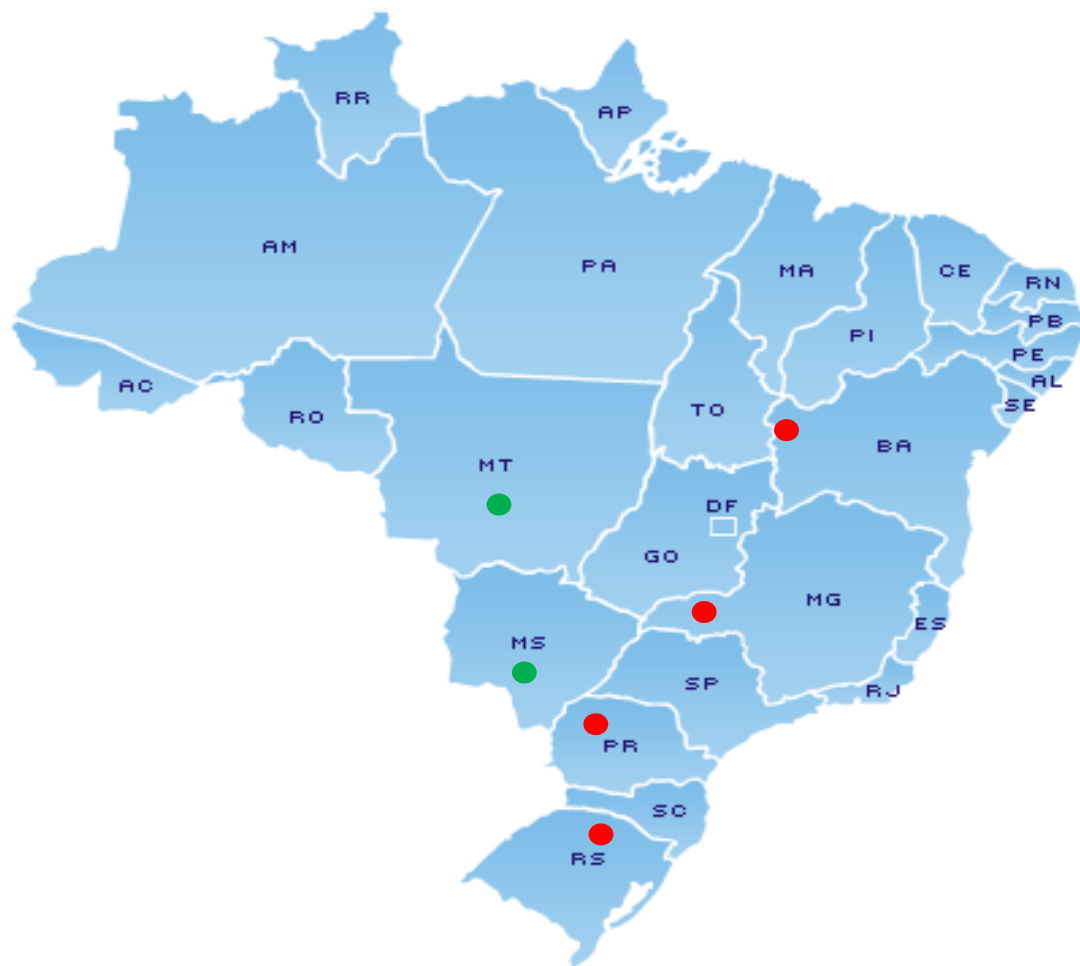


Figura 1. Localização dos municípios nos quais foi implantado o estudo.

Tabela 3. Histórico de temperaturas máximas, mínimas e médias, insolação e precipitação anual para as cidades-referência das regiões de estudo, 2009.

Regiões do Monitoramento	Temperatura (°C)			Insolação	Precipitação
	Máxima	Mínima	Média	Anual (h)	Anual (mm)
Passo Fundo-RS	24-27	12-15	18-21	2100-2400	1500-1800
Rolândia-PR	25-27	12-15	18-21	1800-2100	1200-1500
Araguari-MG	28-30	15-17	22-25	2600-2900	1300-1600
Dourados-MS	27-30	17-20	22-25	2000-2300	1500-1800
Campo Verde-MT	30-33	18-21	24-27	2100-2400	1500-1800
Luís Eduardo Magalhães-BA	30-33	18-21	24-27	2400-2700	1200-1500

Inmet, 2009.

3.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ÁREAS DE ESTUDO

ARAGUARI-MG (Figuras 2 e 3)

- Área da propriedade: 6.000 ha;
- Tipo de solo: latossolo vermelho amarelo;
- Culturas e sistema de plantio predominante: soja, milho e café; plantio direto (soja e milho);
- Produtividade média milho: 9,900kg/ha (últimos 5 anos a partir de 2009).

Tratamentos:

BT – Milho Mon810

CV – Milho Convencional

Repetições: A, B e C

Tratamentos	Repetição			Área (ha)
	A	B	C	
BT	2,3987	4,8739	2,3577	9,6303
CV	2,3443	5,0280	2,4114	9,7837
Total Plantado	---	---	---	19,4139
Carreador	---	---	---	1,8200
Total Utilizado	---	---	---	21,2339

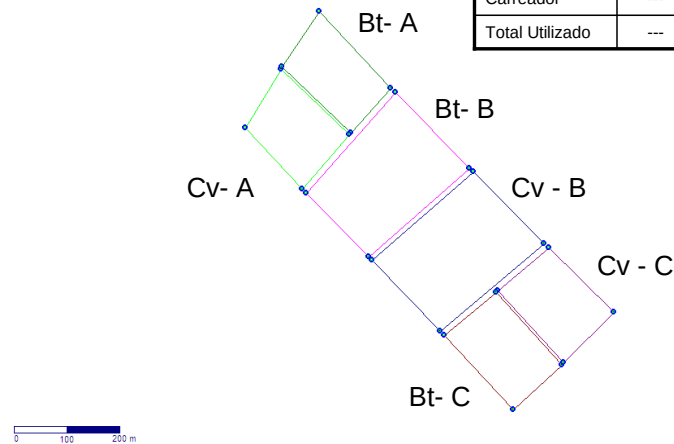


Figura 2. Representação esquemática das parcelas da área de Araguari. Bt–milho MON810; CV – milho convencional.



Figura 3. Vista geral das áreas de cultivo de milho e do entorno em Araguari.

CAMPO VERDE-MT (Figuras 4 e 5)

- Área da propriedade: 488 ha;
- Tipo de solo: latossolo vermelho distroférico e eutroférico (terra roxa);
- Culturas e sistema de plantio predominante: soja e milho safrinha; plantio direto;
- Produtividade média milho: 3.900 kg/ha (últimos 5 anos a partir de 2009).

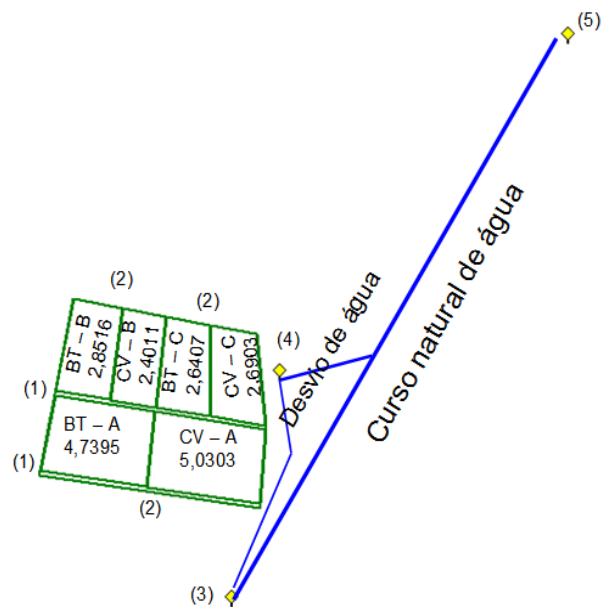
Tratamentos:

BT – Milho Mon810

CV – Milho Convencional

Repetições: A, B e C

0 150 300 m



Tratamentos	Repetição			Área (ha)
	A	B	C	
BT	4,7395	2,8516	2,6407	10,2318
CV	5,0303	2,4011	2,6903	10,1217
Total Plantado	---	---	---	20,3535
Carreador	---	---	---	1,5053
Total Utilizado	---	---	---	21,8588

Figura 4. Representação esquemática das parcelas da área de Campo Verde. *Bt* – milho MON810; CV – milho convencional.



Figura 5. Vista geral das áreas de cultivo de milho e do entorno em Campo Verde.

DOURADOS-MS (Figuras 6 e 7)

- Área da propriedade: 196 ha;
- Tipo de solo: latossolo vermelho distroférico e eutroférico (terra roxa);
- Culturas e sistema de plantio predominante: soja e milho safrinha; plantio direto;
- Produtividade média milho: 3.900kg/ha (últimos 5 anos a partir de 2009).

Tratamentos:

BT – Milho Mon810

CV – Milho Convencional

Repetições: A, B e C

Tratamentos	Repetição			Área (ha)
	A	B	C	
BT	4,5740	2,3384	2,4619	9,3743
CV	5,0025	2,4283	2,3433	9,7741
Total plantado	--	--	--	19,1484
Carreadores	--	--	--	1,7144
Total utilizado	--	--	--	20,8628

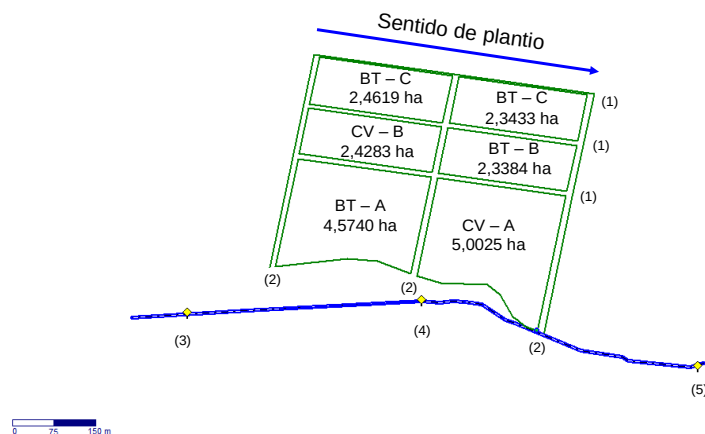


Figura 6. Representação esquemática das parcelas da área de Dourados. *Bt* –milho MON810; CV – milho convencional.



Figura 7. Vista geral das áreas de cultivo de milho e do entorno em Dourados.

LUIS EDUARDO MAGALHAES-BA (Figuras 8 e 9)

- Área da propriedade: 5.558 ha;
 - Tipo de solo: Latossolo amarelo
 - Culturas e sistema de plantio predominante: soja, milho, algodão e milheto.
- Produtividade média milho: 7.200kg/ha (últimos 5 anos a partir de 2009).

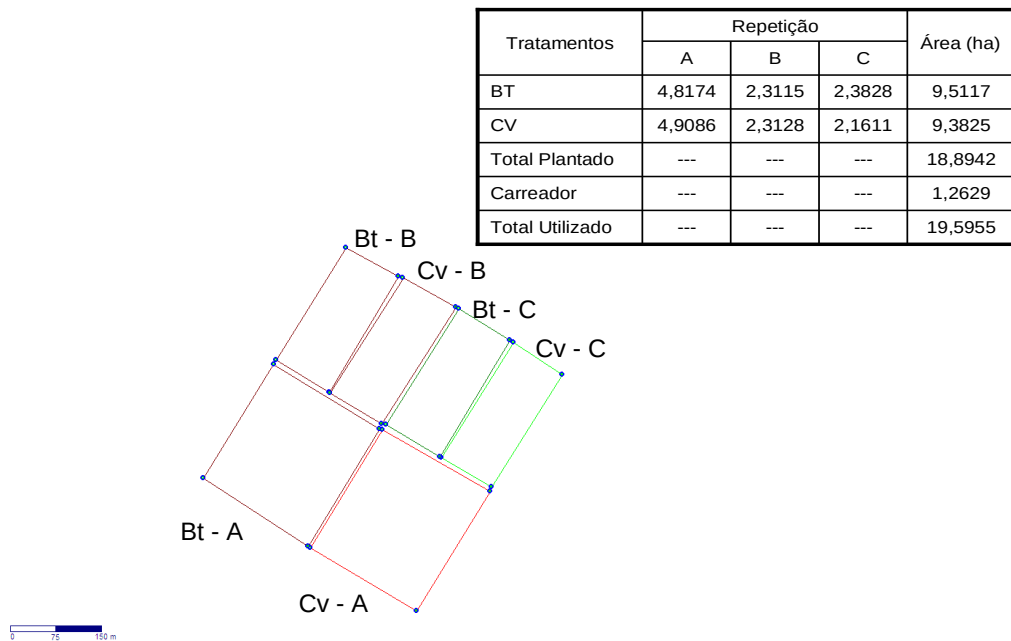


Figura 8. Representação esquemática das parcelas da área de Luis Eduardo Magalhães. *Bt* – milho MON810; *CV* – milho convencional.



Figura 9. Vista geral das áreas de cultivo de milho e do entorno em Luis Eduardo Magalhães.

PASSO FUNDO-RS (Figuras 10 e 11)

- Área da propriedade: 450 ha;
- Tipo predominante de solo: latossolo vermelho;
- Culturas e sistema de plantio predominante: soja e milho (verão), aveia e trigo (inverno); plantio direto;
- Produtividade média milho: 27.000 kg/ha (últimos 5 anos a partir de 2009).

Tratamentos:

BT – Milho Mon810

CV – Milho Convencional

Repetições: A, B e C

Tratamentos	Repetição			Área (ha)
	A	B	C	
BT	2,3971	3,0271	4,4026	9,8268
CV	2,7647	2,5939	4,6512	10,0098
Total Plantado	---	---	---	19,8366
Carreador	---	---	---	1,1068
Total Utilizado	---	---	---	20,9434

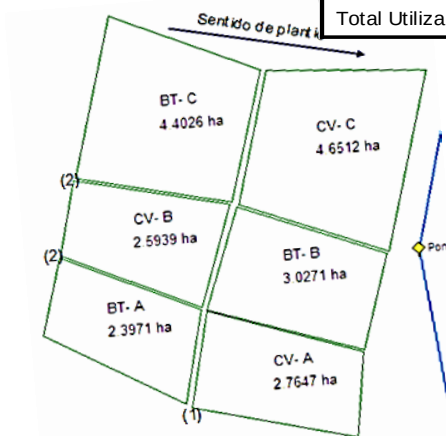


Figura 10. Representação esquemática das parcelas da área de Passo Fundo; *Bt* – milho MON810; *CV* – milho convencional.

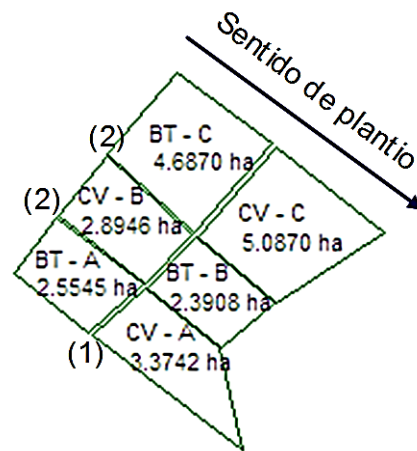


Figura 11. Vista geral das áreas de cultivo de milho e do entorno em Passo Fundo.

ROLÂNDIA-PR (Figuras 12 e 13)

- Área da propriedade: 66,80 ha;
- Tipo predominante de solo: latossolo vermelho;
- Culturas e Sistema de plantio predominante: soja e milho (verão), trigo (inverno);
plantio direto;
- Produtividade média milho: 11.100 kg/ha (últimos 5 anos a partir de 2009).

Tratamentos	Repetição			Área (ha)
	A	B	C	
BT	2,5545	2,3908	4,6870	9,6323
CV	3,3742	2,8946	5,0870	11,3558
Total Plantado	---	---	---	20,9881
Carreador	---	---	---	1,1707
Total Utilizado	---	---	---	22,1588



Tratamentos:

BT – Milho Mon810

CV – Milho Convencional

Repetições: A, B e C

Figura 12. Representação esquemática das parcelas da área de Rolândia; Bt – milho MON810; CV – milho convencional.



Figura 13. Vista geral das áreas de cultivo de milho e do entorno em Rolândia.

3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O estudo foi iniciado na safra 2008/2009, logo após a liberação comercial do milho MON810, com a realização de pré-testes nas seis regiões. Após isso, os dados das safras 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012 foram analisados e utilizados no estudo.

Em cada região foram utilizadas parcelas em torno de 2 a 4 ha entre os blocos, sendo a área total plantada entre milho MON810 e convencional de aproximadamente 10 há (item 3.2). As parcelas de milho MON810 e convencional foram distribuídas em delineamento de blocos inteiramente casualizados, com três repetições.

3.4. MANEJO DOS CULTIVOS

Todas as datas, produtos e doses registrados neste trabalho foram decididos pelos proprietários das áreas e seus assistentes técnicos, e estas informações foram obtidas por meio de visitas e contato com os encarregados. Mesmo que eventualmente as escolhas não tenham sido tecnicamente as mais indicadas, manteve-se o padrão normalmente adotado pelo produtor, já que o objetivo do monitoramento é comparar áreas comerciais de milho. A decisão do produtor pelo uso de tecnologia não depende somente de aspectos agronômicos, mas também de fatores econômicos e operacionais. Em geral, os procedimentos adotados refletem as práticas agrícolas predominantes em cada região de monitoramento.

3.4.1. SAFRA 2008/2009

APLICAÇÕES DE PRODUTOS QUÍMICOS NO PRÉ-PLANTIO

O glifosato foi o único herbicida utilizado em Passo Fundo e Araguari (Tabela 4). Em Rolândia e Luís Eduardo Magalhães, além do glifosato, também foi aplicado 2,4-D. Nas áreas de safrinha, em Dourados e Campo Verde, não foram aplicados herbicidas, pois o plantio foi efetuado logo após a colheita da soja. Na área de Luís Eduardo

Magalhães foi aplicado o inseticida clorpirifós em pré-plantio, visando o controle de pragas iniciais do milho.

Tabela 4. Aplicação de herbicidas e outros produtos em pré-plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.

Áreas	Época	Herbicidas			Inseticidas		
		Datas	Produtos	Doses (g e.a./ha)	Datas	Produtos	Doses (g i.a./ha)
PFU	única	17/08/08	Glifosato	960	-	-	-
ROL	única	24/09/08	glifosato; 2,4-D	720; 286	-	-	-
ARA	única	17/11/08	Glifosato	2.160	-	-	-
DOU	-	-	-	-	-	-	-
CVE	-	-	-	-	-	-	-
LEM	única	19/11/08	glifosato; 2,4-D	1.440; 536	19/11/08	clorpirifós	720

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não se aplica

TRATAMENTO DE SEMENTES

O milho plantado em todas as áreas teve suas sementes tratadas com a mistura comercial dos inseticidas imidacloprido e tiodicarbe, à exceção de Passo Fundo (Tabela 5). O inseticida fipronil foi aplicado nas sementes de Passo Fundo e de Luís Eduardo Magalhães. As sementes de Passo Fundo, Dourados e Luís Eduardo Magalhães também foram tratadas com os fungicidas carbendazim e tiram, isolados ou em mistura comercial. Nas sementes de Passo Fundo, Rolândia e Luís Eduardo Magalhães foram aplicados micronutrientes ou regulador de crescimento.

ADUBAÇÕES PARA PLANTIO

A adubação em Passo Fundo, Rolândia, Dourados e Campo Verde foi efetuada exclusivamente no sulco de plantio (Tabela 6). Em Araguari foi dividida, sendo aplicado em área total antecedendo ao plantio e no sulco de plantio. Na área de Luís Eduardo Magalhães a adubação ocorreu somente em área total antes do plantio.

Tabela 5. Tratamento com fungicidas e inseticidas e adição de nutrientes nas sementes de milho utilizadas para o plantio nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.

Áreas	Tratamento de Sementes				
	Datas	Fungicidas e Inseticidas		Micronutrientes e Reguladores de Crescimento	
		Produtos	Doses	Formulação	Doses
PFU	19/09/08	fipronil; carbendazim + tiram	50; 30 + 70 g i.a./100 kg sementes	Booster Zn Mo; MicroXisto Leg Extra	500; 500 mL/100 kg sementes
ROL	08 e 09/10/08	imidacloprido + tiodicarbe	263 + 788 g i.a./100 kg sementes	Awaken	1.000 mL/100 kg sementes
ARA	19/11/08	imidacloprido + tiodicarbe	45 + 135 g i.a./ha	-	-
DOU	14/03/09	imidacloprido + tiodicarbe; carbendazim	45 + 135; 125 g i.a./há	-	-
CVE	15/02/09	imidacloprido + tiodicarbe	45 + 135 g i.a./ha	-	-
LEM	26/11/08	imidacloprido + tiodicarbe; fipronil; carbendazim + tiram	60 + 180 g i.a./ha; 12,5; 30 + 70 g i.a./100 kg sementes	Stimucontrol	100 mL/100 kg sementes

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não se aplica

Tabela 6. Adubações para plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.

Áreas	Época	Local	Adubação		
			Datas	Formulação	Doses (kg/ha)
PFU	única	sulco plantio	19 a 21/09/08	05-20-20 (NPK)	300
ROL	única	sulco plantio	08 a 10/10/08	08-20-20 (NPK)	340
ARA	1 ^a	área total	15/09/08	KCl	100
	2 ^a	sulco plantio	19/11/08	11-22-22 (NPK)	250
DOU	única	sulco plantio	14/03/09	11-15-15 (NPK)	220
CVE	única	sulco plantio	18 e 19/02/09	6-16-16 (NPK)	250
LEM ¹	única	área total	30/09/08	00-24-00 (NPK)	500

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não se aplica

¹ Antes do plantio, em 17/8/08 foi realizada calagem (calcário dolomítico, 2 t/ha).

PLANTIO DOS HÍBRIDOS MON810 E CONVENCIONAIS

As combinações de espaçamentos e densidades de semeadura variaram bastante entre as localidades, resultando em populações entre 57.000 e 75.000 sementes/ha (Tabela 7). Os híbridos de milho utilizados nas áreas de monitoramento foram fornecidos ao proprietário pela Monsanto do Brasil. Os critérios observados para escolha dos híbridos foram a adaptação à região e o registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Tabela 7. Espaçamentos, densidades de semeadura e híbridos de milho MON810 e convencionais utilizados nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.

Áreas	Plantio					
	Espaçamento (m)	Densidade (sementes/m)	MON 810		Convencional	
			Datas de Plantio	Híbridos	Datas de Plantio	Híbridos
PFU	0,51 / 0,525 ¹	3,5 / 3,6 ¹	20 e 21/9/08	AG 9010 YG	19 e 20/9/08	AG 9010
ROL	0,80	5,4	09 e 10/10/08	DKB 390 YG	08 e 09/10/08	DKB 390
ARA	0,50	3,5	19/11/08	DKB 390 YG	19/11/08	DKB 390
DOU	0,45	2,6	14/03/09	DKB 390 YG	14/03/09	DKB 390
CVE	0,70	5,3	18 e 19/02/09	DKB 390 YG	19/02/09	DKB 390
LEM	0,76	5,0	26 e 28/11/08	AG 9010 YG	26/11/08	AG 9010

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA.

¹ O espaçamento e a densidade da esquerda foram utilizados no plantio das parcelas MON 810 e da direita no plantio das parcelas convencionais.

Na Tabela 8 são apresentadas as principais características botânicas e agrônômicas dos híbridos de milho utilizados nas áreas de estudo. O plantio nas áreas de estudo de milho de safra ocorreu entre setembro e novembro de 2008 e nas áreas de milho safrinha entre fevereiro e março de 2009.

Tabela 8. Características agrônômicas dos híbridos de milho MON810 e convencionais semeados nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.

Características Gerais	AG 9010 YG e AG 9010	DKB 390 YG e DKB 390
Ciclo	Superprecoce	Precoce
Quebramento	Resistente	Resistente
Acamamento	Resistente	Resistente
Porte da Planta	Baixo	Alto
Inserção da Espiga	Baixa	Alta
Grão	Duro Alaranjado	Duro; Amarelo-alaranjado
Densidade de Semeadura:		
Nº plantas/m*	3 a 5	3 a 5
População de Plantas:		
Nº plantas/ha*	65.000 a 75.000	60.000-65.000
Empalhamento	Bom	Bom
Qualidade do colmo	Excelente	Ótima
Sistema Radicular	Excelente	Excelente
Finalidade de Uso	Produção de grãos	Produção de grãos

Fonte: Sementes Agrocere, 2016; Dekalb, 2016.

APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Em todos os locais foi realizada a aplicação de herbicida em uma única época, exceto em Campo Verde, onde foram realizadas aplicações em três épocas (Tabela 9). Os princípios ativos utilizados foram atrazina, simazina, alaclor, tembotrione, nicosulfuron e glifosato (em pré-emergência do milho). O herbicida atrazina foi utilizado em todas as localidades.

APLICAÇÃO DE INSETICIDAS

Os produtores das áreas de Rolândia, Araguari e Campo Verde realizaram apenas uma aplicação no cultivo do milho MON810 (Tabela 10). As aplicações em Rolândia e Campo Verde não tiveram o objetivo de controlar pragas alvo do milho *Bt* e sim pragas iniciais do milho. Somente em Araguari os inseticidas tiveram como alvo principal o controle de *S. frugiperda*. Nas áreas de Passo Fundo, Dourados e Luís Eduardo Magalhães não foram realizadas aplicações de inseticidas nas áreas com milho MON810.

O tratamento convencional recebeu aplicação de inseticidas em todas as localidades, à exceção de Passo Fundo.

Tabela 9. Herbicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.

Área	Datas Plantio	Época	Herbicidas		
			Data	Produto	Dose (g i.a./ha)
PFU	19 a 21/09/08	única	19/10/08	atrazina + simazina	1.500 + 1500
ROL	08 a 10/10/08	única	04 e 05/11/08	alaclor + atrazina	1.612 + 1.612
ARA	19/11/2008	única	05/12/08	atrazina	2.200
DOU	14/03/09	única	01/04/09	atrazina	1.000
		1 ^a	22/02/09	glifosato	900 ¹
CVE	18 e 19/02/09	2 ^a	06/03/09	atrazina	1.250
		3 ^a	27/03/09	tembotrione	101
LEM	26 e 28/11/08	única	19/12/08	atrazina; nicosulfuron	1.500; 26

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. Ép. = Época da aplicação; 1 g e.a./há

Tabela 10. Inseticidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.

Áreas	Datas Plantio	Época	Inseticidas					
			MON 810			Convencional		
			Datas	Produtos	Doses (g i.a./ha)	Datas	Produtos	Doses (g i.a./ha)
PFU	19 a 21/09/08	-	-	-	-	-	-	-
		1 ^a	23/10/08	lambda-cialotrina + tiametoxam	26,5 + 35,25	23/10/08	lambda-cialotrina + tiametoxam	26,5 + 35,25
ROL	08 a 10/10/08	2 ^a	-	-	-	04/11/08	lufenurom; parationa-metílica	8,25; 498
		3 ^a	-	-	-	14/11/08	lufenurom; metomil	14,5; 125
ARA	19/11/08	1 ^a	24/12/08	metomil; lufenurom	129; 15	12/12/08	metomil; diflubenzurom	129; 25
		2 ^a	-	-	-	24/12/08	metomil; lufenurom	129; 15
DOU	14/03/09	única	-	-	-	01/04/09	lufenurom	7,5
CVE	18 e 19/02/09	1 ^a	6/3/09	zeta-cipermetrina	42	06/03/09	zeta-cipermetrina	42
		2 ^a	-	-	-	27/03/09	triflumurom	38,4
		1 ^a	-	-	-	07/12/08	teflubenzurom	37,5
		2 ^a	-	-	-	18/12/08	lufenurom	20
LEM	26 e 28/11/08	3 ^a	-	-	-	29/12/08	teflubenzurom	37,5
		4 ^a	-	-	-	07/01/09	espinosade	48
		5 ^a	-	-	-	29/01/09	tiodicarbe	240

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA.; Ép. = Época da aplicação

APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS

As áreas de Rolândia, Araguari e Luís Eduardo Magalhães foram as únicas a receberem aplicações de fungicidas (Tabela 11). Em Araguari e Luís Eduardo Magalhães foi utilizada a mistura comercial de epoxiconazol + piraclostrobina e em Rolândia a mistura comercial de azoxistrobina + ciproconazol.

Tabela 11. Fungicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.

Área	Datas Plantio	Época	Fungicidas		
			Data	Produto	Dose (g i.a./ha)
PFU	19 a 21/09/08	-	-	-	-
ROL	08 a 10/10/08	única	19/12/08	azoxistrobina + ciproconazol	60 + 24
ARA	19/11/2008	única	16/12/08	epoxiconazol + piraclostrobina	37,5 + 99,8
DOU	14/03/2009	-	-	-	-
CVE	18 e 19/02/09	-	-	-	-
LEM	26 e 28/11/08	única	29/1/09	epoxiconazol + piraclostrobina	40 + 106,4

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA.; Ép. = Época da aplicação

APLICAÇÃO DE NUTRIENTES

A área de Dourados foi a única que não recebeu aplicação de adubo em cobertura, por decisão do produtor devido ao déficit hídrico acentuado para a cultura (Tabela 12). Em Rolândia, além a adubação via solo, o produtor optou por fazer duas aplicações com adubos foliares.

Tabela 12. Aplicações de nutrientes nas áreas de estudo. Safra 2008/2009.

Área	Datas Plantio	Época.	Adubação			
			Data	Formulação	Doses	Forma
PFU	19 a 21/09/08	1ª	28/10/08	Uréia	90 kg/ha	via solo
		2ª	07/11/08	Uréia	120 kg/ha	via solo
		1ª	03/11/08	Uréia	248 kg/ha	via solo
ROL	08 a 10/10/08	2ª	04 e 05/11/08	Fort Green	1,65 L/ha	via foliar
		3ª	14/11/08	Ubyfol Zn ¹	0,5 L/ha	via foliar
ARA	19/11/2008	única	15/12/08	NPK (25-00-15)	330 kg/ha	via solo
DOU	14/03/2009	-	-	-	-	-
CVE	18 e 19/02/09	-	19/03/09	Uréia	65 kg/ha	via solo
LEM	26 e 28/11/08	única	07/12/08	NPK (30-00-20)	400 kg/ha	via solo

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não aplicado; Ép. = Época da aplicação.

1 Aplicado apenas no milho convencional.

3.4.2. SAFRA 2009/2010

APLICAÇÃO DE HERBICIDAS E OUTROS PRODUTOS EM PRÉ-PLANTIO

O único herbicida utilizado em Passo Fundo foi o glifosato (Tabela 13). Em Rolândia, Araguari e Luís Eduardo Magalhães, além do glifosato, também foi aplicado 2,4-D. Nas áreas de safrinha, em Dourados e Campo Verde, não foram aplicados herbicidas, pois o plantio foi efetuado logo após a colheita da soja. Na área de Luís Eduardo Magalhães foi aplicado o inseticida clorpirifós em pré-plantio, visando o controle de pragas iniciais do milho.

Tabela 13. Aplicação de herbicidas e outros produtos em pré-plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.

Áreas	Época	Herbicidas			Inseticidas		
		Datas	Produtos	Doses (g e.a./ha)	Datas	Produtos	Doses (g i.a./ha)
PFU	única	06/09/09	glifosato	864	-	-	-
ROL	única	23/09/09	glifosato; 2,4-D	1188,75; 241,8	-	-	-
ARA	1ª	05/10/09	glifosato	2.160	-	-	-
	2ª	19/10/09	2,4-D	1440	-	-	-
DOU	-	-	-	-	-	-	-
CVE	-	-	-	-	-	-	-
LEM	única	08/11/09	glifosato; 2,4-D	1.440; 536	19/11/08	clorpirifós	480

PFU = Passo Fundo – RS; ROL = Rolândia – PR; ARA = Araguari – MG; DOU = Dourados – MS; CVE = Campo Verde – MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães – BA. n/a = não se aplica

TRATAMENTO DE SEMENTES

O milho plantado em todas as áreas teve suas sementes tratadas com a mistura comercial dos inseticidas imidacloprido e tiodicarbe, à exceção de Passo Fundo e Campo Verde (Tabela 14). Os inseticidas carboxina + tiram e fipronil foram aplicados nas sementes de Passo Fundo. Em Campo Verde não foi realizado o tratamento das sementes.

ADUBAÇÕES PARA O PLANTIO

A adubação em Passo Fundo, Rolândia, Araguari, Dourados e Campo Verde foi efetuada exclusivamente no sulco de plantio (Tabela 15). Na área de Luís Eduardo Magalhães a adubação ocorreu somente em área total antes do plantio.

Tabela 14. Tratamento com fungicidas e inseticidas e adição de nutrientes nas sementes de milho utilizadas para o plantio nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.

Áreas	Tratamento de Sementes				
	Datas	Fungicidas e Inseticidas		Micronutrientes e Reguladores de Crescimento	
		Produtos	Doses	Formulação	Doses
PFU	04/10/09	carboxina + tiram; fipronil	40 + 40; 30 + 50 g i.a./ 100 kg sementes	Booster Zn Mo	500 mL/100 kg sementes
ROL	30/09/09	imidacloprido + tiodicarbe	247,5 + 742,5 g i.a./ 100 kg sementes	Awaken	800 mL/100 kg sementes
ARA	19/10/09	imidacloprido + tiodicarbe	45 + 135 g i.a./ha	-	-
DOU	23/02/10	imidacloprido + tiodicarbe	45 + 135 g i.a./ha	-	-
CVE	-	-	-	-	-
LEM	10/11/09	imidacloprido + tiodicarbe; fipronil; carbendazim + tiram	60 + 180 g i.a./ha; 12,5; 30 + 60 g i.a./ 100 kg sementes	Stimucontrol	100 mL/100 kg sementes

PFU = Passo Fundo – RS; ROL = Rolândia – PR; ARA = Araguari – MG; DOU = Dourados – MS; CVE = Campo Verde – MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães – BA. n/a = não se aplica

Tabela 15. Adubações no plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.

Áreas	Época	Local	Adubação		
			Datas	Formulação	Doses (kg/ha)
PFU	única	sulco plantio	04 e 05/10/09	DAP	250
ROL	única	sulco plantio	30/09 e 01/10/09	12-15-15 (NPK)	414
ARA	única	sulco plantio	19 e 20/10/09	10-24-12 (NPK)	500
DOU	única	sulco plantio	23 e 24/02/10	11-15-15 (NPK)	220
CVE	única	sulco plantio	24 e 25/02/10	00-20-00 (NPK)	220
LEM	única	área total	15/09/09	KCl; SS	200; 500

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não se aplica

PLANTIO DOS HÍBRIDOS MON810 E CONVENCIONAIS

Na Tabela 16 são apresentados os espaçamentos, as densidades de semeadura, as datas de plantio e os híbridos de milho MON810 e convencionais utilizados nas áreas de monitoramento. Os híbridos de milho utilizados nas áreas de monitoramento foram fornecidos ao proprietário pela Monsanto do Brasil. Os critérios observados para escolha dos híbridos foram a adaptação à região e o registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Na Tabela 17 são apresentadas as principais características botânicas e agronômicas dos híbridos de milho utilizados nas áreas de monitoramento. O plantio nas áreas de monitoramento de milho de safra ocorreu entre setembro a novembro de 2009 e nas áreas de milho safrinha em fevereiro de 2010.

Tabela 16. Espaçamentos, densidades de semeadura e híbridos de milho MON810 e convencionais utilizados nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.

Áreas	Plantio					
	Espaçamento (m)	Densidade (sementes/m)	MON 810		Convencional	
			Datas de Plantio	Híbridos	Datas de Plantio	Híbrido
PFU	0,525	3,8	05/10/09	AG 9020 YG	04/10/09	AG 9020
ROL	0,800	5,4	30/09/09	DKB 390 YG	01/10/09	DKB 390
ARA	0,500	3,5	20/10/09	DKB 390 YG	20/10/09	DKB 390
DOU	0,45	2,37	23/02/10	DKB 390 YG	24/02/10	DKB 390
CVE	0,76	4,8	24/02/10	DKB 390 YG	25/02/10	DKB 390
LEM	0,55	3,7	13/11/09	DKB 390 YG	13/11/09	DKB 390

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA.

Tabela 17. Características agronômicas dos híbridos de milho MON810 e convencionais semeados nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.

Características Gerais	AG 9020 YG e AG 9020	DKB 390 YG e DKB 390
Ciclo	Superprecoce	Precoce
Quebramento	Resistente	Resistente
Acamamento	Resistente	Resistente
Porte da Planta	Médio	Alto
Inserção da Espiga	Média	Alta
Grão	Dentado Amarelo	Semi-duro; Amarelo-alaranjado
Densidade de Semeadura:		
Nº plantas/m*	3 a 5	3 a 5
População de Plantas:		
Nº plantas/ha*	60.000 a 65.000	55.000 a 65.000
Empalhamento	Excelente	Bom
Qualidade do colmo	Excelente	Ótima
Sistema Radicular	Excelente	Bom
Finalidade de Uso	Produção de Grãos	Produção de grãos

Fonte: Sementes Agrocere, 2016; Dekalb, 2016.

APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Em Passo Fundo foram realizadas duas aplicações de herbicidas, enquanto que nas outras áreas a aplicação foi feita uma única vez (Tabela 18). Sete ingredientes ativos foram utilizados, sendo eles atrazina, simazina, nicosulfurom, tembotriona, s-metolacoloro, paraquat e diuron. Alguns destes foram utilizados de forma associada. A atrazina foi o único herbicida utilizado em todas as áreas.

Tabela 18. Herbicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.

Área	Datas Plantio	Ép.	Herbicidas		
			Data	Produto	Dose (g i.a./ha)
PFU	04 e 05/10/09	1 ^a	22/10/09	atrazina + simazina; nicosulfurom	1.750 + 1750; 28
		2 ^a	17/11/09	tembotriona; atrazina	71,4; 400
ROL	30/09 e 01/10/09	única	03/10/09	atrazina + simazina	1.500 + 1.500
ARA	20 e 21/10/09	única	09/11/09	atrazina; tembotriona	2.640; 100,8
DOU	23 e 24/02/10	única	18/03/10	atrazina	720
CVE	24 e 25/02/10	única	19/03/10	tembotriona; atrazina	100,8; 1.250
LEM	12 e 13/11/09	única	12/11/09	atrazina + s-metolacoloro; atrazina; paraquat + diuron	925 + 725; 500, 100 + 50

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. Ép. = Época da aplicação

APLICAÇÃO DE INSETICIDAS

Em Passo Fundo não houve aplicação alguma de inseticidas, tanto no milho convencional quanto no tratamento MON810. A aplicação de inseticida no tratamento MON810 ocorreu somente em Rolândia, uma única vez, sendo utilizado o ingrediente ativo parationa metílica (Tabela 19).

Nos cultivos convencionais foi realizada a aplicação de inseticidas em duas épocas em Araguari, Dourados e Campo Verde; em três épocas em Rolândia e em seis épocas em Luís Eduardo Magalhães. Os ingredientes ativos mais utilizados nessas aplicações foram metomil e lufenurom.

Tabela 19. Inseticidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.

Área	Datas Plantio	Ép.	Inseticidas					
			MON 810			Convencional		
			Datas	Produtos	Doses (g i.a./ha)	Datas	Produtos	Doses (g i.a./ha)
PFU	04 e 05/10/09	-	-	-	-	-	-	-
		1 ^a	09/10/09	paration-metílico	492	09/10/09	paration-metílico	492
ROL	30/09 e 01/10/09	2 ^a	-	-	-	31/10/09	lufenurom; metomil	10,3; 177,5
		3 ^a	-	-	-	10/11/09	lufenurom; metomil	14,5; 177,5
ARA	20 e 21/10/09	1 ^a	-	-	-	09/11/09	clorpirifós	288
		2 ^a	-	-	-	17/11/09	metomil; alfa-cipermetrina + teflubenzuron	129; 12,75 + 12,75
DOU	23 e 24/02/10	1 ^a	-	-	-	18/03/10	profenofós	50
		2 ^a	-	-	-	07/04/10	profenofós	50
CVE	24 e 25/02/10	1 ^a	-	-	-	19/03/10	metomil	150,5
		2 ^a	-	-	-	08/04/10	lufenurom	11,65
LEM	12 e 13/11/09	1 ^a	-	-	-	06/12/09	lufenurom	20
		2 ^a	-	-	-	10/12/09	tiodicarbe	240
		3 ^a	-	-	-	16/12/09	espinosade	48
		4 ^a	-	-	-	22/12/09	chlorantraniliprole	20
		5 ^a	-	-	-	01/01/10	espinosade	48
		6 ^a	-	-	-	13/01/10	tiodicarbe	240

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não aplicado; Ép. = Época da aplicação

APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS

As únicas áreas com aplicações de fungicidas foram Araguari e Luís Eduardo Magalhães (Tabela 20). Na primeira foram feitas duas aplicações, enquanto que na última foi realizada uma única vez. Em ambas as áreas, os ingredientes ativos utilizados foram a combinação de epoxiconazol e piraclostrobina.

Tabela 20. Fungicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.

Área	Datas Plantio	Ép.	Fungicidas		
			Data	Produto	Dose (g i.a./ha)
PFU	04 e 05/10/09	-	-	-	-
ROL	30/09 e 01/10/09	-	-	-	-
ARA	20 e 21/10/09	1 ^a	17/11/09	epoxiconazol + piraclostrobina	35 + 93,1
		2 ^a	28/12/09	epoxiconazol + piraclostrobina	35 + 93,1
DOU	23 e 24/02/10	-	-	-	-
CVE	24 e 25/02/10	-	-	-	-
LEM	12 e 13/11/09	única	13/01/10	epoxiconazol + piraclostrobina	37,5 + 99,75

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não aplicado; Ép. = Época da aplicação

APLICAÇÃO DE NUTRIENTES

A área de Dourados foi a única que não recebeu aplicação de adubo em cobertura (Tabela 21). O fertilizante mais empregado foi a uréia, com doses que variaram de 50 a 250 kg/ha.

Tabela 21. Aplicações de nutrientes nas áreas de estudo. Safra 2009/2010.

Área	Datas Plantio	Ép.	Adubação			
			Data	Formulação	Doses	Forma
PFU	04 e 05/10/09	1 ^a	12/11/09	Uréia	140 kg/ha	via solo
		2 ^a	24/11/09	Uréia	120 kg/ha	via solo
		3 ^a	23/12/09	Uréia	50 a 70 kg/ha	via solo
ROL	30/09 e 01/10/09	1 ^a	20/10/09	Uréia	250 kg/ha	via solo
		2 ^a	31/10/09	Fort Green	1,65 L/ha	via foliar
ARA	20 e 21/10/09	1 ^a	09/11/09	Plantio Plus	1,0 kg/ha	via foliar
		2 ^a	11/11/09	NPK (25-00-15)	300 kg/ha	via solo
DOU	23 e 24/02/10	-	-	-	-	-
CVE	24 e 25/02/10	n/a	23/03/10	Uréia	70 kg/ha	via solo
LEM	12 e 13/11/09	única	07/12/09	Uréia	130 kg/ha	via solo

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não aplicado; Ép. = Época da aplicação.

3.4.3. SAFRA 2010/2011

APLICAÇÕES DE PRODUTOS QUÍMICOS NO PRÉ-PLANTIO

Em Dourados não foi realizada aplicação de herbicida pré-plantio, uma vez que se optou pelo plantio direto, após a colheita da soja. Nas outras localidades, apenas em Passo Fundo utilizou-se outro ingrediente ativo de herbicida, além de glifosato e 2,4-D, sendo este a combinação paraquat + diuron (Tabela 22). Em Campo Verde o produtor também realizou plantio direto, porém aplicou glifosato para dessecação da cultura anterior. Em nenhuma área foi necessária a aplicação de inseticida em pré-plantio, visando o controle de pragas iniciais do milho.

Tabela 22. Aplicação de herbicidas e outros produtos em pré-plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.

Áreas	Época	Herbicidas			Inseticidas		
		Datas	Produtos	Doses ¹ (g i.a./ha)	Datas	Produtos	Doses (g i.a./ha)
PFU	1ª	10/09/10	glifosato; 2,4-D	1.056; 1.209	-	-	-
	2ª	20/09/10	paraquat + diuron	400 + 200	-	-	-
ROL	única	25/09/10	glifosato; 2,4-D	1.080; 241,8	-	-	-
ARA	única	22/10/10	glifosato	2.160	-	-	-
DOU	-	-	-	-	-	-	-
CVE	única	11/02/11	glifosato	975	-	-	-
LEM	1ª	27/10/10	glifosato; 2,4-D	1.440; 670	-	-	-
	2ª	28/10/10	glifosato	720	-	-	-

PFU = Passo Fundo – RS; ROL = Rolândia – PR; ARA = Araguari – MG; DOU = Dourados – MS; CVE = Campo Verde – MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães – BA. n/a = não se aplica.

¹ Para a dose de 2,4-D e Glifosato, considerar a unidade grama de equivalente ácido por hectare (g e.a./ha)

TRATAMENTO DE SEMENTES

O milho plantado em todas as áreas teve suas sementes tratadas com a mistura comercial dos inseticidas imidacloprido e tiodicarbe, à exceção de Passo Fundo e Campo Verde (Tabela 23). Somente em Rolândia as sementes receberam tratamento com micronutrientes, juntamente com os defensivos. A área de Campo Verde foi a única onde o tratamento de sementes foi feito com fungicidas, além de inseticidas.

Tabela 23. Tratamento com fungicidas e inseticidas e adição de nutrientes nas sementes de milho utilizadas para o plantio nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.

Áreas	Tratamento de Sementes				
	Datas	Fungicidas e Inseticidas		Micronutrientes e Reguladores de Crescimento	
		Produtos	Doses (g i.a./100 kg sem.)	Formulação	Doses (mL/100 kg sem.)
PFU	30/09/10	fipronil	62,5	-	-
ROL	11 e 14/10/10	imidacloprido + tiodicarbe	247,5 + 742,5	Awaken	880
ARA	02/11/10	imidacloprido + tiodicarbe	53 + 158	-	-
DOU	16/03/11	imidacloprido + tiodicarbe	225 + 675	-	-
CVE	11/02/11	deltametrina; pirimifós-methyl; fludioxonil+metalaxyl-M	0,1; 2; 3,75+1,5	-	-
LEM	27/10/10	imidacloprido + tiodicarbe; tiofanato metílico + fipronil	52,5 + 157,5; 22,5 + 25	-	-

PFU = Passo Fundo – RS; ROL = Rolândia – PR; ARA = Araguari – MG; DOU = Dourados – MS; CVE = Campo Verde – MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães – BA.

ADUBAÇÕES PARA O PLANTIO

A adubação em Rolândia e Araguari foi efetuada exclusivamente no sulco de plantio (Tabela 24). Na área de Campo Verde, a adubação ocorreu somente em cobertura. Em Passo Fundo, o produtor realizou adubação em cobertura e no sulco de plantio. Somente em Dourados e Luís Eduardo Magalhães não foram realizadas complementações nutricionais visando o plantio da cultura do milho.

Tabela 24. Adubações realizadas para o plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.

Áreas	Época	Local	Adubação		
			Datas	Formulação	Doses (kg/ha)
PFU	1 ^a	cobertura	15/09/10	KCI	120
	2 ^a	sulco de plantio	30/09/10 e 01 e 02/10/10	DAP	230
ROL	única	sulco de plantio	25/09/10/	12-15-15 (NPK)	414
ARA	única	sulco de plantio	02 e 03/11/10	19-28-09 (NPK)	200
DOU	-	-	-	-	-
CVE	1 ^a	cobertura	03/03/11	KCI	100
	2 ^a	cobertura	11/03/11	Uréia	100
LEM	-	-	-	-	-

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não se aplica.

Plantio dos híbridos MON810 e convencionais

Na Tabela 25 são apresentados os espaçamentos, as densidades de semeadura, as datas de plantio e os híbridos de milho MON810 e convencionais utilizados nas áreas de monitoramento. Os híbridos de milho utilizados nas áreas de monitoramento foram fornecidos ao proprietário pela Monsanto do Brasil. Os critérios observados para escolha dos híbridos foram a adaptação à região e o registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Na Tabela 26 são apresentadas as principais características botânicas e agrônômicas dos híbridos de milho utilizados nas áreas de monitoramento. O plantio nas áreas de monitoramento de milho de safra ocorreu entre setembro e novembro de 2010 e, nas áreas de milho safrinha, entre fevereiro e março de 2011.

Tabela 25. Espaçamentos, densidades de semeadura e híbridos de milho MON810 e convencionais utilizados nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.

Áreas	Plantio					
	Espaçamento (m)	Densidade (sementes/m)	MON 810		Convencional	
			Datas de Plantio	Híbridos	Datas de Plantio	Híbridos
PFU	0,525	3,86	01 e 02/10/10	AG 8022 YG	30/09/10 e 01/10/10	AG 8025
ROL	0,800	5,4	14/10/10	DKB 390 YG	11/10/10	DKB 390
ARA	0,500	3,8	02/11/10	DKB 390 YG	03/11/10	DKB 390
DOU	0,45	2,6	16/03/11	DKB 390 YG	16/03/11	DKB 390
CVE	0,80	4,9	11/02/11	DKB 390 YG	12/02/11	DKB 390
LEM	0,55	4,0	27 e 28/10/10	DKB 390 YG	28/10/10	DKB 390

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA.

Tabela 26. Características agronômicas dos híbridos de milho MON810 e convencionais semeados nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.

Características Gerais	AG 8022 YG e AG 8025	DKB 390 YG e DKB 390
Ciclo	Superprecoce	Precoce
Ciclo Total (intervalo em dias)*	130 – 145	120 – 140
Folhas	Eretas	Semi-eretas
Quebramento	Resistente	Resistente
Acamamento	Resistente	Resistente
Porte da Planta	Médio	Alto
Inserção da Espiga	Média	Alta
Grão	Dentado Amarelo	Semi-duro; Amarelo-alaranjado
Densidade de Semeadura:		
Nº plantas/m*	3 a 5	3 a 5
População de Plantas:		
Nº plantas/ha*	65.000 a 72.000	55.000 a 70.000
Empalhamento	Excelente	Bom
Qualidade do colmo	Excelente	Ótima
Sistema Radicular	Excelente	Bom
Finalidade de Uso	Produção de Grãos	Produção de grãos

Fonte: Catálogo de Produtos – <www.sementesagroceres.com.br>;< www.dekalb.com.br>.

* As informações variam em função da região e da época do plantio.

Aplicação de herbicidas

Em Luís Eduardo Magalhães foram realizadas duas aplicações de herbicidas, enquanto que nas outras áreas a aplicação foi feita uma única vez (Tabela 27). Seis ingredientes ativos foram utilizados, sendo eles atrazina, diuron, nicosulfuron, paraquat, s-metolaclo-ro e tembotriona, sendo alguns deles utilizados de forma associada. A atrazina foi utilizada em todas as áreas, com exceção a Luís Eduardo Magalhães.

Tabela 27. Herbicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.

Área	Datas Plantio	Ép.	Herbicidas		
			Data	Produto	Dose (g i.a./ha)
PFU	30/09 e 01 e 02/10/10	única	30/10/10	atrazina; tembotriona	1.600; 75,6
ROL	11 e 14/10/10	única	01/11/10	atrazina	1.984
ARA	02 e 03/11/10	única	28/11/10	atrazina; tembotriona	1.500; 100,8
DOU	16/03/11	única	01/04/11	atrazina; atrazina; nicosulfuron	1.200; 1.200; 21,8
CVE	11 e 12/02/11	única	19/03/10	tembotriona; atrazina	96,6; 1.000
LEM	27 e 28/10/10	1 ^a	02/11/10	atrazina + s-metolaclo-ro; atrazina; paraquat + diuron	925 + 725; 750; 120 + 60
		2 ^a	22/11/10	nicosulfuron	20

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. Ép. = Época da aplicação

Aplicação de Inseticidas

A aplicação de inseticida no milho MON810 ocorreu em Araguari, Dourados e Luís Eduardo Magalhães (Tabela 28). Em todas as áreas foram realizadas aplicações no milho convencional, sendo Luís Eduardo Magalhães a área com maior número de aplicações, em cinco épocas. O ingrediente ativo mais utilizado nessas aplicações foi lambda-cialotrina.

Tabela 28. Inseticidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.

Área	Datas Plantio	Ép.	Inseticidas					
			MON 810			Convencional		
			Datas	Produtos	Doses (g i.a./ha)	Datas	Produtos	Doses (g i.a./ha)
PFU	30/09 e 01 e 02/10/10	única	-	-	-	30/10/10	cipermetrina	25
		1 ^a	-	-	-	01/11/10	lambda-cialotrina + tiametoxam; lufenuron	21,9 + 29,2; 16,6
ROL	11 e 14/10/10	2 ^a	-	-	-	09/11/10	metomil; novalurom	177,6; 20,6
		3 ^a	-	-	-	18/11/10	teflubenzuron; lambda-cialotrina	24,75; 62
		4 ^a	-	-	-	27/11/10	parationa metílica; novalurom	495,6; 20,6
		1 ^a	-	-	-	18/11/10	alfa-cipermetrina +teflubenzuron	15 +15
		2 ^a	-	-	-	04/12/10	lambda-cialotrina + clorantraniliprole	20 + 40
ARA	02 e 03/11/10	3 ^a	22/12/10	tiametoxam + lambda-cialotrina	28 + 21	22/12/10	tiametoxam + lambda-cialotrina	28 + 21
		1 ^a	01/04/11	tiametoxam + lambda-cialotrina	30,49 + 22,9	01/04/11	tiametoxam + lambda-cialotrina	30,49 + 22,9
DOU	16/03/11	1 ^a	01/04/11	tiametoxam + lambda-cialotrina	30,49 + 22,9	01/04/11	tiametoxam + lambda-cialotrina	30,49 + 22,9
		1 ^a	-	-	-	16/03/11	gama-cialotrina; lufenuron	4,95; 11,65
		1 ^a	02/11/10	clorpirifós	480	02/11/10	clorpirifós	480
CVE	11 e 12/02/11	2 ^a	-	-	-	18/11/10	teflubenzuron	30
		3 ^a	-	-	-	30/11/10	espinosade	48
		4 ^a	-	-	-	10/12/10	teflubenzuron	30
		5 ^a	-	-	-	31/12/10	clorantraniliprole	20
LEM	27 e 28/10/10	3 ^a	-	-	-	30/11/10	espinosade	48
		4 ^a	-	-	-	10/12/10	teflubenzuron	30
		5 ^a	-	-	-	31/12/10	clorantraniliprole	20

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não aplicado; Ép. = Época da aplicação

Aplicação de fungicidas

As únicas áreas com aplicações de fungicidas foram Rolândia, Araguari e Luís Eduardo Magalhães (Tabela 29). Nas duas primeiras áreas apenas uma aplicação foi

realizada, enquanto que na última foram realizadas em duas épocas. Em Rolândia foi utilizado enxofre apenas no milho convencional. Em Araguari e Luís Eduardo Magalhães foram utilizados a combinação de epoxiconazol e piraclostrobina.

Tabela 29. Fungicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.

Área	Datas Plantio	Ép.	Fungicidas		
			Data	Produto	Dose (g i.a./ha)
PFU	30/09 e 01 e 02/10/10	-	-	-	-
ROL	11 e 14/10/10	09/11/10	-	Enxofre ¹	800
ARA	02 e 03/11/10	1 ^a	22/12/10	epoxiconazol + piraclostrobina	38 + 100
DOU	16/03/11	-	-	-	-
CVE	11 e 12/02/11	-	-	-	-
LEM	27 e 28/10/10	1 ^a	20/12/10	epoxiconazol + piraclostrobina; carbendazin	25,0 + 66,5; 400
		2 ^a	31/12/10	epoxiconazol + piraclostrobina	25,0 + 66,5

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não aplicado; Ép. = Época da aplicação.

¹aplicação realizada somente no tratamento convencional.

Aplicação de nutrientes

As áreas de Dourados e Luís Eduardo Magalhães foram as únicas que não receberam aplicações de fertilizantes em cobertura (Tabela 30). O fertilizante mais empregado foi a uréia, com doses que variaram de 100 a 300 kg/ha. As aplicações ocorreram tanto na área cultivada com milho MON810 quanto na área cultivada com milho convencional.

Tabela 30. Aplicações de nutrientes nas áreas de estudo. Safra 2010/2011.

Área	Datas Plantio	Ép.	Adubação			
			Data	Formulação	Doses	Forma
PFU	30/09 e 01 e 02/10/10	1 ^a	10/11/10	Uréia	120 kg/ha	via solo
		2 ^a	16/11/10	Uréia	140 kg/ha	via solo
ROL	11 e 14/10/10	1 ^a	31/10/10	Uréia	300 kg/ha	via solo
		2 ^a	06/11/10	Uréia	300 kg/ha	via solo
ARA	02 e 03/11/10	única	18/11/10	Uréia	250 kg/ha	via solo
				Cloreto de Potássio	140 kg/ha	via solo
DOU	16/03/11	-	-	-	-	-
CVE	11 e 12/02/11	1 ^a	03/03/11	Cloreto de Potássio	100 kg/ha	via solo
		2 ^a	11/03/11	Uréia	100 kg/ha	via solo
LEM	27 e 28/10/10	-	-	-	-	-

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não aplicado; Ép. = Época da aplicação.

3.4.4. SAFRA 2011/2012

APLICAÇÃO DE HERBICIDAS E OUTROS PRODUTOS EM PRÉ-PLANTIO

As áreas de Rolândia, Campo Verde e Luís Eduardo Magalhães foram as que utilizaram outro ingrediente ativo de herbicida, além de glifosato, sendo clorimuron-etílico, dibrometo de diquate e clorpirifós, respectivamente (Figura 31). Em nenhuma área foi necessária a aplicação de inseticida em pré-plantio visando o controle de pragas iniciais do milho.

Tabela 31. Aplicação de herbicidas e outros produtos em pré-plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.

Áreas	Época	Herbicidas			Inseticidas		
		Datas	Produtos	Doses ¹ (g i.a./ha)	Datas	Produtos	Doses (g i.a./ha)
PFU	única	08/09/2011	glifosato	1.056,0	-	-	-
ROL	única	17/10/2011	glifosato; clorimuron- etilico	1.224,0; 2,0	-	-	-
ARA	única	15/11/2011	glifosato	2.160,0	-	-	-
DOU	única	21/02/2012	glifosato	650,0	-	-	-
CVE	única	11/02/2012	glifosato; dibrometo de diquate	975,0; 200,0	-	-	-
LEM	única	30/11/2011	glifosato; clorpirifós	1.300,0; 480,0	-	-	-

PFU = Passo Fundo – RS; ROL = Rolândia – PR; ARA = Araguari – MG; DOU = Dourados – MS; CVE = Campo Verde – MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães – BA. n/a = não se aplica.

¹ Para a dose de 2,4-D e Glifosato, considerar a unidade grama de equivalente ácido por hectare (g e.a./ha)

TRATAMENTO DE SEMENTES

Os milhos plantados em Araguari e Luís Eduardo Magalhães tiveram suas sementes tratadas com a mistura comercial dos inseticidas imidacloprido e tiodicarbe (Tabela 32). Em Passo Fundo foram utilizados o fipronil e a mistura comercial de carboxina e tiram para o tratamento de sementes. Em Dourados foi utilizado o inseticida tiametoxan.

A área de Campo Verde foi a única onde o tratamento de sementes foi feito com fungicidas, além de inseticidas. Nessa área foram utilizados os inseticidas deltametrina e pirimifós-methyl, e também a mistura comercial dos fungicidas fludioxonil e metalaxyl-M. Somente em Rolândia as sementes receberam tratamento com macro e micronutrientes, juntamente com os inseticidas tiametoxan e fipronil.

Tabela 32. Tratamento com fungicidas e inseticidas e adição de nutrientes nas sementes de milho utilizadas para o plantio nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.

Áreas	Tratamento de Sementes				
	Datas	Fungicidas e Inseticidas		Micronutrientes e Reguladores de Crescimento	
		Produtos	Doses (g i.a./100 kg sem.)	Formulação	Doses (mL/100 kg sem.)
PFU	29/09/2011	fipronil; carboxina+tiram	50,0; 50,0+50,0	-	-
ROL	19/10/2011	tiametoxan; fipronil	210,0; 100,0	Awaken (N - 16,0%, Zn - 3,53%, Mn - 0,15%, Fe - 0,15%, B - 0,02%, Cu - 0,15%)	800
ARA	17/11/2011	imidacloprido+tiodicarbe	53,0+158,0	-	-
DOU	21/02/2012	tiametoxan	87,5	-	-
CVE	22/02/2012	deltametrina; pirimifós-methyl; fludioxonil+metalaxyl-M	0,1; 2,0; 3,75+1,5	-	-
LEM	01/12/2011	imidacloprido+tiodicarbe	52,5+157,5	-	-

PFU = Passo Fundo – RS; ROL = Rolândia – PR; ARA = Araguari – MG; DOU = Dourados – MS; CVE = Campo Verde – MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães – BA. n/a = não se aplica

ADUBAÇÃO PARA O PLANTIO

A adubação em Rolândia, Araguari, Dourados e Campo Verde foi efetuada exclusivamente no sulco de plantio (Tabela 33). Já em Passo Fundo, o produtor realizou adubação em cobertura e no sulco de plantio. Em Luís Eduardo Magalhães foi realizada uma adubação em área total com superfosfato simples.

Tabela 33. Adubações no plantio do milho nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.

Áreas	Época	Local	Adubação		
			Datas	Formulação	Doses (kg/ha)
PFU	1 ^a	área total	20/08/2011	KCI	150
	2 ^a	sulco de plantio	29 e 30/09/11	08-40-00	250
ROL	única	sulco de plantio	19 e 20/10/11	14-15-15 (NPK)	250
ARA	única	sulco de plantio	17 e 18/11/11	19-28-09 (NPK)	200
DOU	única	sulco de plantio	21/02/2012	11-15-15 (NPK)	200
CVE	única	sulco de plantio	20/02/2012	14-34-00 (NPK)	120
LEM	única	área total	18/10/2011	Superfosfato simples - 18% de P ₂ O ₅ , 16% de Cálcio (Ca) e 8% de Enxofre (S)	600

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não se aplica.

PLANTIO DOS HÍBRIDOS MON810 E CONVENCIONAIS

Os híbridos de milho utilizados nas áreas de monitoramento foram fornecidos ao proprietário pela Monsanto do Brasil. Os critérios observados para escolha dos híbridos foram a adaptação à região e o registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Tabela 34).

O plantio nas áreas de monitoramento de milho de safra ocorreu entre setembro e novembro de 2011 e, nas áreas de milho safrinha, em fevereiro de 2012 (Tabela 35).

Tabela 34. Espaçamentos, densidades de semeadura e híbridos de milho MON810 e convencionais utilizados nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.

Áreas	Espaçamento (m)	Densidade (sementes/m)	Plantio			
			MON 810		Convencional	
			Datas de Plantio	Híbridos	Datas de Plantio	Híbridos
PFU	0,5	3,8	30/09/2011	AG 8022 YG	29/09/2011	AS 1551
ROL	0,8	5,3	20/10/2011	DKB 390 YG	19/10/2011	DKB 390
ARA	0,5	3,5	17/11/2011	DKB 390 YG	18/11/2011	DKB 390
DOU	0,45	2,45	21/02/2012	DKB 390 YG	21/02/2012	DKB 390
CVE	0,8	4,8	20/02/2012	DKB 390 YG	20 e 21/02/2011	DKB 390
LEM	0,55	4	05/12/2011	DKB 390 YG	02/12/2011	DKB 390

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA.

Tabela 35. Características agrônômicas dos híbridos de milho MON810 e convencionais semeados nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.

Características Gerais	AG 8022 YG	AS 1551	DKB 390 YG e DKB 390
Ciclo	Super Precoce	Super Precoce	Precoce
Ciclo Total (intervalo em dias)*	130 – 145	135 – 150	120 – 140
Folhas	Eretas	Eretas	Semi-eretas
Quebramento	Resistente	Resistente	Resistente
Acamamento	Resistente	Resistente	Resistente
Porte da Planta	Médio	Baixo	Alto
Inserção da Espiga	Média	Baixa	Alta
Grão	Dentado Amarelo	Semi-duro; Amarelado	Semi-duro; Amarelo-alaranjado
Densidade de Semeadura:			
Nº plantas/m*	3 a 5	3,3 a 4,8	3 a 5
População de Plantas:			
Nº plantas/ha*	65.000 a 72.000	60.000 a 72.000	55.000 a 70.000
Empalhamento	Excelente	Bom	Bom
Qualidade do colmo	Excelente	Excelente	Ótima
Sistema Radicular	Excelente	Excelente	Bom
Finalidade de Uso	Produção de grãos	Produção de grãos; Silagem de grãos úmidos	Produção de grãos

Fonte: Catálogo de Produtos – <www.sementesagroceres.com.br>; <www.dekalb.com.br>. * As informações variam em função da região e da época do plantio.

APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Em todas as localidades foi realizada apenas uma aplicação de herbicida (Tabela 36). Quatro ingredientes ativos foram utilizados, sendo eles atrazina, mesotrione, tembotriona e nicosulfuron. A atrazina foi utilizada em todas as áreas.

Tabela 36. Herbicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.

Área	Datas Plantio	Ép.	Herbicidas		
			Data	Produto	Dose (g i.a./ha)
PFU	29 e 30/09/2011	única	17/10/2011	atrazina; tembotriona	1.600; 75,6
ROL	19 e 20/10/2011	única	19/11/2011	atrazina; mesotrione	1.652; 59,47
ARA	17 e 18/11/2011	única	09/12/2011	atrazina; tembotriona	2000; 58,8
DOU	21/02/2012	única	16/03/2012	atrazina	1200,0
CVE	20 e 21/02/2011	única	15/03/2012	tembotriona; atrazina	100,8 + 1.250
LEM	05/12/2011	única	30/12/11	atrazina; nicosulfuron	1.000; 20,0

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. Ép. = Época da aplicação

APLICAÇÃO DE INSETICIDAS

Nenhuma aplicação de inseticida foi realizada nas áreas de Passo Fundo, Dourados e em Campo Verde, seja nos tratamentos MON810 ou convencional (Tabela 37). A aplicação de inseticida no tratamento MON810 ocorreu em Rolândia, Araguari e Luís Eduardo Magalhães.

A área convencional de Luís Eduardo Magalhães foi a que recebeu o maior número de aplicações (cinco aplicações). Os ingredientes ativos utilizados foram lufenuron, parationa-metílica, clorpirifós, teflubenzuron, clorantraniliprole e metomil, e a mistura comercial lambda-cialotrina + clorantraniliprole.

Tabela 37. Inseticidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.

Área	Datas Plantio	Época	Inseticidas					
			MON 810			Convencional		
			Datas	Produtos	Doses (g i.a./ha)	Datas	Produtos	Doses (g i.a./ha)
PFU	29 e 30/09/2011	-	-	-	-	-	-	-
		1 ^a	02/12/2011	parationa- metflica	557,82	19/11/2011	lufenurom	20,66
ROL	19 e 20/10/2011	2 ^a	-	-	-	01/12/2011	parationa- metflica; lambda- cialotrina+ clorraniliprole	557,82; 6,87+13,27
		3 ^a	-	-	-	05/12/2011	clorpirifós	595,0
ARA	17 e 18/11/2011	1 ^a	09/12/2011	lambda- cialotrina + clorraniliprole	12,5 + 25,0	09/12/2011	lambda- cialotrina + clorraniliprole	12,5 + 25,0
		2 ^a	20/12/2011	lambda- cialotrina + clorraniliprole	12,5 + 25,0	20/12/2011	lambda- cialotrina + clorraniliprole	12,5 + 25,0
DOU	21/02/2012	-	-	-	-	-	-	-
CVE	20 e 21/02/2011	-	-	-	-	-	-	-
		1 ^a	30/12/2011	clorraniliprole	20,0	23/12/2011	teflubenzuron	37,5
		2 ^a	21/01/2012	clorraniliprole	20,0	30/12/2011	clorraniliprole	20,0
LEM	05/12/2011	3 ^a	-	-	-	04/12/2011	metomil	301,0
		4 ^a	-	-	-	13/01/2012	metomil; teflubenzuron	21,0; 45,0
		5 ^a	-	-	-	21/01/2012	clorraniliprole	20,0

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA.

APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS

As únicas áreas com aplicações de fungicidas foram Campo Verde, Araguari e Luís Eduardo Magalhães (Tabela 38). Na primeira área apenas uma aplicação foi realizada, enquanto que nas outras duas áreas foram realizadas em duas épocas. Nessas áreas foi utilizada principalmente a combinação de epoxiconazol e piraclostrobina.

Tabela 38. Fungicidas aplicados nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.

Área	Datas Plantio	Época	Fungicidas		
			Data	Produto	Dose (g i.a./ha)
PFU	29 e 30/09/2011	-	-	-	-
ROL	19 e 20/10/2011	-	-	-	-
ARA	17 e 18/11/2011	1 ^a	18/01/2012	epoxiconazol + piraclostrobina	62,5 + 85,0
		2 ^a	07/02/2012	epoxiconazol + piraclostrobina	62,5 + 85,0
DOU	21/02/2012	-	-	-	-
CVE	20 e 21/02/2011	única	09/04/2012	picoxystrobina + ciproconazol	80,0 + 32,0
LEM	05/12/2011	1 ^a	21/01/2012	piraclostrobina + epoxiconazol	66,5 + 25
		2 ^a	10/02/2012	epoxiconazol + piraclostrobina	66,5 + 25

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não aplicado; Ép. = Época da aplicação

¹aplicação realizada somente no tratamento convencional.

APLICAÇÃO DE NUTRIENTES

A área de Dourados foi a única que não recebeu aplicação de fertilizante em cobertura (Tabela 39). O fertilizante mais empregado foi a uréia, com doses que variaram de 100 a 300 kg/ha. As aplicações de nutrientes ocorreram tanto na área cultivada com milho MON810 quanto na área cultivada com milho convencional.

Tabela 39. Aplicações de nutrientes nas áreas de estudo. Safra 2011/2012.

Área	Datas Plantio	Ép.	Adubação			
			Data	Formulação	Doses	Forma
PFU	29 e 30/09/2011	1 ^a	24/10/2011	Uréia	150 kg/ha	via solo
		2 ^a	11/11/2011	Uréia	150 kg/ha	via solo
ROL	19 e 20/10/2011	1 ^a	14/11/2011	Uréia	206,6 kg/ha	via solo
				Uréia	250 kg/ha	via solo
ARA	17 e 18/11/2011	única	01/12/2012	Cloreto de Potássio; Uréia	180; 300 kg/ha	via solo
DOU	21/02/2012	-	-	-	-	-
CVE	20 e 21/02/2011	1 ^a	20/02/2012	14-34-00 (NPK)	120 kg/ha	via solo
		2 ^a	05/04/2012	Uréia	100 kg/ha	via solo
LEM	05/12/2011	única	12/12/2011	Cloreto de Potássio; YaraBela (27% de N-total, 4% de Ca e 2% de Mg)	220; 460 kg/ha	via solo

PFU = Passo Fundo-RS; ROL = Rolândia-PR; ARA = Araguari-MG; DOU = Dourados-MS; CVE = Campo Verde-MT; LEM = Luís Eduardo Magalhães-BA. n/a = não aplicado; Ép. = Época da aplicação.

3.5. AMOSTRAGEM E IDENTIFICAÇÃO

Os períodos de amostragem dos artrópodes não alvo foram determinados anualmente em três épocas convencionalmente denominadas como: desenvolvimento vegetativo do milho; florescimento do milho; e desenvolvimento dos grãos do milho. Estas épocas de amostragem corresponderam a aproximadamente 30, 45 e 60 dias após a emergência do milho, respectivamente (Figura 14).

Para monitorar artrópodes de solo, em cada área de estudo e data de coleta, uma amostra de solo foi obtida de cada parcela dos milhos MON810 e convencional. Cada amostra foi composta de 50 sub-amostras (0 a 15 cm de profundidade) coletadas com um trado manual em cinco pontos previamente demarcados, de modo a se obter

distribuição homogênea com a amostragem da parcela. As subamostras foram distribuídas dentro de um raio de 20 metros. A quantidade final da amostra homogeneizada por parcela foi de aproximadamente 2 kg. As amostras foram embaladas em sacos plásticos, para evitar a desidratação e mantidas refrigeradas em caixas térmicas (8°C-15°C), evitando altas temperaturas no transporte até ao laboratório.

Além disso, para monitorar os artrópodes da camada epígea foram realizadas amostragens com Pitfall e para monitorar os artrópodes da parte aérea foram utilizadas Bandejas Amarelas. Para isso, em cada área, cinco de cada uma dessas armadilhas foram posicionadas dentro de um raio de 20 metros de cada ponto. Todas as armadilhas permaneceram na área por um período de 24 horas. Nos recipientes das armadilhas foram adicionados solução de detergente e água à 1-2%. Todos os artrópodes coletados em cada armadilha para cada método de coleta foram reunidos em uma única embalagem contendo álcool 70%.

Após as coletas, as amostras foram enviadas para o Laboratório de Identificação de Artrópodes da SGS Gravena em Jaboticabal-SP. No laboratório, as amostras de solo foram imediatamente submetidas ao método de Berlese-Tullgren modificado. Os artrópodes coletados em todos os métodos de amostragem propostos foram separados e identificados em diferentes táxons nesse mesmo laboratório. Os artrópodes aqui considerados não incluíram contagem de ninfas e ovos ou partes de corpos dos artrópodes.

3.6. ANÁLISE DOS DADOS

3.6.1. TAXONS E GUILDAS

Todos os artrópodes encontrados durante os períodos de avaliação foram agrupados em grupos representativos, dando ênfase em táxons importantes ecologicamente e ou abundantes. Os táxons representativos foram comparados pelas taxas de frequência entre os sistemas de manejo de milho avaliado.

Os grupos representativos foram sumarizados considerando todos os locais e safras agrícolas, comparando-se apenas os sistemas de manejo milho MON810 e convencional, foram categorizados através de guildas tróficas, que seria um grupo de espécies, usualmente dentro de um mesmo táxon, que habitam certo local. Além disso, estes usam a mesma classe de recursos, com possibilidade de forragearem de modo diferenciado (SIMBERLOFF; DAYAN, 1991). Após a categorização em guildas, os dados foram comparados através de análise de variância com um fator, comparando as médias por teste F a 5% de probabilidade.

3.6.2. PARÂMETROS ECOLÓGICOS

O modelo linear generalizado (GLM) foi aplicado, por ser procedimento ANOVA, no qual os cálculos foram efetuados usando uma regressão de mínimos quadrados para descrever a relação estatística entre um ou mais preditores e uma variável de resposta contínua. Assim, através do modelo GLM foi possível fazer a comparação das médias entre os sistemas de manejos em relação aos artrópodes não alvo, sendo considerada a sumarização das safras consecutivas, separadamente por local e época de avaliação. O software utilizado foi o Statistica (Statsoft, 2011).

O mesmo modelo foi aplicado após a obtenção dos valores dos parâmetros ecológicos da comunidade de artrópodes: riqueza (S), abundância (N), diversidade de Shannon (H') e diversidade de Simpson (D'). A análise de variância (ANOVA) com dois fatores apresentou as médias associadas aos graus de liberdade (df), usando como fatores o estágio de desenvolvimento da planta (30, 45, e 60 dias após emergência), o tipo de manejo (milho MON810 e convencional) e a abundância total de artrópodes. As médias foram comparadas com teste F a 5% de probabilidade.

Os parâmetros ecológicos foram considerados pela riqueza, abundância, diversidade de Shannon, e de Simpson, através do software Dives – Diversidade de Espécies v.2 (RODRIGUES, 2005).

3.6.3. COMPOSIÇÃO DOS TÁXONS ENTRE OS CULTIVOS DE MILHO MON810 E CONVENCIONAL E EM CADA LOCALIDADE DO ESTUDO

Os táxons encontrados foram analisados quanto a composição em cada localidade avaliada. Para esta abordagem foi utilizada a análise exploratória multivariada como iniciativa de sumarização dos resultados, permitindo o entendimento da multilinearidade da comunidade de artrópodes não alvo em um padrão linear.

A análise de agrupamento e métodos de ordenação foram realizados, permitindo estabelecer relação entre a composição da amostra nos diferentes tipos de habitats (MATTONI et al., 2000). Estes tipos de habitats são os diferentes tipos de manejo, milho MON810 e convencional, entre as localidades em estudo.

A análise de agrupamento permitiu construir dendrograma que sumarizou na matriz de covariância a abundância dos artrópodes entre os cultivos milho MON810 e convencional, sendo que a força deste método nos permitiu identificar grupos de artrópodes correlacionados aos aos cultivos avaliados, sem nenhum viés no que diz respeito as características dos artrópodes (JOHNSON; AGRAWAL, 2007). No proceder da análise, adotamos a padronização pela média da abundância dos milhos em cada taxon (cases). A amalgamação utilizada foi pelo método de Ward e a distância entre os agrupamentos foi a distância euclidiana. O método de Ward minimiza a variância das correlações entre os táxons e maximiza a variância entre os agrupamentos (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998).

A análise de componentes principais (PCA) também foi empregada para a análise de comunidade ou como análise de gradiente (LEPŠ; ŠMILAUER, 2003). Deste modo pode-se relacionar a associação da comunidade de artrópodes não alvo com os respectivos cultivos avaliados nas diferentes localidades. O software utilizado para a análise foi o Statistica 11.0 (StatSoft Inc.2011).

3.6.4. ANÁLISE TEMPORAL (CURVA DE RESPOSTA PRINCIPAL) SOBRE A COMUNIDADE DE ARTRÓPODES NÃO ALVO

O método da técnica multivariada da principal curva resposta (PRC) (VAN DEN BRINK; TER BRAAK, 1998, 1999) foi utilizado para avaliar a extensão de supostas diferenças entre cada estágio fenológico e safras consecutivas no comparativo entre os dois sistemas de cultivos avaliados, milho MON810 e convencional.

Essa técnica multivariada PRC foi calculada através do software CANOCO 5 (TER BRAAK; SMILAUER, 2012). A PRC representa um gradiente direto em modelo de distribuição linear baseada na análise redundante (RDA) (VAN DEN BRINK; TER BRAAK, 1999). Tomando como resultado deste método, pode haver uma ou mais curvas respostas, representando trajetórias no tempo da composição da comunidade de cada tratamento experimental. No estudo, o eixo x representa o tempo, e o eixo y o coeficiente PRC (Cdt) para cada tratamento experimental. A técnica permitiu avaliar a estrutura dos grupos de artrópodes, deste modo avaliando o impacto do milho MON810 sobre os artrópodes não alvo durante o tempo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. TÁXONS E GUILDAS

Os artrópodes amostrados foram atribuídos a grupos representativos e/ou importantes ecologicamente (ex. predadores – carabidae), considerando todas as safras e áreas avaliadas (Figura 14). Durante todo estudo, 33 táxons foram encontrados nos milhos MON810 e convencional, sendo Aphididae (Hemiptera), Apidae (Hymenoptera), Araneae, *Astylus variegatus* (Germar) (Coleoptera: Melyridae), Carabidae (Coleoptera), Chloropidae (Diptera), Chrysomelidae (Coleoptera), Cicadellidae (Hemiptera), Coccinellidae (Coleoptera), Collembola, Coreidae (Hemiptera), Diplopoda, Dolichopodidae (Diptera), *Doruluteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae), *Dorymyrmex* sp. (Hymenoptera: Formicidae), Drosophilidae (Diptera), *Euxesta* spp. (Diptera: Ulididae), *Hemerobius* sp. (Neuroptera: Hemerobiidae), Ichneumonoidea (Hymenoptera), Mesostigamata (Acari), Mycetophilidae (Diptera), Nitidulidae (Coleoptera), Oribatida (Acari), *Pheidole* spp. (Hymenoptera: Formicidae), Phoridae (Diptera), Pompilidae (Hymenoptera), Sarcophagidae (Diptera), Scarabaeidae (Coleoptera), Sciaridae (Diptera), *Solenopsis* spp. (Hymenoptera: Formicidae), Staphylinidae (Coleoptera), Syrphidae (Diptera) e Tachinidae (Diptera).

De modo geral as porcentagens observadas para os táxons foram similares entre os sistemas de manejo avaliados. Destaque para as frequências de *A. variegatus*, Ichneumonoidea e Sciaridae que foram maiores no milho convencional enquanto que Collembola e *Solenopsis* spp. foram maiores no milho MON810.

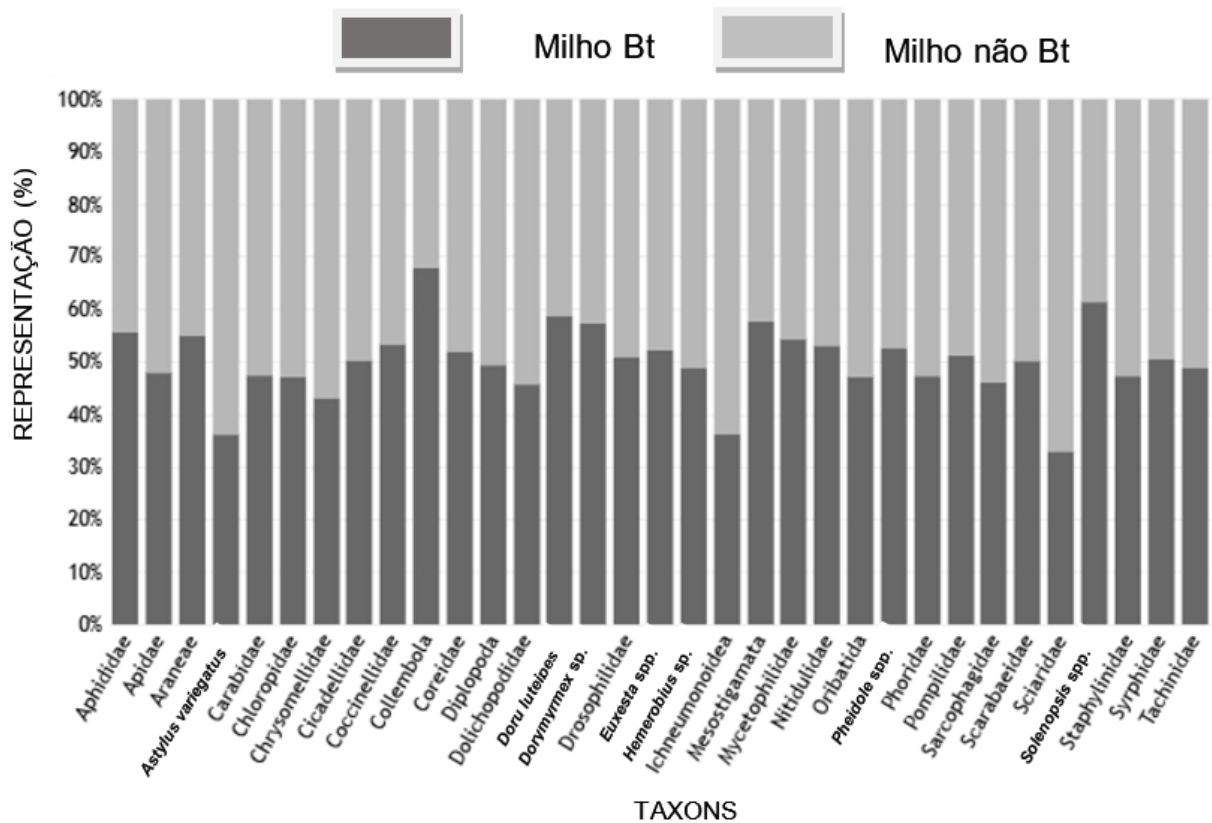


Figura 14. Frequência dos grupos representativos e/ou importantes ecologicamente entre os milhos MON810 (*Bt*) e convencional (*não Bt*) durante as três safras consecutivas (2010-2012), em Araguari-MG, Campo Verde-MT, Dourados-MS, Luis Eduardo Magalhães-BA, Passo Fundo-RS e Rolândia-PR.

Em Passo Fundo, os artrópodes Chrysomelidae, Drosophilidae, Dolichopodidae e Sciaridae diferiram entre os milhos MON810 e convencional (Figura 15). Os Dolichopodidae são predadores, inclusive de instares iniciais de imaturos de Lepidoptera (ULRICH, 2005) e foram mais abundantes no milho convencional. Essa constatação pode estar associada a uma maior presença de imaturos de lepidópteros-praga no milho convencional comparado ao milho MON810. Além disso, o forrageamento de imaturos desses lepidópteros-praga, com liberação do excremento, pode atrair mais as moscas detritívoras como Drosophilidae e Sciaridae. Este caso explica o fato do milho convencional também apresentar maiores números destes dois táxons. Guo et al. (2014) também verificaram maior abundância de Drosophilidae no milho convencional, sem, no entanto, ter explorado este fato.

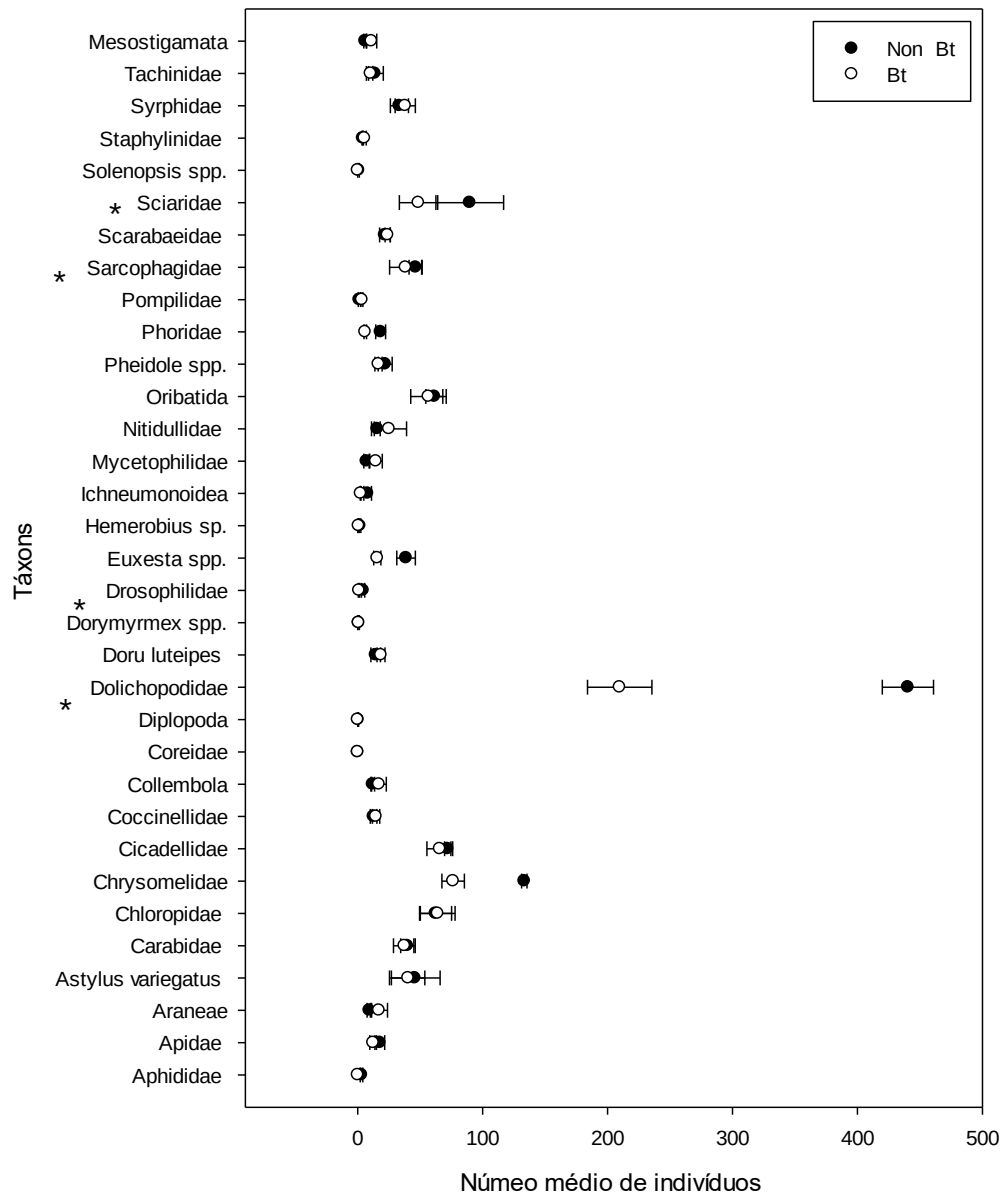


Figura 15. Número médio ($\pm$ EPM) dos 33 táxons selecionados entre os milhos MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*) na área de Passo Fundo-RS, considerando todo período de avaliação. Diferenças significativas foram marcadas com * segundo ANOVA $p < 0.05$ (*).

Os herbívoros Chrysomelidae também foram encontrados em maior abundância no milho convencional. Isto permite hipotetizar que a suposta injúria dos lepidópteros alvo pode ter mediado a atratividade do herbívoro não alvo pelo dano ocasionado no milho convencional. O odor liberado por plantas hospedeiras danificadas frequentemente diferem qualitativamente e quantitativamente das plantas não danificadas e desta maneira já foi demonstrado que vários crisomélídeos se orientam

preferencialmente em direção às plantas danificadas (VET; DICKE, 1992; FERNANDEZ; HILKER, 2007).

Em Dourados, os artrópodes Araneae, Mycetophilidae, Phoridae e Pompilidae diferiram entre os cultivos de milho MON810 e convencional (Figura 16). As aranhas (Araneae) e as moscas Mycetophilidae foram mais abundantes no milho MON810. Esses artrópodes são predadores e podem ter sido favorecidos pelo menor número de aplicações no milho MON 810. Em contraste, na mesma localidade, vespas da família Pompilidae, também predadoras, tiveram maior ocorrência no milho convencional.

No geral, considera-se que aranhas são mais sensíveis do que outros artrópodes a alguns inseticidas como piretróides, organofosforados e carbamatos (EL-WAKEIL et al., 2013). Sendo assim, elas podem ter sido mais afetadas pelos produtos químicos. Já as espécies de Pompilidae apresentam diferentes estratégias de predação nos diferentes microhabitats (FINCH, 1997) e a redução de competição interespecífica provocada pelos produtos químicos poderia favorecer o aumento desses predadores (PRASIFKA et al., 2008), como ocorreu no milho convencional. Como exemplo disso, em outros estudos de campo, predadores da família Carabidae aumentaram após aplicações de inseticidas (BEL'SKAYA et al., 2002; LOPEZ et al., 2006). Além disso, não se deve descartar a possibilidade de que algumas espécies de Pompilidae podem ser menos susceptíveis aos inseticidas utilizados no estudo.

Moscas da família Phoridae também foram mais abundantes no milho convencional em Dourados. Essas moscas, por exemplo *Megaselia scalaris* (Loew) (Diptera:Phoridae), são predadoras de vários artrópodes, inclusive de lepidópteros da família Noctuidae (MALLOCH, 1912; CREIGHTON, 1936; ENDERLEIN, 1929; LEVER, 1944). A possível maior abundância de lepidópteros praga no milho convencional pode ter favorecido as populações de Phoridae.

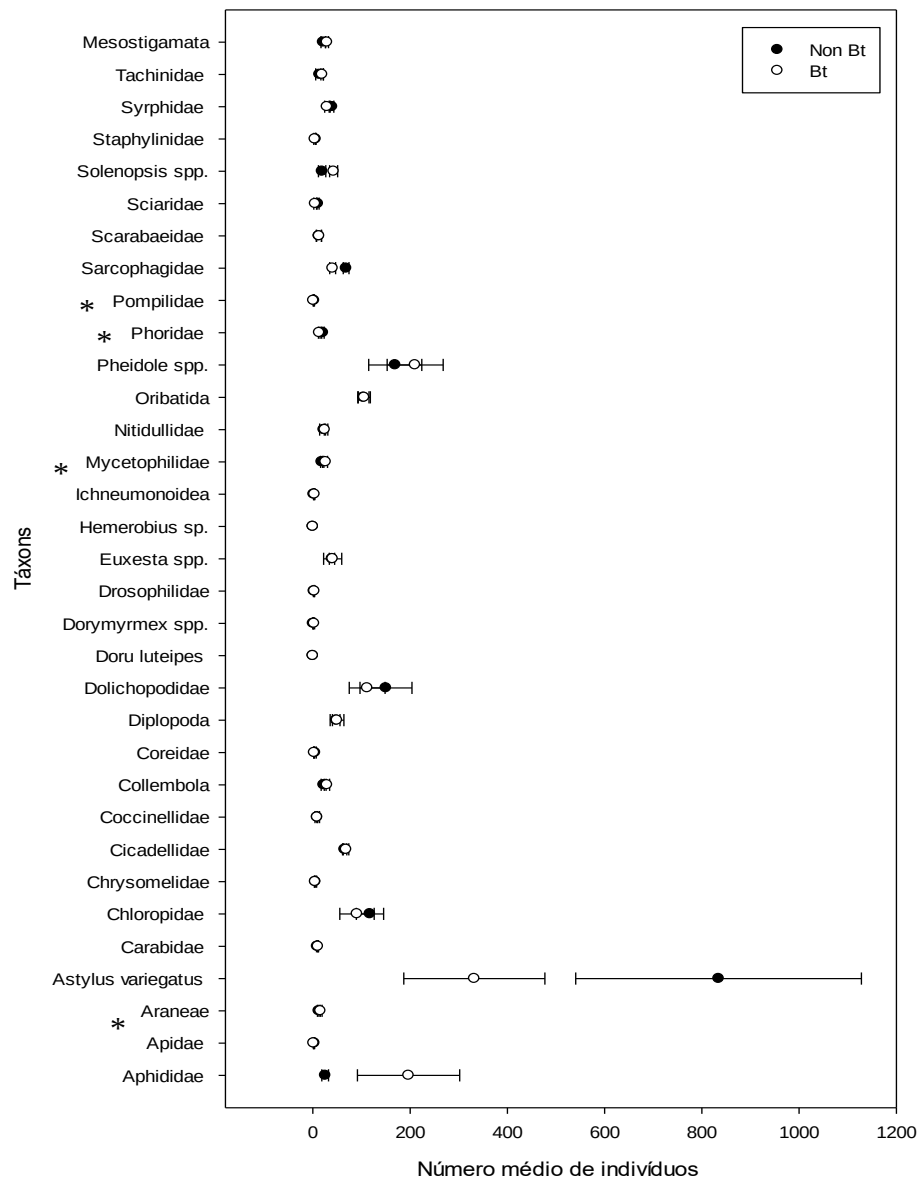


Figura 16. Número médio ($\pm$ EPM) dos 33 táxons selecionados entre os milhos MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*) na área de Dourados-MS, considerando todo período de avaliação. Diferenças significativas foram marcadas com * segundo ANOVA $p < 0.05$ (*).

Em Araguari as diferenças foram observadas para os táxons Mycetophilidae e Sarcophagidae, sendo mais abundantes no milho MON810 (Figura 17). Os insetos dessas famílias geralmente também são detritívoros e atraídos por materiais em decomposição (ØKLAND, 1994). A maior abundância no milho MON810 contrapõe com as observações de Passo Fundo. No entanto, deve ser ressaltado que a quantidade de

aplicações de inseticidas no milho convencional em Araguari foi oito vezes maior do que a utilizada em Passo Fundo, o que pode ter afetado as populações desses artópodes.

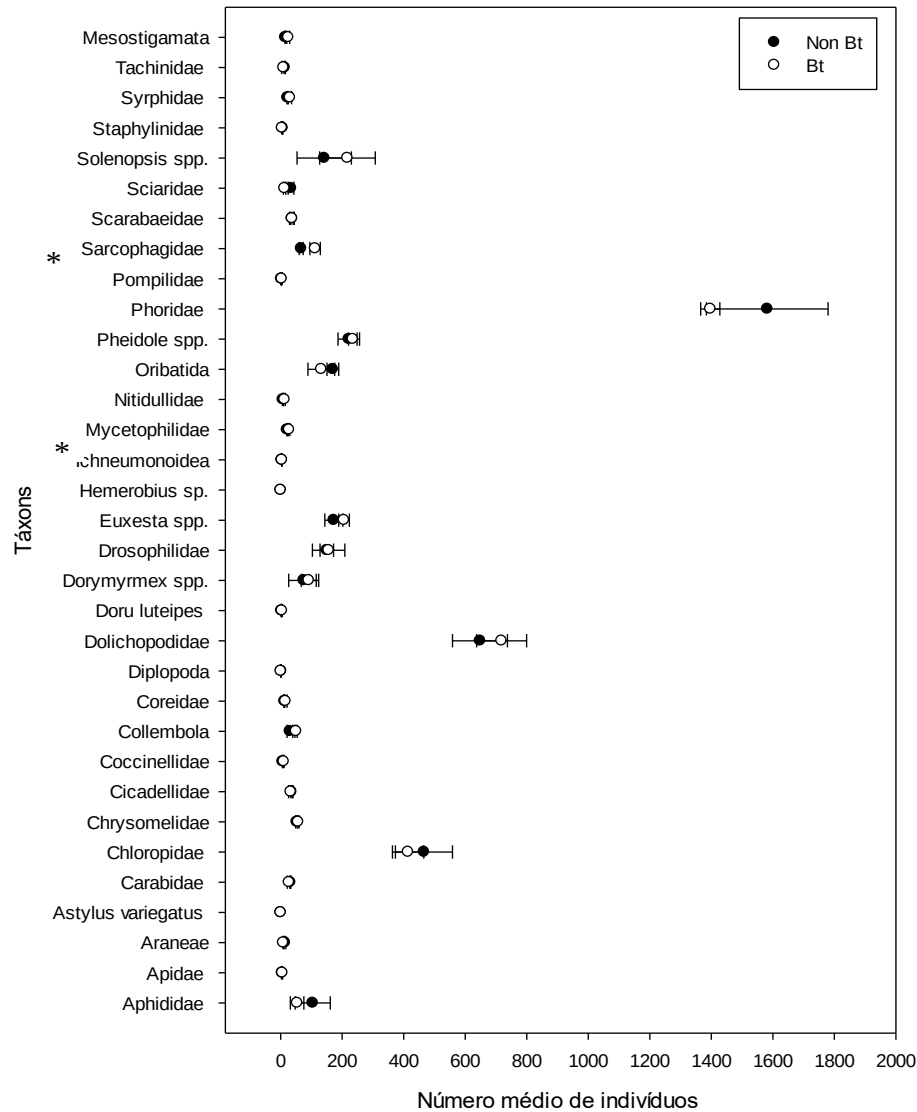


Figura 17. Número médio ($\pm$ EPM) dos 33 táxons selecionados entre os milhos MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*) na área de Araguari-MG, considerando todo período de avaliação. Diferenças significativas foram marcadas com * segundo ANOVA $p < 0.05$ (*).

Os taxons Chloropidae e Sarcophagidae foram distintos para os milhos avaliados na área de Luis Eduardo Magalhães (Figura 18). Em relação a maior abundância de

Sarcophagidae, insetos detritívoros, no milho convencional, podemos sugerir o mesmo do que aconteceu com Drosophilidae e Sciaridae em Passo Fundo.

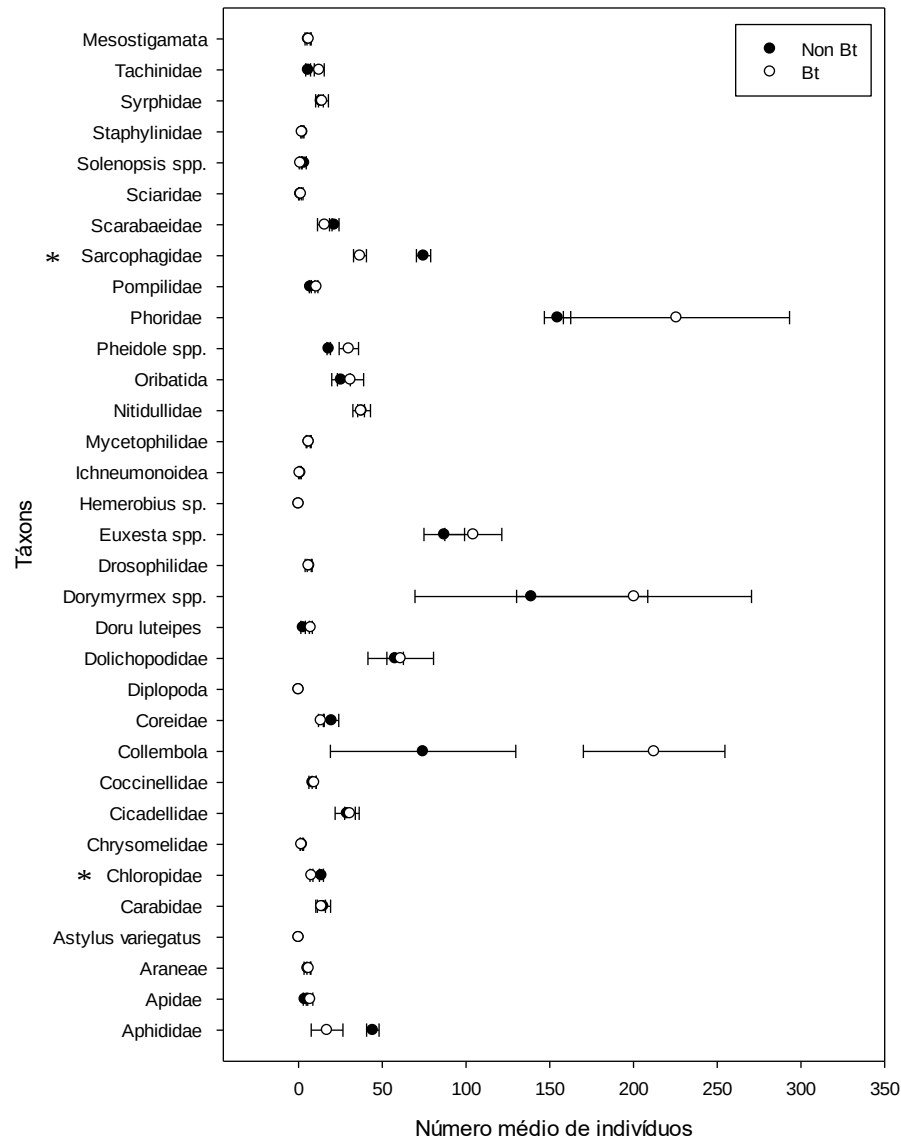


Figura 18. Número médio ($\pm$ EPM) dos 33 táxons selecionados entre os milhos MON810 (Bt) e convencional (Non Bt) na área de Luis Eduardo Magalhães-BA, considerando todo período de avaliação. Diferenças significativas foram marcadas com * segundo ANOVA $p < 0.05$ (*).

Os herbívoros Chloropidae também foram encontrados em maior abundância no milho convencional. Isto permite hipotetizar o mesmo que ocorre para os Chrysomelidae em Passo Fundo. Compostos voláteis emitidos por plantas injuriadas e como defesa

contra herbívoros Hartmann; Ober (2000) podem se relacionar com a atração de Chloropidae. Estas moscas são atraídas por esses compostos secretados por plantas recém danificadas (BOPPRÉ; PITKIN, 1998).

Em Rolândia (Figura 19) e Campo Verde (Figura 20) não ocorreram diferenças entre os indivíduos coletados nos milhos MON810 e convencional.

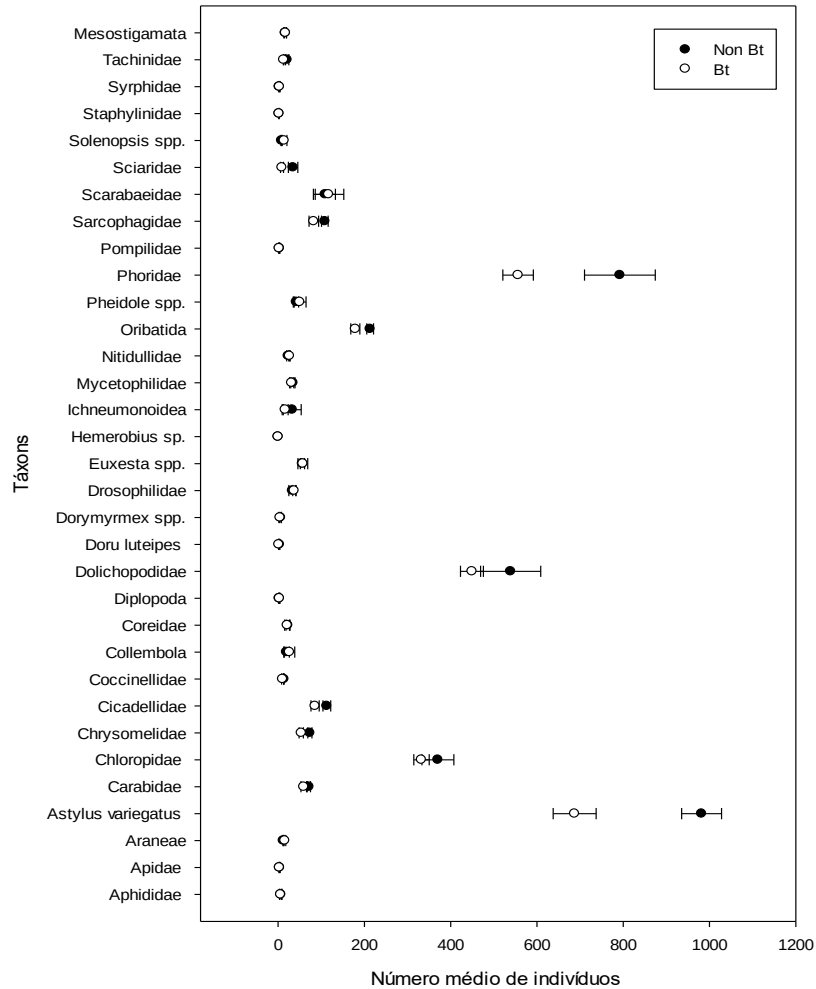


Figura 19. Número médio ($\pm$ EPM) dos 33 táxons selecionados entre os milhos MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*) na área de Rolândia-PR, considerando todo período de avaliação. Diferenças significativas foram marcadas com * segundo ANOVA $p < 0.05$ (*).

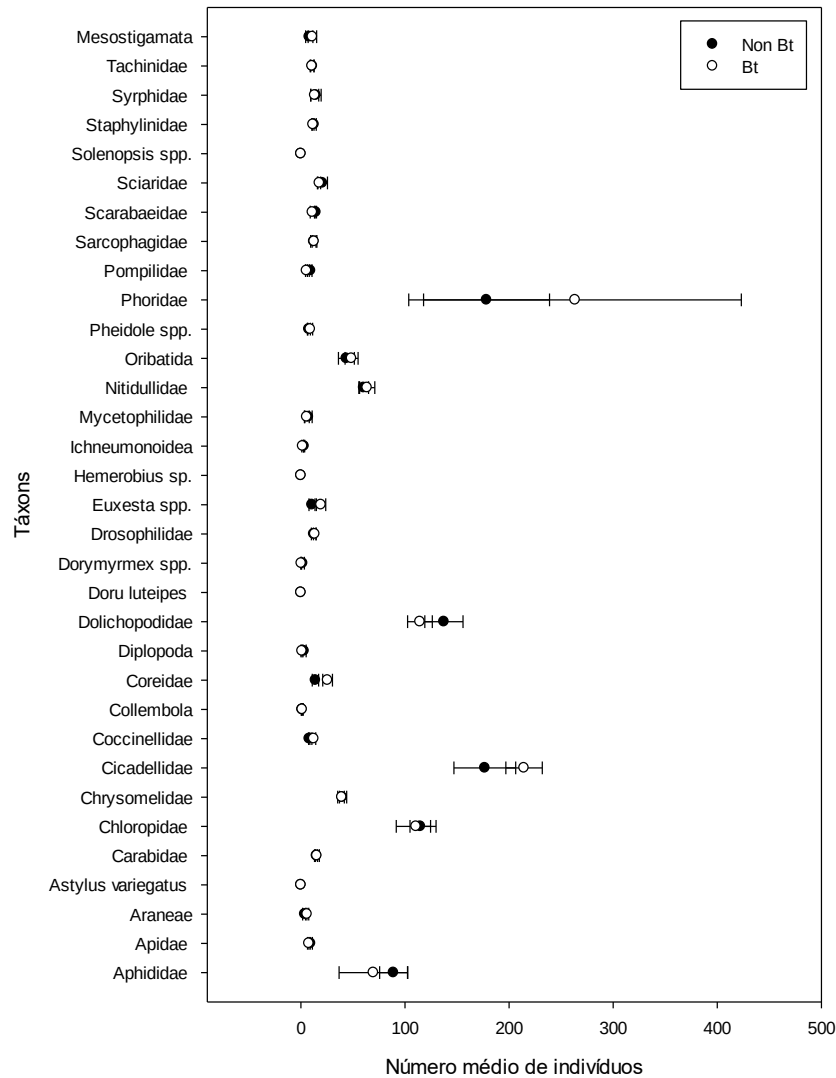


Figura 20. Número médio ($\pm$ EPM) dos 33 táxons selecionados entre os milhos MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*) na área de Campo Verde-MT, considerando todo período de avaliação. Diferenças significativas foram marcadas com * segundo ANOVA $p < 0.05$ (*).

A expressão da toxina Cry1Ab, presente no milho MON810, pode expor grupos que apresentam o mesmo hábito alimentar, tanto diretamente através do consumo das partes vegetais e pelo contato com os resíduos do cultivo, como indiretamente pela mobilidade dessa toxina (pólen e exsudato de raiz), pelos efeitos subletais e pela interação tritrófica (LETOURNEAU; BURROWS, 2001). Deste modo, o uso das guildas como detritívoros, herbívoros, parasitoides e predadores nos permitiu dar ênfase a

processos ecológicos, limitando o número de espécies e funções, e deixando mais palpável os estudos de análise de impacto (BIRCH et al., 2004).

Na composição dos artrópodes não alvo, seis guildas foram identificadas entre os milhos MON810 e convencional durante todo o período avaliado, sendo elas herbívoros, detritívoros, onívoros, parasitoides e polinizadores (Figura 21). Os resultados mostraram que os grupos tróficos mais abundantes foram os herbívoros, onívoros e predadores. A guilda polinizadores foi a de menor representação.

Durante todo o período de estudo, a composição dos grupos tróficos foi semelhante entre os sistemas de manejo dos milhos MON810 e convencional. Essa similaridade das guildas tróficas entre os diferentes cultivos no presente estudo nos permitiu inferir sobre o risco de impacto nos artrópodes não alvo, no que diz respeito a estrutura das funções ecológicas, da mesma forma que outros estudos o fizeram (SCHORLING; FREIER, 2006; ZWAHLEN et al., 2007; WOLFENBARGER et al., 2008; RAUSCHEN et al., 2010; SHIRAI, 2012; KIM et al., 2012; MINARCIKOVA et al., 2013).

Estudos de meta-análise envolvendo risco de impacto em artrópodes não alvo reuniram que herbívoros, predadores, detritívoros, onívoros foram favorecidos no milho *Bt* comparado ao convencional com aplicações de inseticidas (WOLFENBARGER et al., 2008; NARANJO, 2009). Além disso, Naranjo (2005) relatou baixo risco para os artrópodes não alvo em cultivos *Bt*, também levando em consideração as diferentes guildas (detritívoros, parasitoides, herbívoros).

A seletividade da proteína Cry foi reforçada no presente estudo quando relatou semelhança para os herbívoros não alvo. Alguns dos principais herbívoros não alvo deste estudo, como por exemplo pulgões e cigarrinhas, foram encontrados com as frequências muito similares nos cultivos de milho MON810 e convencional, assim como já constatado por Pons et al. (2005) e Bourguet et al. (2002). Rauschen (2004) não encontrou diferenças significativas em cigarrinhas quando avaliou milho expressando toxina Cry1Ab e seu isohíbrido. Virla et al. (2010) relataram que a presença da cigarrinha *Dalbulus maidis* (De Long & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) foi maior no milho *Bt*, supondo efeitos pleiotrópicos.

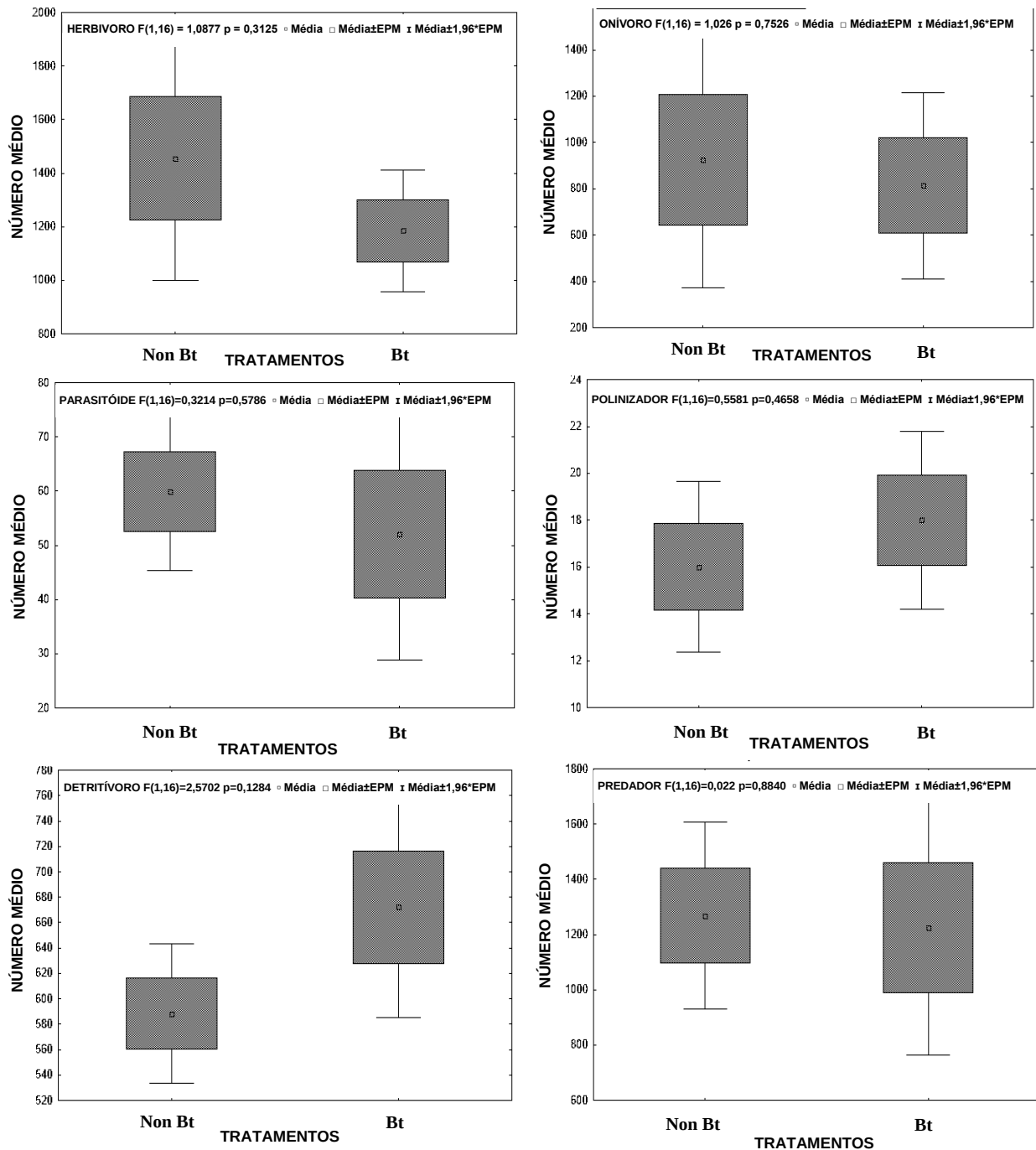


Figura 21. Guildas tróficas entre os milhos MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*) no total das três safras em todas localidades: Herbivore (herbívoros), Parasitoid (parasitoides), Detritivore (detritívoros), Onivore (onívoros), Polinnator (polinizadores) e Predador (predadores). Médias $\pm$ EPM (n=3) Diferenças significativas de acordo one-way ANOVA: *: $0.01 < p < 0.05$; **: $0.001 < p < 0.01$; ***: $p < 0.001$

Apesar de não haver efeito direto a pulgões pelo simples fato da toxina Cry não ser translocada pelo floema, onde os pulgões se alimentam, populações desses insetos aumentaram no milho *Bt*, tanto para estudo de campo como em laboratório (LUMBIERRES et al., 2004; PONS et al., 2005; FARIA et al., 2007). Alguns autores justificam que o aumento das populações em cultivo *Bt* está relacionado a produção de aminoácidos produzidos por essas plantas (FARIA et al., 2007; HERRERO et al., 2007). Estes mesmos autores não levaram consideração que o nicho onde as pragas alvo forragearam pôde ser explorado pelos pulgões, a ser verificado pelo cartucho do milho preservado.

Considerando os inimigos naturais, mais precisamente componentes da guilda predadores, é possível enquadrar aranhas neste contexto, bem como carabídeos, stafilínídeos, coccinélídeos, entre outros. Vários estudos já apontaram a ausência de efeitos negativos para estes predadores no milho *Bt*, como ocorreu no presente estudo (LOZZIA et al., 1998; LUDY; LANG, 2006; ALVAREZ-ALFAGEME et al., 2008; PÁLINKÁS et al., 2016). Para Lumbierres et al., (2012), em oposição, efeito benéfico foi constatado com aumento no desenvolvimento, alta fecundidade, aumento da taxa populacional e consequentemente alta densidade do predador *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) avaliado em milho *Bt*. A justificativa poderia estar relacionada ao aumento de pulgões, que por sua vez, favoreceu o acesso deste inimigo natural

Twardowski et al., (2012) não encontraram diferenças para predadores (Carabidae) entre os milhos *Bt* e não *Bt*. Fernandes et al. (2007) não encontraram diferenças para tesourinhas (Dermaptera: Forficulidae), joaninhas (Coleptera: Coccinellidae), percevejos-pirata (Coleoptera: Anthocoridae) em milho que expressa Cry1Ab e seu isohíbrido. De La Poza et al., (2005) verificaram que coccinélídeos e aranhas ocorreram naturalmente no milho *Bt* Cry1Ab. Em estudo pós-liberação comercial, predadores foram similares na maioria dos casos entre os cultivares milho *Bt* e não *Bt*, exceto para estafilínídeos (ALBAJES et al., 2012).

A investigação não se limitou apenas para a fauna aérea. A preocupação em torno da performance do milho *Bt* sobre a fauna do solo e mais especificamente aos organismos detritívoros foi amplamente observada e nenhuma diferença foi encontrada, seja na população de insetos, ácaros ou colembolas. Vários estudos já tinham

demonstrado a ausência de efeito consistente do milho *Bt* sobre a meso e macrofauna da comunidade do solo (SIMS; MARTIN, 1997; YU et al., 1997; SAXENA; STOTZKY, 2001; VERCESI et al., 2005; AHMAD et al., 2006; CLARK; COATS, 2006; HECKMANN et al., 2006; WEBER; NENTWIG, 2006; HÖNEMANN et al., 2008; TRUTER et al., 2014).

A avaliação da guilda de detritívoros é de extrema importância em virtude de ser componente fundamental na ciclagem de nutrientes. Esses artrópodes geralmente são usados como bioindicadores. Quanto aos onívoros, frente a um possível impacto, estes poderiam não ser tão afetados como as outras guildas, pela facilidade de se adaptarem, pois como generalistas, o forrageamento seria em mais de um recurso alimentar. Os nossos resultados refletiram semelhança entre estes grupos, da mesma forma que Truter et al., (2014), em estudo comparativo envolvendo duas safras agrícolas no milho *Bt* e não *Bt*, não relatou diferenças significativas para as guildas dos detritívoros.

Os polinizadores também não diferiram entre os cultivos de milho MON810 e convencional. O milho não requer abelhas para polinização, porém o pólen de milho *Bt* pode ser requerido quando outros pólenes estão escassos (O'CALLAGHAN et al., 2005). Duan et al. (2008) reuniram informações que demonstram que não ocorrem quaisquer efeitos negativos diretos de culturas *Bt* para este inseto polinizador vital. Testes avaliando a sobrevivência larval e peso prepupal de larvas de abelhas que consumiram pólen de milho *Bt* não revelaram efeito adverso (HENDRIKSMA et al., 2011).

4.3. PARÂMETROS ECOLÓGICOS: RIQUEZA, ABUNDÂNCIA E DIVERSIDADE

Os parâmetros ecológicos de riqueza, abundância e diversidade refletiram consistência na maioria dos locais quanto a semelhança entre os sistemas de manejo do milho MON810 e convencional. Poucas diferenças significativas foram verificadas entre os cultivos nas seis localidades (Figura 22).

Em Araguari, a abundância foi diferente entre os milhos MON810 e convencional aos 30 DAE da safra 2011/2012. Em Campo Verde os milhos MON810 e convencional

diferiram para abundância aos 30 DAE da safra 2011/2012. Em Dourados, o índice de diversidade de Shannon diferiu entre os milhos MON810 e convencional aos 60 DAE em 2009/2011, aos 45 DAE na safra 2010/2011 e aos 60 DAP. Em Luis Eduardo Magalhães, diferença foi verificada na riqueza aos 30 DAE da safra 2010/2011. Em Passo Fundo os milhos MON810 e convencional diferiram para a riqueza de táxons aos 30 DAE da safra 2009/2010 e 2010/2011 e para a abundância aos 45 DAE da safra 2010/2011. Em Rolândia a riqueza diferiu entre os milhos MON810 e convencional aos 45 DAE em 2009/2010.

Considerando todos os locais juntos, diferenças estatísticas para a riqueza foram verificadas apenas no efeito tempo, sendo as maiores riquezas verificadas em Araguari e Rolândia (Tabela 40). Considerando o parâmetro abundância, diferenças entre os manejos milho MON810 e convencional foram verificados em Luis Eduardo Magalhães e Passo Fundo. As maiores abundâncias foram em Araguari e Rolândia. Em todos os locais ocorreram diferenças na abundância no efeito tempo, enquanto que na interação tratamentos x tempo apenas em Passo Fundo e Rolândia.

Para a diversidade de Shannon (H'), diferenças estatísticas foram verificadas apenas no efeito tempo, em todos os locais. Em relação a diversidade de Simpson (D') os milhos MON810 e convencional diferiram em Araguari e Passo Fundo, enquanto que do mesmo modo que os demais parâmetros, foi distinta em todas localidades quando considerado o efeito tempo (dias após emergência e safras consecutivas).

As diferenças pontuais não tiveram consistência e nem padrão atribuído, não nos permitindo referendar qual dos tipos de manejo apresentado neste estudo nos assegura a magnitude de um suposto impacto na comunidade de artrópodes não alvo. Ressaltando a dimensão do estudo (seis regiões produtoras x três safras consecutivas x três estádios reprodutivos), reforçamos a hipótese de que as diferenças pontuais podem ser atribuídas a paisagem e a distribuição espacial dos artrópodes. Os processos ecológicos que ocorreram em cada região avaliada correspondem a interações bióticas como competição, alelopatia, facilitação e outros (milho-artrópodes), além de alterações abióticas que impõem restrições nos padrões de diversidade (CORNWELL et al., 2006; DE BELLO et al., 2012; GÖTZENBERGER et al., 2011).

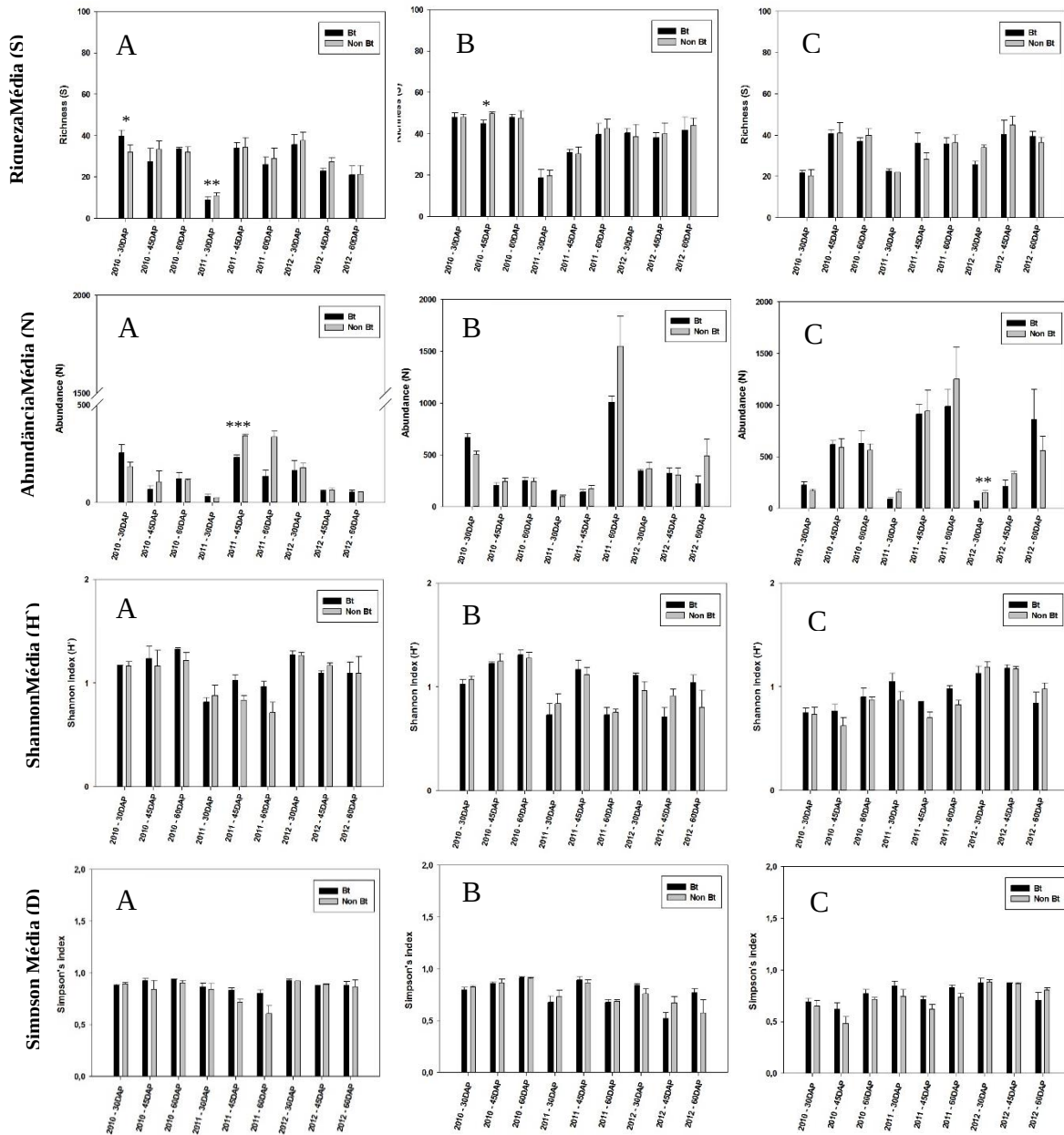


Figura 22. Comparação das médias $\pm$ EPM (n=3) dos parâmetros ecológicos: riqueza, abundância, diversidade de Shaannon e Simpsom. Milho MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*). Dias após plantio (DAE) entre os anos agrícolas (2010-2012). A=Passo Fundo; B=Rolândia; C=Araguari; D=Dourados; E=Campo Verde; F=Luis Eduardo Magalhães. Abundância total. Diferença significativa de acordo com “Oneway Anova” *: $0.01 < p < 0.05$; **: $0.001 < p < 0.01$; ***: $p < 0.001$**CONTINUA**

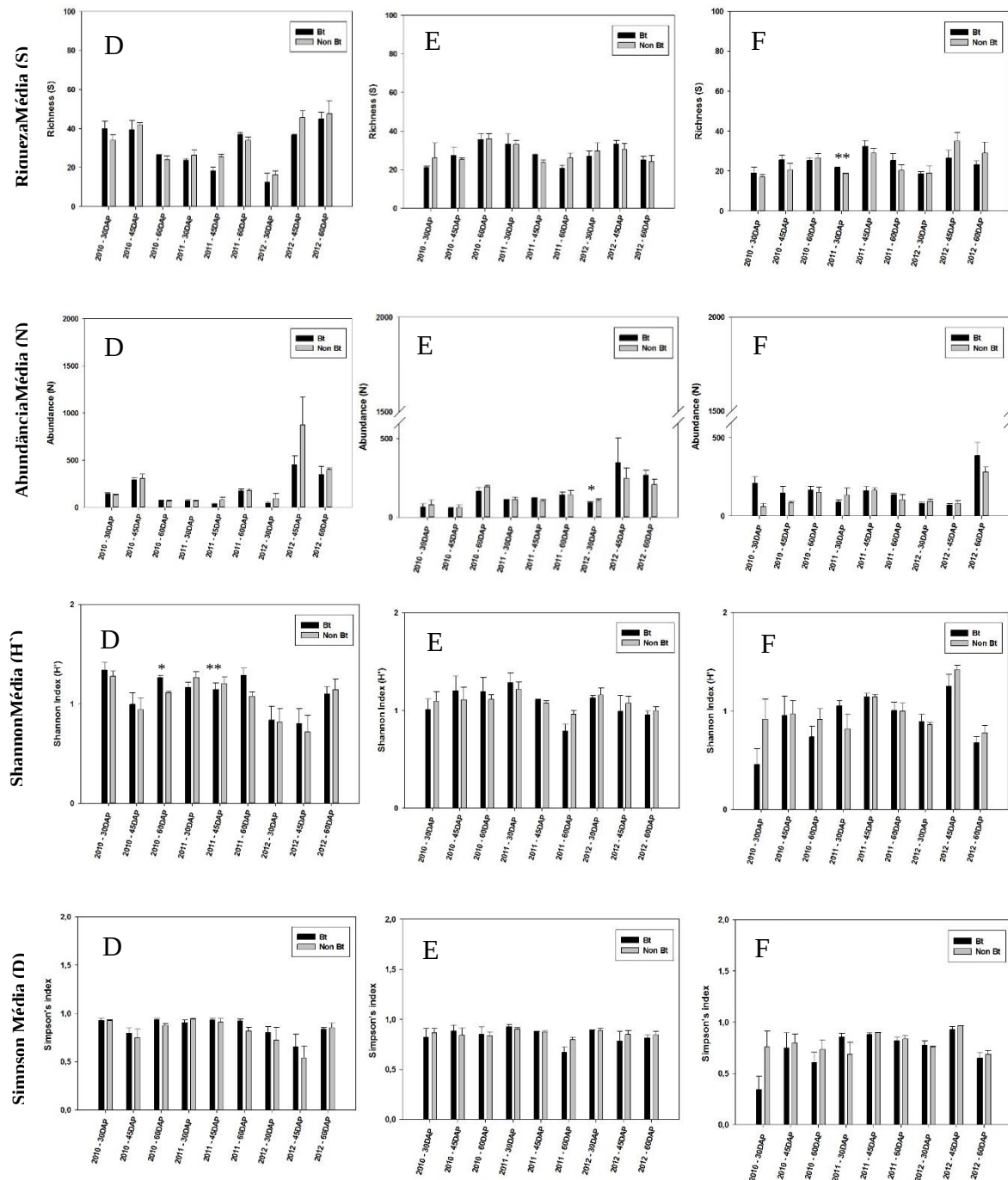


Figura 22. Comparação das médias $\pm$ EPM ($n=3$) dos parâmetros ecológicos: riqueza, bundância, Diversidade de Shaannon e Simpsom. Milho MON810 (*Bt*) e convencional (*Non Bt*). Dias após plantio (DAE) entre os anos agrícolas (2010-2012). A=Passo Fundo; B=Rolândia; C=Araguari; D=Dourados; E=Campo Verde; F=Luis Eduardo Magalhães. Abundância total. Diferença significativa de acordo com “Oneway Anova”: *: $0.01 < p < 0.05$; **: $0.001 < p < 0.01$; ***: $p < 0.001$.

Tabela 40. Médias $\pm$ EPM da comunidade de artrópodes no milho MON810 (*Bt*) e convencional (Non *Bt*) – 2010-2012.

	Site	Milho <i>Bt</i>	Milho não <i>Bt</i>	Efeito Tratamento			Efeito Safras+Estádios (Tempo)			Tratamento X Tempo		
				F	df	P	F	df	p	F	df	p
Riqueza (S)	PFU	27,7 ($\pm 3,1$)	28,7 ($\pm 2,7$)	0,312	1	0,5799	10,889	8	0,0000	0,586	8	0,7825
	ROL	38,9 ($\pm 3,1$)	40,1 ($\pm 3,2$)	0,457	1	0,5035	13,652	8	0,0000	0,157	8	0,9950
	ARA	31,3 ($\pm 2,6$)	33,7 ($\pm 2,8$)	0,098	1	0,7558	11,397	8	0,0000	0,993	8	0,4588
	DOU	31,0 ($\pm 3,7$)	28,9 ($\pm 2,8$)	1,716	1	0,1989	25,129	8	0,0000	1,315	8	0,2695
	CVE	27,9 ($\pm 1,8$)	28,3 ($\pm 1,4$)	0,067	1	0,7965	3,738	8	0,0031	0,490	8	0,8544
	LEM	24,3 ($\pm 1,4$)	23,9 ($\pm 2,1$)	0,063	1	0,8027	5,643	8	0,0001	1,417	8	0,2252
Abundância (N)	PFU	124,5 ($\pm 26,6$)	155,8 ($\pm 38,7$)	7,134	1	0,0115	20,074	8	0,0000	5,059	8	0,0003
	ROL	369,4 ($\pm 95,8$)	441,3 ($\pm 145,6$)	2,876	1	0,0990	31,091	8	0,0000	2,720	8	0,0197
	ARA	512,1 ($\pm 123,1$)	525,3 ($\pm 126,0$)	0,042	1	0,8338	14,178	8	0,0000	0,671	8	0,7136
	DOU	183,0 ($\pm 50,1$)	245,2 ($\pm 87,5$)	2,799	1	0,1034	13,237	8	0,0000	1,495	8	0,1955
	CVE	153,1 ($\pm 32,1$)	140,3 ($\pm 21,1$)	0,398	1	0,5322	6,670	8	0,0000	0,445	8	0,8849
	LEM	124,5 ($\pm 26,6$)	155,8 ($\pm 38,7$)	4,863	1	0,0343	12,205	8	0,0000	2,072	8	0,0668
Shannon (H')	PFU	1,112 ($\pm 0,053$)	1,057 ($\pm 0,065$)	2,119	1	0,1546	9,020	8	0,0000	0,946	8	0,4925
	ROL	1,007 ($\pm 0,076$)	0,998 ($\pm 0,063$)	0,050	1	0,8242	12,961	8	0,0000	1,368	8	0,2456
	ARA	0,939 ($\pm 0,052$)	0,885 ($\pm 0,066$)	3,409	1	0,0735	14,449	8	0,0000	1,556	8	0,1749
	DOU	1,104 ($\pm 0,064$)	1,062 ($\pm 0,066$)	0,863	1	0,3595	7,580	8	0,0000	0,545	8	0,8147
	CVE	1,072 ($\pm 0,051$)	1,088 ($\pm 0,026$)	0,140	1	0,7110	3,160	8	0,0087	0,500	8	0,8472
	LEM	0,907 ($\pm 0,083$)	0,980 ($\pm 0,066$)	2,021	1	0,1642	7,062	8	0,0000	1,572	8	0,1701
Simpson (D')	PFU	0,881 ($\pm 0,015$)	0,832 ($\pm 0,034$)	6,707	1	0,0140	6,371	8	0,0000	1,575	8	0,1690
	ROL	0,774 ($\pm 0,042$)	0,766 ($\pm 0,037$)	0,132	1	0,7183	10,741	8	0,0000	1,996	8	0,0772
	ARA	0,770 ($\pm 0,030$)	0,723 ($\pm 0,042$)	5,331	1	0,0272	11,705	8	0,0000	1,385	8	0,2381
	DOU	0,857 ($\pm 0,032$)	0,815 ($\pm 0,043$)	1,991	1	0,1673	6,054	8	0,0000	0,355	8	0,9366
	CVE	0,835 ($\pm 0,025$)	0,855 ($\pm 0,011$)	0,882	1	0,3542	2,400	8	0,0359	0,617	8	0,7573
	LEM	0,734 ($\pm 0,060$)	0,792 ($\pm 0,031$)	2,449	1	0,1269	4,759	8	0,0006	1,966	8	0,0816

df, graus de liberdade; degrees of freedom; P, correspondente a probabilidade de F. Todos os dados foram analisados por GLM

Whitehouse et al., (2005) observaram pequena diferença para a riqueza e diversidade de artrópodes benéficos em cultivo *Bt* sem aplicação de inseticidas e cultivos convencionais, sendo menor a diversidade em cultivos com aplicações. Efeitos consideráveis e consistentes foram observados sobre diversidade e abundância de colêmbolos no solo, mostrando que a aplicação de inseticidas tem um efeito severo na comunidade quando comparado com o milho *Bt* (BITZER et al., 2005).

4.3. ARTRÓPODES NÃO ALVO E AS REGIÕES PRODUTORAS

A distribuição dos artrópodes entre as comunidades nas diferentes regiões produtoras nos permitiu reunir cinco grupos distintos com a análise de agrupamento (Figura 23). A ocorrência dos artrópodes não alvo não discriminou o tipo de manejo avaliado, entretanto exibe distinção entre as regiões produtoras. O grupo 1 (G1) foi representado por Rolândia; G2, G3 e G4 representam as regiões de Passo Fundo, Araguari e Dourados, respectivamente; e G5 representam as regiões de Luis Eduardo Magalhães e Campo Verde, que apresentaram certa semelhança e foram reunidos no mesmo grupo. Apesar dessa separação entre as localidades, ainda pode-se notar afinidades entre Passo Fundo (G2) e Dourados (G4), e entre Rolândia (G1) e Araguari (G3), no que diz respeito aos artrópodes associados a estas regiões.

Conforme observado pela análise de agrupamento, a análise de componentes principais (ACP) exibiu a afinidade de quais artrópodes estiveram mais associados a determinada região produtora sendo possível verificar a distribuição dos 5 grupos entre os cultivos, regiões produtoras e táxons selecionados (Figura 23). O primeiro componente principal explicou 27,00% da variância, enquanto que o segundo, 15,43%, totalizando 43,43% da variabilidade original.

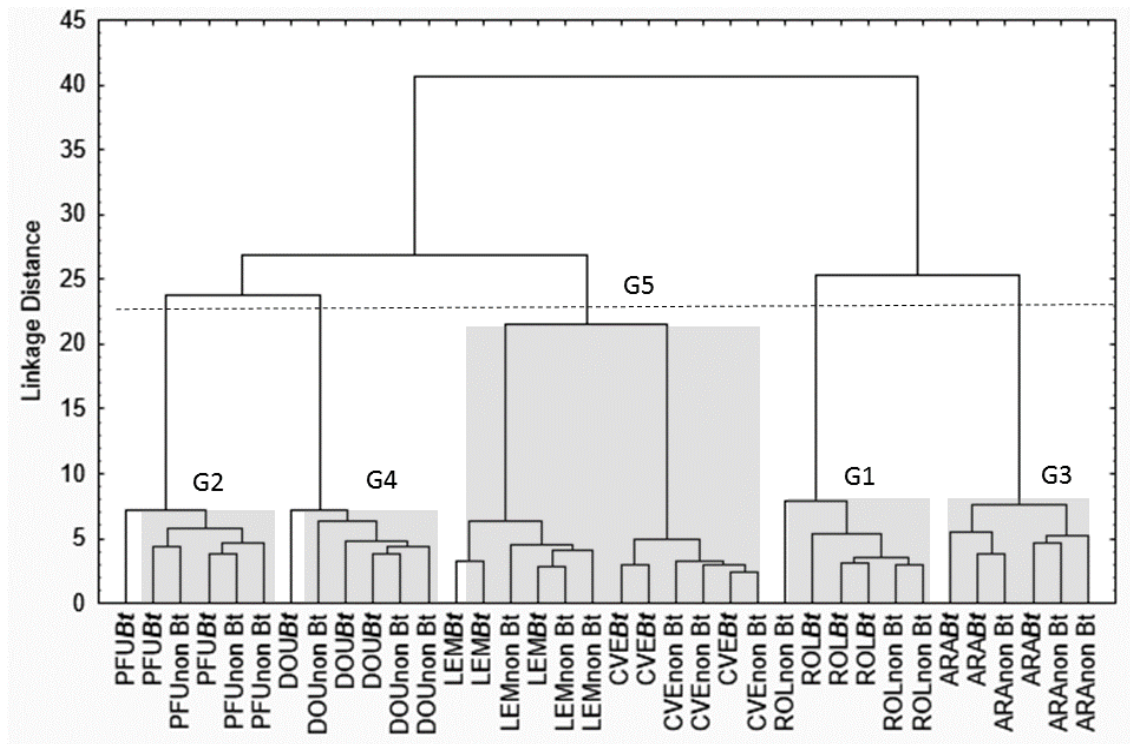


Figura 23. Dendrograma exibindo a análise de agrupamento (método de Ward e distância euclidiana) das amostras de todas os métodos de coleta entre os milhos MON810 (Bt) e convencional (Non Bt) e localidades do estudo.

Apesar de distintos, é possível notar que os grupos não estiveram associados a diferenças entre os manejos do milho MON810 e convencional. O Grupo 1 (G1) – Car (Carabidae), Sca (Scarabaeidae), Ara (Araneae), Ast (*A. variegatus*), Tac (Tachinidae), Ich (Ichneumonidea) esteve mais associado a região de Rolândia (ROL). O Grupo 2 - (G2) – Sci (Sciaridae), Coc (Coccinellidae), Cic (Cicadellidae), Api (Apidae), Dor (*D. luteipes*) revelou maior relação com Passo Fundo (PFU). Para a área de Araguari (ARA), os artrópodes do Grupo 3 (G3) – Mes (Mesostigmata), Dro (Drosophilidae), Sol (*Solenopsis* spp.), Hem (*Hemerobius* sp.), Phe (*Pheidole* spp.), Eux (*Euxesta* spp.) foram mais ocorrentes. Os artrópodes do Grupo 4 (G4) – Cor (Coreidae), Aph (Aphididae), Doy (*Dorymyrmex* sp.), Col (Collembola), Dip (Diplopoda), Syr (Syrphidae) estiveram mais associados a área de Dourados. Luis Eduardo Magalhães e Campo Verde compartilharam a maior relação com os artrópodes do (G5) – Nit (Nitidulidae), Sta (Staphylinidae), Pom (Pompilidae), Col (Collembola).

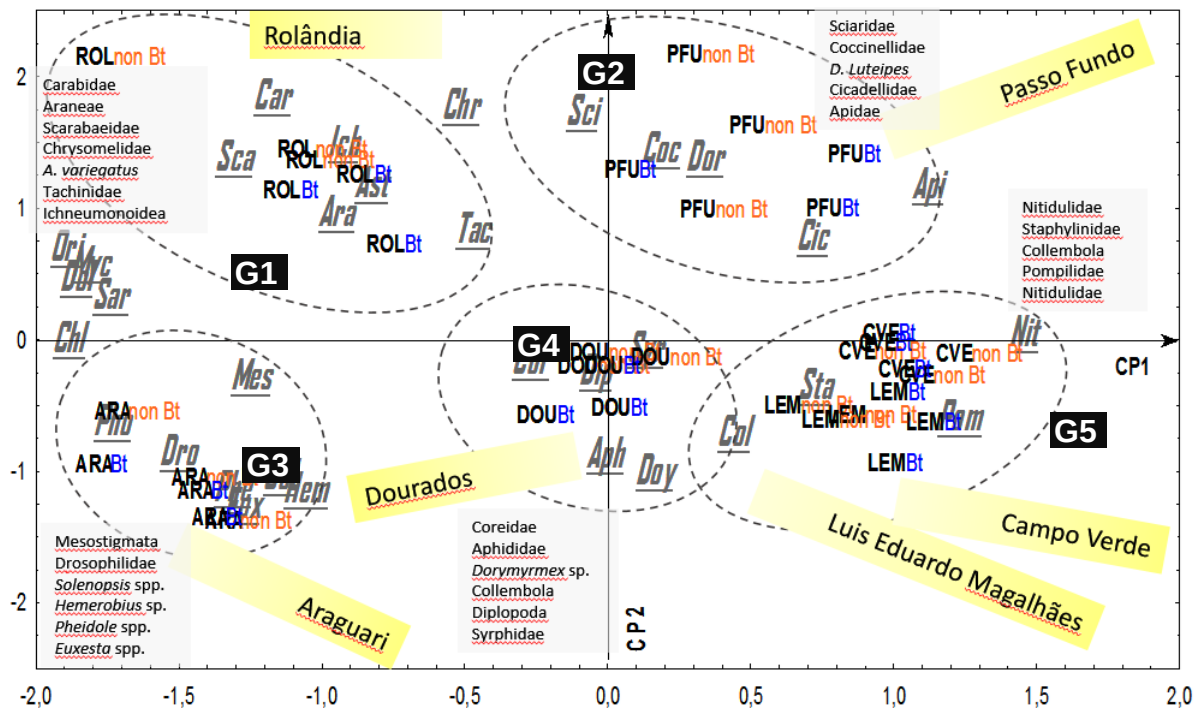


Figura 24. Análise de Componentes Principais (PCA) usando matriz de correlação. O primeiro eixo, CP1, explica 27,00% da variância total e o segundo eixo CP2, 15,43%. Formação de grupos em função dos artrópodes não alvo, milhos MON810 (Bt) e convencional (Non Bt) e regiões produtoras (PFU, ROL, ARA, DOU, CVE, LEM). Grupo 1 (G1) - Car (Carabidae), Sca (Scarabaeidae), Ara (Araneae), Ast (*A. variegatus*), Tac (Tachinidae), Ich (Ichneumonoidea); Grupo 2 - (G2) Sci (Sciaridae), Coc (Coccinellidae), Cic (Cicadellidae), Api (Apidae), Dor (*D. luteipes*); Grupo 3 (G3) - Mes (Mesostigmata), Dro (Drosophilidae), Sol (*Solenopsis* spp.), Hem (*Hemerobius* sp.), Phe (*Pheidole* spp.), Eux (*Euxesta* spp.); Grupo 4 (G4) - Cor (Coreidae), Aph (Aphididae), Doy (*Dorymyrmex* sp.), Col (Collembola), Dip (Diplopoda), Syr (Syrphidae); Grupo 5 (G5) - Nit (Nitidulidae), Sta (Staphylinidae), Pom (Pompilidae), Col (Collembola).

Fatores abióticos e bióticos conjuntamente poderiam ter sido explorados nessa análise, pois as diferenças observadas entre as regiões produtoras poderiam elucidar padrões ecológicos aos artrópodes relacionados aos dados climáticos, atributos físicos e químicos do solo, vegetação, estrutura da paisagem (FARIA et al., 2007; VALVERDE et al., 2014; ONDREIČKOVÁ; KRAIC, 2015; LIU et al., 2016). Assim, poderia dessa maneira buscar elucidar relações mais intrínsecas com o manejo adotado em cada região.

É possível que o manejo no controle das pragas alvo em cada região pôde ter influenciado na formação dos grupos entre as regiões produtoras. Por exemplo, se considerarmos a primeira safra agrícola, a ocorrência de pragas alvo em Passo Fundo foi baixa nos dois tratamentos e o produtor optou por não realizar aplicação de inseticidas. Nas demais localidades o milho convencional recebeu mais aplicações que o milho MON810, sendo entre uma e cinco aplicações. A área que recebeu uma aplicação foi Dourados, pois a cultura foi significativamente afetada por déficit hídrico e o produtor decidiu por não efetuar mais aplicações de inseticidas. O milho convencional de Araguari e Campo Verde recebeu aplicação em duas épocas, de Rolândia em três épocas e de Luís Eduardo Magalhães em cinco épocas.

Vários estudos utilizaram a análise de agrupamento em estudo de impacto de milho geneticamente modificado com resistência a insetos (TÓTH et al., 2004; BAUMGARTE; TEBBE, 2005; CASTALDINI et al., 2005; FANG et al., 2007; MIETHLING-GRAFFI et al., 2010; YUAN et al., 2014). Estes estudos abordaram o risco de impacto ambiental e propuseram resultados aceitando a natureza dos dados de comunidades de artrópodes, que geralmente não apresentam distribuição normal.

4.4. ANÁLISE TEMPORAL (CURVA DE RESPOSTA PRINCIPAL) SOBRE A COMUNIDADE DE ARTRÓPODES NÃO ALVO

A análise da curva de resposta principal da abundância dos artrópodes não alvo não revelou diferença significativa ($F=3.1$; $P=0.1$) entre os milhos MON810 e convencional entre as safras (2010-2012) (Figura 25). O primeiro eixo principal explicou 7,8% da variabilidade original dos dados e o peso dos grupos estiveram entre -3 e 2.

A análise de distribuição do peso dos grupos mostrou que Araneae, Cicadellidae, Coccinellidae, Collembola, *D. luteipes*, *Dorymyrmex* sp., Drosophilidae, *Hemerobius* sp., Mesostigamata, Mycetophilidae, *Pheidole* spp., Phoridae, Scarabaeidae, *Solenopsis* spp., Staphylinidae e Syrphidae foram mais abundantes no milho MON810 ao longo do período avaliado, enquanto que Aphididae, Apidae, *A. variegatus*, Carabidae,

Chloropidae, Chrysomelidae, Coreidae, Diplopoda, Dolichopodidae, *Euxesta* spp., Ichneumonoidea, Nitidulidae, Oribatida, Pompilidae, Sarcophagidae, Sciaridae e Tachinidae foram mais abundantes no milho convencional.

Nossos resultados sugerem que a toxina Cry1Ab não afeta a densidade dos artrópodes não alvo, e estão totalmente de acordo com estudos reportados na literatura (CANDOLFI et al., 2004; DIVELEY, 2005; EIZAGUIRRE et al., 2006), os quais reforçam ausência de impacto negativo do milho Bt nos inimigos naturais e herbívoros não alvo além de exibirem constância em períodos longos de exposição. Eizaguirre et al., 2006 utilizaram parcelas grandes, minimizaram a migração dos artrópodes entre os manejos Bt e não Bt, e observaram o efeito do milho Bt durante 3 anos, mesma condição adotada no presente estudo. No entanto, diferentemente dos resultados que nós relatamos, os autores não abordaram os índices ecológicos (diversidade, abundância e riqueza). Por outro lado, Guo et al. (2014) constatou ausência de efeito prejudicial na abundância de artrópodes não alvo em milho Bt considerando os índices ecológicos, e por dois anos consecutivos compararam o milho Bt e não Bt através da análise de curva de resposta principal.

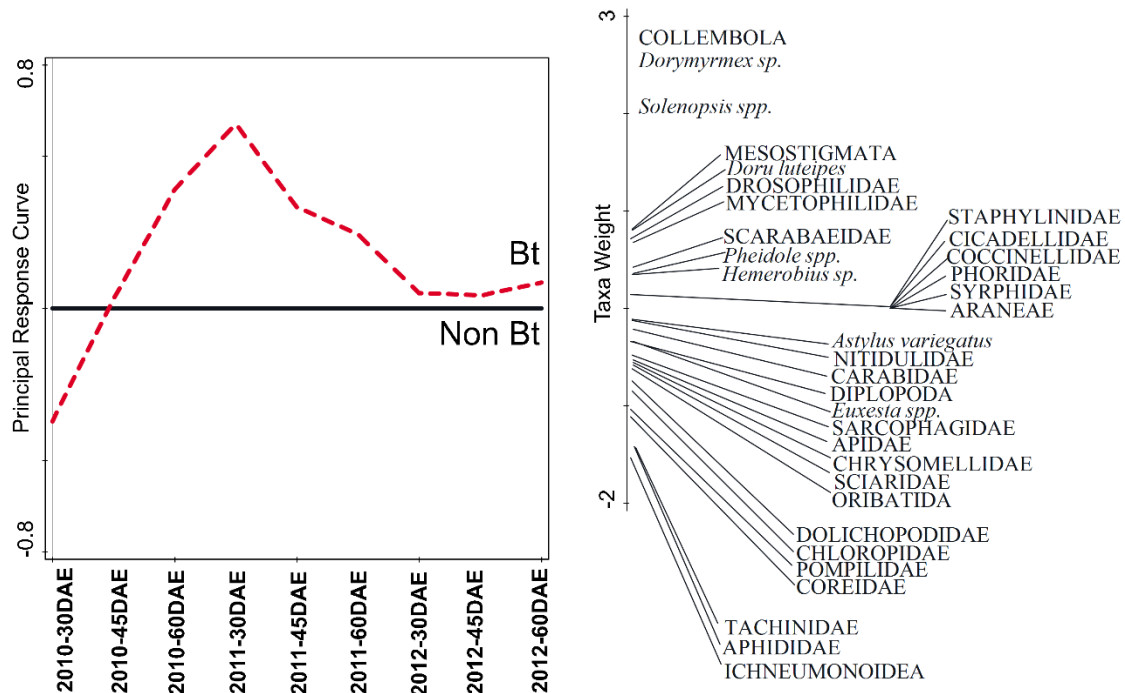


Figura 25. Curva de resposta principal (PRC) resultante da análise da abundância dos artrópodes não alvo durante o período de estudo, em Araguari-MG, Campo Verde-MT, Dourados-MS, Luis Eduardo Magalhães-BA, Passo Fundo-RS e Rolândia-PR. O eixo vertical representa a diferença na estrutura da comunidade entre milho MON810 - Bt (tracejado) e convencional - non-Bt (linha contínua), sendo expressas como coeficiente de regressão (Cdt) do modelo da PRC. O peso dos grupos (bk) podem ser interpretados como a afinidade do táxon com a resposta principal. Grupos entre -3 and 2 são exibidos. Teste Monte Carlo $F=3.1$; $P=0.1$

Apesar de não haver diferença entre os sistemas de manejo, os Collembola aos 30 DAE da safra 2010/2011 foram mais abundantes no milho MON810. Como já relatado nesse estudo, os colembolas são muito susceptíveis aos produtos químicos e a maior quantidade de aplicações destes produtos no milho convencional pode ter reduzido suas populações nesse cultivo. Por exemplo, o efeito adverso de clorpirifós é bem conhecido sobre a comunidade de colembolas no solo (JANSCH et al., 2006; FRAMPTON; VAN DEN BRINK, 2007; FOUNTAIN et al., 2007).

Assim como verificado no presente estudo, avaliações do impacto sobre artrópodes não alvo em milho *Bt* têm revelado uma certa consistência nos resultados,

não mostrando influência desses cultivos em artrópodes não alvo. No entanto, esses estudos têm mostrado resultados de avaliação de curtos períodos de exposição da toxina Cry1Ab, em localidades específicas, sobre os táxons ecologicamente importantes (DALY; BUNTIN 2005; FERNANDES et al., 2007; LUMBIERRES, 2011; TRUTER et al., 2014).

O presente estudo colaborou com as análises que evidenciaram o efeito do milho *Bt* por um prazo maior, abordando várias localidades do Brasil, sobre o risco de impacto ambiental nos artrópodes não alvo. Alcantara (2012) monitorou o milho MON810 durante quatro anos nas Filipinas, em seis regiões produtoras, e não detectou impacto na diversidade de artrópodes. Eckert et al. (2006) compararam as comunidades de artrópodes não alvo das espigas de milho MON810 e não *Bt* durante três anos, em dois locais na Alemanha, e os resultados foram semelhantes. O mesmo foi verificado quando se comparou a abundância de carabídeos durante quatro anos, em dois locais na Polônia (TWARDOWSKI, 2012). Higgins et al. (2009) reportaram que não houve impacto na abundância na comunidade de artrópodes não alvo durante 3 anos em milho *Bt*, nos EUA. O presente trabalho pode ser considerado pioneiro no Brasil, por comparar o milho *Bt* e não *Bt*, em seis regiões produtoras, por três safras agrícolas.

Um fator importante é que o avanço na produção de milho GM que expressa toxinas Cry pode significativamente reduzir o uso de inseticidas nos agroecossistemas, e paralelamente não impactar a comunidade de artrópodes não alvo. Os estudos têm elucidado a ausência desse efeito negativo em organismos avaliados em milho *Bt*, ao contrário dos efeitos significativos que são observados quando outras práticas de manejo são adotadas, como a aplicação de inseticidas (BITZER et al., 2005; PRIESTLEY; BROWBRIDGE, 2009; GUO et al., 2014; GUO et al., 2016).

Naranjo (2009) expõe que os artrópodes não alvo são muito mais afetados por inseticidas químicos do que com cultivos *Bt*. A proteção de plantas via químicos não somente reduz a população da praga alvo, mas também influencia, de uma maneira direta ou indireta, os artrópodes benéficos como polinizadores, decompositores, e inimigos naturais das pragas (MEISSLE; LANG 2005). Sendo assim, espera-se que

com o tempo possa ocorrer um aumento desses artrópodes não alvo nas áreas de cultivo *Bt* com a diminuição sistemática na utilização dos produtos químicos.

5. CONCLUSÃO

Existem diferenças pontuais que são verificadas sem consistência em safras e locais diferentes. No entanto, a população de artrópodes não alvo nos cultivos com tecnologia *Bt* comercializada mundialmente (híbrido de milho MON810) e de seu correspondente não geneticamente modificado (híbrido de milho não *Bt* com aplicação de inseticidas), por três safras consecutivas, nas seis regiões produtoras no Brasil foi muito próxima. Permite sugerir ausência de impacto do milho *Bt* sobre os artrópodes não alvo.

6. REFERÊNCIAS

ABDI, H.; WILLIAMS, L. J. **Principal component analysis**. Houston: WIREs Comp Stat, 2010. v.2, p.433–459.

AHMAD, A.; NEGRI, I.; OLIVEIRA, W.; BROWN, C.; ASOOMWE, P.; SAMMONS, B.; HORAK, M.; JIANG, C.; CARSON, D. Transportable data from non-target arthropod field studies for the environmental risk assessment of genetically modified maize expressing an insecticidal double-stranded RNA. **Transgenic Research**, London, v.25, n.1, p.1-17, 2006.

ALBAJES, R.; FARINÓS, G. P.; PÉREZ-HEDO, M.; DE LA POZA, M.; LUMBIERRES, B.; ORTEGO, F.; PONS, X.; CASTAÑERA, P. Post-market environmental monitoring of *Bt* maize in Spain: non-target effects of varieties derived from the event MON810 on predatory fauna. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v.10, p.977–985, 2012.

ALCANTARA, E. P. Post commercialization monitoring of the long-term impact of *Bt* corn on non-target arthropod communities in commercial farms and adjacent riparian areas in the Philippines. **Environmental Entomology**, College Park, v.41, n.5, p.1268-1276, 2012.

AL-DEEB, M.A.; WILDE, G. E.; BLAIR, J. M.; TODD, T.C. Effect of *Bt* corn for corn rootworm control on nontarget soil microarthropods and nematodes. **Environmental Entomology**, College Park, v.32, p.859–865, 2003a.

AL-DEEB, M.A.; WILDE, G. E. Effect of Bt corn expressing the Cry3Bb1 toxin for corn rootworm control on aboveground nontarget arthropods. **Environmental Entomology**, College Park, v.32, n. 5, p.1164-1170, 2003b.

ALTIERI, M. A. The ecological impacts of transgenic crops on agroecosystem health. **Ecosystem Health**, Malden, v.6, n.1, p.13-23, 2000.

ALVAREZ-ALFAGEME, F.; FERRY, N; CASTAÑERA, P.Ortego, F. and Gatehouse, A.M. Prey mediated effects of Bt maize on fitness and digestive physiology of the red spider mite predator *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae). **Transgenic Research**, London, v.17, n. 5, p.943-954, 2008.

ANGELO, E. A.; VILAS-BÔAS, G. T. V.; CASTROGÓMEZ, R. J. H. *Bacillus thuringiensis*: características gerais e fermentação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n. 4, p.945-958, 2010.

ARIAS-MARTÍN, M.; GARCÍA, M.; LUCIÁÑEZ, M. J.; ORTEGO, F.; CAST C.P.; FARINÓS, G.P. Effects of three-year cultivation of Cry1Ab-expressing Bt maize on soil microarthropod communities. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.220, p.125-134, 2016.

BAI, Y Y.; YAN, R. H.; YE, G. Y.; HUANG, F.; WANGILA, D. S.; WANG, J. J.; CHENG, J. A. Field response of aboveground non-target arthropod community to transgenic Bt-Cry1Ab rice plant residues in postharvest seasons. **Transgenic Research**, London, v.21, n. 5, p.1023-1032, 2012.

BALOG, A.; KISS, J.; SZEKERES, D.; SZÉNÁSI, Á.; MARKÓ, V.Rove beetle (Coleoptera: Staphylinidae) communities in transgenic Bt (MON810) and near isogenic maize. **Crop Protection**, Amsterdam, v.29, p.567-571, 2010.

BALTAZAR, M.B.; SANCHEZ-GONZALEZ, J.J.; DE LA CRUZ-LARIOS, L.; SCHOPER, J. Pollination between maize and teosinte: an important determinant of gene flow in Mexico. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.110, p.519–526, 2005.

BALTAZAR, B.M.; ESPINOZA, L.C.; ESPINOZA, L.C.; ESPINOZA, A.E.; BANDA, J.M.; DE LA FUENTE MARTÍNEZ, J.A.G.; TIZNADO, J.G.; GARCÍA, F.Z. Pollen-mediated gene flow in maize: implications for isolation requirements and coexistence in Mexico, the center of origin of maize. **PloS One**, San Francisco, v.10, n.7, p.e02549, 2015.

BAUMGARTE, S.; TEBBE, C.C. Field studies on the environmental fate of the Cry1Ab Bt-toxin produced by transgenic maize (MON810) and its effect on bacterial communities in the maize rhizosphere. **Molecular Ecology**, Oxford, v.14, n.8, p.2539-2551, 2005.

BEDANO, J.C.; RUF, A. Soil predatory mite communities (Acari: Gamasina) in agroecosystems of Central Argentina. **Applied Soil Ecology**, New York. v.36, n. 1, p.22-31, 2007.

BEHAN-PELLETIER, V.M. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.74, p.411–423, 1999.

BEL'SKAYA, E.A.; ZINOV'EV, E.V.; KOZYREV, M.A. Carabids in a spring wheat agroecosystem to the south of Sverdlovsk oblast and the effect of insecticide treatment on their populations. **The Russian Journal of Ecology**, London, v.33, p.38–44, 2002.

BERÉS, P.K. The occurrence and harmfulness, of *Oscinella frit* L.(DIPTERA: CHLOROPIDAE) to maize cultivars cultivated for grain in south eastern Poland. **Acta Scientiarum Polonorum Agricultura**. v.14, n. 3, p.15-24, 2015.

BIRCH, A.N.E.; WHEATLEY, R.; ANYANGO, B.; ARPAIA, S.; CAPALBO, D.; GETU DEGAGA, E.; FONTES, E.; KALAMA, P.; LELMEN, E.; LOVEI, G.; MELO, I.S.;

MUYEKHO, F.; NGI-SONG, A.; OCHIENO, D.; OGWANG, J.; PITELLI, R.; SCHULER, T.; SETAMOU, M.; SITHANANTHAM, S.; SMITH, J.; VAN SON, N.; SONGA, J.; SUJII, E.; TAN, T.Q.; WAN, F.H.; WILBECK, A. Biodiversity and non-target impacts: a case study of Bt maize in Kenya. In: HILBECK, A.; ANDOW, D. A. **Environmental risks assessment of genetically modified organisms: a case study of Bt maize in Kenya**. Wallingford: Cabi Publishing, 2004. v.1, p.117-185.

BITZER, R.J.; RICE, M.E.; PILCHER, C.D.; PILCHER, C.L. Biodiversity and community structure of epedaphic and euedaphic springtails (Collembola) in transgenic rootworm Bt corn. **Environmental Entomology**, College Park, v.34,, n. 5,p.1346-1376, 2005.

BOPPRÉ M.; PITKIN, B. R. Attraction of Chloropidae (Diptera) to pyrrolizidinealkaloids. **Entomologia Generalis**, Sttugardf, v.13, p.81-85, 1988.

BORÉM, A. Variedades transgênicas e meio ambiente. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v.3, n.34, p.91-99 2005.

BOURGUET, D.; CHAFAUX, J.; MICOUD, A.; DELOS, M.; NAIBO, B.; BOMBARDE, F.; MARQUE, G.; EYCHENNE, N.; PAGLIARI *Ostrinia nubilalis* parasitism and the field abundance of non-target insects in transgenic *Bacillus thuringiensis* corn (*Zea mays*). **Environmental Biosafety Research**, Lês Ulis, v.1, p.49–60. 2002.

BRASIL. Resolução Nº 3, 5 de março. **Parecer Técnico da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio, favorável à liberação comercial de milho geneticamente modificado, evento MON810**. 2008. Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/11445.html>>. Acesso em: 18 ago.2015.

BRAVO, A. Phylogenetic Relationships of *Bacillus thuringiensis* δ -Endotoxin Family Proteins and Their Functional Domains. **Journal of Bacteriology**, 179:9 p. 2793–2801, 1997.

BRAVO, A.; GILL, S.S.; SOBERÓN, M. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. **Toxicon**, Amsterdam, v.49, p.423–435, 2007.

BROOKES, G.; BARFOOT, P.G.M. **Crops**: global socio-economic and environmental impacts 1996-2013. PG Economics, 2015. p.1-196.

CANDOLFI, M.P.; BROWN, K.; GRIMM, C.; REBER, B.; SCHMIDLI, H.A. faunistic approach to assess potential side-effects of genetically modified Bt-corn on non-target arthropods under field conditions. **Biocontrol Science and Technology**, Abingdon, v.14, n. 2, p.129-170, 2004.

CANNON, R. J. C. Bt transgenic crops: risks and benefits. **Integrated Pest Management Reviews**, Andover, v.5, n.151-173, 2000.

CASTALDINI, M.; TURRINI, A.; SBRANA, C.; BENEDETTI, A.; MARCHIONNI, M.; MOCALI, S.; FABIANI, A.; LANDI, S.; SANTOMASSIMO, F.; PIETRANGELI, B.; NUTI, M. P. Impact of Bt corn on rhizospheric and soil eubacterial communities and on beneficial mycorrhizal symbiosis in experimental microcosms. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.71, n. 11, p.6719-6729, 2005.

CERA – Center for Environmental Risk Assessment. 2015. Disponível em: <<http://www.cera-gmc.org/GmCropDatabaseEvent/MON810>> Acesso em: 23 mar. 2016.

CHEN, M.; YE, G.; LIU, Z.; YAO, H.; CHEN, X.; SHEN, Z. Field assessment of the effects of transgenic rice expressing a fused gene of cry1Ab and cry1Ac from *Bacillus thuringiensis* Berliner on nontarget planthopper and leafhopper populations. **Environmental Entomology**, College Park, v.35, p.127–34, 2006.

CLARK, B.W.; COATS, J. R.; Subacute effects of Cry1Ab Bt corn litter on the earthworm *Eisenia fetida* and the springtail *Folsomia candida*. **Environmental Entomology**, College Park, v.35, n. 4, p.1121-1129, 2006.

COMAS, C.; LUMBIERRES, B.; PONS, X.; ALBAJES, R. No effects of *Bacillus thuringiensis* maize on nontarget organisms in the field in southern Europe; a meta-analysis of 26 arthropod taxa. **Transgenic Research**, London, v.23, p.135–143, 2014.

CORNWELL, W.K.; SCHWILK, D.W.; ACKERLY, D. D. A traitbased test for habitat filtering: convex hull volume. **Ecology**, New York, v.87, p.1465-1471, 2006.

CORTET, J.; GRIFFITHS, B.S.; BOHANEK, M.; DEMSAR, D.; ANDERSEN, M.N., CAUL, S.; BIRCH, A.N.E.; PERNIN, C.; TABONE, E.; DE VAUFLEURY, A.; KE, X.; KROGH, P.H. Evaluation of effects of transgenic Bt maize on microarthropods in a European multi-site experiment. **Pedobiologia**, Jena, 51, 207–218, 2007.

CREIGHTON J.T. Report on cotton leaf-worm investigations in Florida, including temperature and hibernation studies. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.29, p.88–94, 1936.

CTNBio - Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. **resumo geral de plantas geneticamente modificadas aprovadas para comercialização**. Brasília: - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 2016; Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/documents/566529/1684467/Tabela+Resumo+de+Plantas+Aprovadas+pela+CTNBio/7a98283f-39e7-4548-8960-ad489b29e281?version=1.0>>. Acesso em: 09 jun. 2016.

DALY, T.; BUNTIN, G. D. Effect of *Bacillus thuringiensis* transgenic corn for lepidopteran control on nontarget arthropods. **Environmental Entomology**, College Park, v.34, n. 5, p.1292-1301, 2005.

DE BELLO, F.; PRICE, J.N.; MÜNKEMÜLLER, T.; LIIRA, J.; ZOBEL, M.; THUILLER, W.; GERHOLD, P.; GÖTZENBERGER, L.; LAVERGNE, S.; LEPŠ, J.; ZOBERL, K. Functional species pool framework to test for biotic effects on community assembly. **Ecology**, New York, v.93, n. 10, p.2263-2273, 2012.

DE LA POZA M.; PONS, X.; FARINO`S, G. P.; LÓPEZ, C.; ORTEGO, F.; EIZAGUIRRE, M.; CASTAÑERA, P.; ALBAJES, R. Impact of farm-scale Bt maize on abundance of predatory arthropods in Spain. **Crop Protection**, Amsterdam, v.24, p.677–684, 2005.

DE VAUFLEURY, A.; KRAMARZ, P.E.; BINET, P.; CORTET, J.; CAUL, S.; ANDERSEN, N. M.; PLUMEY, E.; COEURDASSIER, M. KROGH, P.H. Exposure and effects assessments of Bt-maize on non-target organisms (gastropods, microarthropods, mycorrhizal fungi) in microcosms. **Pedobiologia**, Jena, v.51, n.3, p.185-194, 2007.

DEBELJAK M.; CORTET, J.; DEMSAR, D.; KROGH, P.H. DZEROSKI, S. Hierarchical classification of environmental factors and agricultural practices affecting soil fauna under cropping systems using Bt maize. **Pedobiologia**, Jena, v.51, p.229–38, 2007.

DEMŠAR, U., HARRIS, P.; BRUNSDON, C.; FOTHERINGHAM, A. S.; MCLOONE, S. Principal component analysis on spatial data: an overview. **Annals of the Association of American Geographers**, Washington, v.103, n. 1, p.106-128, 2013.

DEVOS, Y.; DE SCHRJVER, A.; DE CLERCQ, P.; KISS, J.; ROMEIS, J. Bt-maize event MON 88017 expressing Cry3Bb1 does not cause harm to non-target organisms. **Transgenic Research**, London, v.21, n. 6, p.1191-1214, 2012.

DIVELY, G.P. Impact of transgenic VIP3A× Cry1Ab lepidopteran-resistant field corn on the nontarget arthropod community. **Environmental Entomology**, College Park, v.34, p.1267–1291, 2005.

DIVELY, G.P.; ROSE, R. Effects of Bt transgenic and conventional insecticide control on the non-target natural enemy community in sweet corn. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOLOGICAL CONTROL OF ARTHROPODS, 1., 2003, Honolulu. **Proceedings...** p.265-274.

DUAN, J.J.; LUNDGREN, J.G.; NARANJO, S; MARVIER, M. Extrapolating non-target risk of Bt crops from laboratory to field. **Biology Letters**, London, v.6, p.74–77, 2009.

DUAN, J.J.; MARVIER, M.; HUESIG, J.; DIVELY, G.; HUANG, Z. Y). A meta-analysis of effects of Bt crops on honey bees (Hymenoptera: Apidae). **PLoS One**, San Francisco, v.3, n. 1, p.1-6, 2008.

DUTTON, A.; ROMEIS, J.; BIGLER, F. Assessing the risks of insect resistant transgenic plants on entomophagous arthropods Bt-maize expressing Cry1Ab as a case study. **Journal of the International Organization for Biological Control**, Dordrecht, v.48, n.6, p.611-636, 2003.

ECKERT, J.; SCHUHAN I.; HOTHORN, L.A.; GATHMANN, A. Arthropods on maize ears for detecting impacts of Bt maize on nontarget organisms. Transgenic plants and Insects. **Environmental Entomology**, College Park, v.35, p.554–560, 2006.

EIZAGUIRRE, M.; ALBAJES, R.; LOPEZ, C.; ERAS, J.; LUMBIERRES, B.; PONS, X. Six years after the commercial introduction of Bt maize in Spain: field evaluation, impact and future prospects. **Transgenic Research**, London, v.15, n.1, p.1-12, 2006.

EL-WAKEIL, N.; SALLAM A.; VOLKMAR, C.; GAAFAR, N. **Side effects of insecticides on natural enemies and possibility of their integration in plant protection strategies**. Rijeka: INTECH Open Access Publisher, 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **O Milho Bt no Brasil: a Situação e a Evolução da Resistência de Insetos**. Brasília: Centro Nacional de

Pesquisa de Milho e Sorgo, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/60425/1/doc-133.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

ENDERLEIN G. Entomologica canaria IV. **Wiener Entomologische Zeitung**, Wien, v.46, p.95–109, 1929.

FANG, M.; MOTAVALLI, P.P.; KREMER, R.J.; NELSON, K.A. Assessing changes in soil microbial communities and carbon mineralization in Bt and non-Bt corn residue-amended soils. **Applied Soil Ecology**, New York, v.37, n.1, p150-160, 2007.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Keeping plant pests and diseases at bay**: experts focus on global measures. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/en/item/280489/icode/>>. Acesso em: 6 jun. 2016.

FARIAS, C.A.; WACKERS, F. L.; PRITCHARD, J.; BARRETT, D. A.; TURLINGS, T.C. High susceptibility of Bt maize to aphids enhances the performance of parasitoids of lepidopteran pests. **PLoS One**, San Francisco, v.2, n. 7, p.1-11, 2007.

FELFILI J. M.; REZENDE, R.P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Editora UNB, 2003. 68 p.

FERNANDES, O. A.; FARIA, M.; MARTINELLI, S.; SCHMIDT, F.; CARVALHO, V.F.; MORO, G. Short-term assessment of Bt maize on non-target arthropods in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.64, n. 3, p.249-255, 2007.

FERNANDEZ, P.; HILKER, M. Host plant location by Chrysomelidae. **Basic and Applied Ecology**, Jena, v.8, n. 2, p.97-116, 2007.

FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Relação entre a lagarta-do-cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n. 12, p.1693-1698, 2006.

FINCH, O. D. Spider wasps (Hymenoptera, Pompilidae) as predators of a spider taxocenosis. In: EUROPEAN COLLOQUIUM OF ARACHNOLOGY, 16., 1997, Siedlce. **Proceedings...** p.83-89

FIUZA, L.M.; NIELSE-LEBROUX, C.; GOZE, E.; FRUTOS, R.; CHARLES, J. Binding of *Bacillus thuringiensis* Cry1 toxins to the midgut brush border membrane vesicles of *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae): evidence of shared binding sites. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.62, p.1544-1549, 1996.

FOUNTAIN, M.T.; BROWN, V.K.; GANGE, A.C.; SYMONDSON, W.O.; MURRAY, P.J. The effects of the insecticide chlorpyrifos on spider and Collembola communities. **Pedobiologia**, Jena, v.51, n. 2, p.147-158, 2007.

FRAMPTON, G.K.; VAN DEN BRINK, P.J. Collembola and macroarthropod community responses to carbamate, organophosphate and synthetic pyrethroid insecticides: direct and indirect effects. **Environmental Pollution**, Barking, v.147, n. 1, p.14-25, 2007.

FRECKMAN, D.W.; ETTEMA, C.H. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.45, n. 3, p.239-261, 1993.

FRIZZAS, M.R. **Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a comunidade de insetos**. 2003. 192 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

GALLAI, N.; SALLES, J. M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B.E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, Amsterdam, v.68, n. 3, p.810-821, 2009.

GARCÍA, M.; ORTEGO, F.; CASTAÑERA, P.; FARINÓS, G. P. Effects of exposure to the toxin Cry1Ab through Bt maize fed-prey on the performance and digestive physiology of the predatory rove beetle *Atheta coriaria*. **Biological Control**, Orlando, v.55, n.3, p.225-233, 2010.

GARCIA-ALONSO, M.; JACOBS, E.; RAUBOULD, A.; NICKSON, T. E.; SOWIG, P.; WILLEKENS, H.; VAN DER KOUWE, P.; LAYTON, R.; AMIJEE, F.; FUENTES, A. M.; TENCALLA, F. A tiered system for assessing the risk of genetically modified plants to non-target organisms. **Environmental Biosafety Research**, Les Ulis, v.5, n. 2, p.57-65, 2006.

GARCIA-ALONSO, M.; RAYBOULD, A. Protection goals in environmental risk assessment: a practical approach. **Transgenic Research**, London, v.23, n.6, p.945-956, 2013.

GARDINER, M.M.; TUELL, J.K.; ISAACS, R.; GIBBS, J.; ASCHER, J.S.; LANDIS, D.A. Implications of three biofuel crops for beneficial arthropods in agricultural landscapes. **BioEnergy Research**. New York, v.3, p.6–19, 2010.

GOMES, A. S. **Análise de dados ecológicos**. Niterói: Universidade Federal Fluminense, Instituto de Biologia. 2004. Disponível em: <<http://www.uff.br/ecosed/apostila.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

GÖTZENBERGER, L.; DE BELLO, F.; BRATHEN, K.A.; DAVISON, J.; DUBIUS, A.; GUISAN, A.; LEPS J.; LINDORG, R.; MOORA, M.; PÄRTEL, M.; PELLISSIER, L.; POTTIER, J.; VITTOZ, P.; ZOBEL, K.; ZOBEL, M. Ecological assembly rules in plant

communities – approaches, patterns and prospects. **Biology Reviews**, London, v.87, p.111–127, 2011.

GPS. **Garmin: 12s**. Disponível em: <<http://www.garmin.com/en-US>>. Acesso em: 8 mar. 2016

GREGORY, M.M.; SHEA, K.L.; BAKKO, E.B. Comparing agroecosystems: effects of cropping and tillage patterns on soil, water, energy use and productivity. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Wallingford, v.20, n.2, p.81-90, 2005.

GRIFFITHS, B.S.; CAUL, S.; THOMPSON, J.; BIRCH, A.N.E.; SCRIMGEOUR, C.; CORTET, J.; FOGGO, A.; HACKETT, C.A.; KROGH, P.H. Soil microbial and faunal community responses to Bt maize and insecticide in two soils. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.35, p.734–741, 2006.

GUILHERME, L.R.G. Fundamentos da análise de risco. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, n.34, 2005.

GUIMARAES, V.; DRUMARE, M.; LERECLUS, D.; GOHAR, M.; LAMOURETTE, P.; NEVERS, M.; VAISANENTUNKELROTT, M.; BERNARD, H.; GUILLON, B.; CRÉMINON, C.; WAL, J.; ADEL-PATIENT, K. In vitro digestion of Cry1ab proteins and analysis of the impact on their immunoreactivity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.58, n.5, p.3222-3231, 2010.

GUO, J; HE, K.; HELLMICH, R. L.; BAI, S.; ZHANG, T.; LIU, Y.; AHMED, T.; WANG, Z. Field trials to evaluate the effects of transgenic cry1le maize on the community characteristics of arthropod natural enemies. **Scientific Reports**, London, v.6, 2016.

GUO, Y.; FENG, Y.; GE, T.; TETREAU, G.; CHEN, S.; DONG, X.; SHI, W. The Cultivation of Bt Corn Producing Cry1Ac Toxins Does Not Adversely Affect Non-Target Arthropods. **PLoS One**, San Francisco, v.9, n.12 2014.

HALFFTER, G.; MATTHEWS, E.G. The Natural History of Dung Beetles of the Subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). **Folia Entomologica Mexicana**, México, v.45, p.426-427, 1966.

HANSEN, L.S.; LOVEI, G.L.; SZÉKÁS, A. Survival and development of a stored-product pest, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), and its natural enemy, the parasitoid *Lariophagus distinguendus* (Hymenoptera: Pteromalidae), on transgenic Bt maize. **Pest Management Science**, West Sussex, v.69, p.602–606, 2013.

HARTMANN, T.; OBER, D. Biosynthesis and metabolism of pyrrolizidine alkaloids in plants and specialized insect herbivores. **Topics in Current Chemistry**, New York, v.209, p.207-244, 2000.

HARWOOD, J.D.; WALLIN, W.G.; OBRYCKI, J.J. Uptake of Bt endotoxins by nontarget herbivores and higher order arthropod predators: molecular evidence from a transgenic corn agroecosystem. **Molecular Ecology**, Oxford, v.14, n. 9, p.2815-2823, 2005.

HECKMANN, L. H.; GRIFFITHS, B. S.; CAUL, S.; THOMPSON, J.; PUSZTAI-CAREY, M.; MOAR, W.J.; ANDERSEN, M.N.; KROGH, P.H. Consequences for *Protaphorura armata* (Collembola: Onychiuridae) following exposure to genetically modified *Bacillus thuringiensis* (Bt) maize and non-Bt maize. **Environmental Pollution**, Barking, v.142, n. 2, p.212-216, 2006.

HENDRIKSMA, H.P.; HARTEL, S.; STEFFAN-DEWENTER, I. Testing pollen of single and stacked insect-resistant Bt-maize on in vitro reared honey bee larvae. **PLoS One**, San Francisco, v.6, n. 12, p.1-7, 2011.

HERRERO M.; IBÁÑEZ, MARTÍN-ÁLVAREZ P.J.; CIFUENTES, A. Analysis of chiral amino acids in conventional and transgenic maize. **Analytical Chemistry**, New York, v.79, p.5071–5077, 2007.

HIGGINS, L.S.; BABCOCK, J.; NEESE, P.; LAYTON, R. J.; MOELLENBECK, D. J.; STORER, N. Three-year field monitoring of Cry1F, event DAS-01507-1, maize hybrids for nontarget arthropod effects. **Environmental Entomology**, College Park, v.38, p.281-292, 2009.

HÖNEMANN L.; ZURBRÜGG, C.; NENTWIG W. Effects of Bt-corn decomposition on the composition of the soil meso-and macrofauna. **Applied Soil Ecology**, New York, v.40, n. 2, p.203-209, 2008.

HOUSE, G. J.; ALZUGARAY, M. D. R. Influence of cover cropping and no-tillage practices on community composition of soil arthropods in a North Carolina agroecosystem. **Environmental Entomology**, College Park, v.18, n. 2, p.302-307, 1989.

HU[°]RKA, K.; JAROSIK, V. Development, breeding type and diet of members of the *Amara communis* species aggregate (Coleoptera: Carabidae). **Acta Societatis Zoologicae Bohemicae**, Praha, v.65, p.17-23, 2001.

HUBBELL, S. P. **The unified neutral theory of biodiversity and biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 2001.

ICOZ I.; STOTZKY G. Fate and effects of insect-resistant Bt crops in soil ecosystems. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.40, p.559-586, 2006.

ILLIG, J.; LANGEL, R.; NORTON R.A.; SCHEU, S.; MARAUN, M. Where are decomposers? Uncovering the soil food web of tropical montane rain forest in southern Ecuador using stable isotopes (¹⁵N). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.21, p.589-593, 2005.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2009. Disponível em: <www.inmet.gov.br/climatologia>. Acesso em: 10 maio 2009.

IPERTI, G.; PAOLETTI, M.G. Biodiversity of Predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. Special issue: Invertebrate biodiversity as bioindicators of Sustainable landscapes. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.74, p.323–42, 1999.

ISAAA- International Service for the Acquisition of Agri-Biothec Application. **ISAAA Brief 46: global status of commercialized biotech/GM crops**. 2013. Disponível em: <<http://www.isaaa.org/default.asp>> Acesso em: 13 abr. 2015.

ISAAA - International Service for the Acquisition of Agri-Biothec. Application. **Commercial GM trait: insect resistance**. 2016. Disponível em: <<http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/commercialtrait/default.asp?TraitTypeID=2&Trait=Insect%20Resistance>>. Acesso em: 6 jun. 2016.

JAMES, C. **Global status of commercialized biotech/GM crops**: 2005. Ithaca: ISAAA Brief 34, 2005.

JAMES C. **Status global das cultivares transgênicas comercializadas**. 2013. Disponível em: <<https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/46/executivesummary/pdf/Brief%2046%20-%20Executive%20Summary%20-%20Portuguese.pdf>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

JAMES, C. **Global status of commercialized biotech/GM crops**. Ithaca: ISAAA International Service for the Acquisition of Agri-Biothec Applications. 2014. (Brief, 49). Disponível em: <<http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/49>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

JANSCH S.; FRAMPTON G. K.; ROMBKE, J.; VAN DEN BRINK, P.J.; SCOTTFORDSMAND, J. J. Effects of pesticides on soil invertebrates in model ecosystem and field studies: a review and comparison with laboratory toxicity data. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v.25, n. 9, p.2490-501.

JANŽEKOVIČ, F.; NOVAK, T. PCA—A powerful method for analyze ecological niches. In: SANGUNSAT, P. (Ed.). *Principal component analysis-multidisciplinary applications*. Thailand: InTech, 2012. p.127-142.

JASKULSKI, D.; JASKULSKA, I. Diversity and dominance of crop plantations in the agroecosystems of the Kujawy and Pomorze region in Poland. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science**, London, v.61, n. 7, p.633-640, 2011.

JOHNSON, M. T.; AGRAWAL, A. A.; Covariation and composition of arthropod species across plant genotypes of evening primrose, *Oenothera biennis*. **Oikos**, Copenhagen, v.116, n. 6, p.941-956, 2007.

KANIESKY M. R. **Caracterização florística, diversidade e correlação ambiental na floresta nacional de São Francisco de Paula, RS**. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

KEESE, P. Risks from GMOs due to horizontal gene transfer. **Environmental Biosafety Research**, Les Ulis, v.7, p.123-149, 2008.

KIESSELBACH, T. A. **The structure and reproduction of corn 50th Anniversary Edition**. New York: Cold Spring Harbor Laboratory, 1999.

KIM, Y. H.; HWANG, C. E.; KIM, T. S.; LEE, J. H.; LEE, S. H. Assessment of potential impacts due tounintentionally released Bt maize plants on non-target aphid *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, Amsterdam, v.15, p.443–446, 2012.

KISHIMOTO, H.; ADACHI, I. Predation and oviposition by predatory *Stethorus japonicus*, *Oligota kashmirica* benefica, and *Scolothrips takahashii* in egg patches of various spider mite species. **Entomologia Experimentalis et Applicatam** Dordrecht, v.128, p.294–302, 2008.

KNOWLES, B.H., Mechanism of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal δ -endotoxins. **Advances in Insect Physiology**, London, v.24, p.275-308, 1994.

KOK, E. J.; KEIJER, J.; KLETER, G. A.; KUIPER, H. A. Comparative safety assessment of plant-derived foods. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, Orlando, v.50, p.98–113, 2008.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. (Ed.). **A Manual of Acarology**. 3rd ed. Lubbock: Texas Tech University Press, 2009. 807 p..

LANG, A Monitoring the impact of Bt maize on butterflies in the field: estimation of required sample sizes. **Environmental Biosafety Research**, Les Ulis, v.3, n. 1, p.55-66, 2004.

LAWO, N. C.; WÄCKERS, F. L.; ROMEIS, J. Indian Bt cotton varieties do not affect the performance of cotton aphids. **PLoS One**, San Francisco, v.4, n. 3, 2009.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. Amsterdam: Elsevier, 1998.

LEPŠ, J. ŠMILAUER P. **Multivariate analysis of ecological data using CANOCO**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

LETOURNEAU, D. K.; BURROWS B. E. **Genetically Engineered Organisms: Assessing, Environmental and Human Health Effects**. Boca Raton: CRC Press, 2001. p.456.

LEVER, R. J. A. W. Maggots in imported boot polish. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.15, p.15, 1944.

LI, F. F.; YE, G. Y.; WU, Q.; PENG, Y. F.; CHEN, X. X. Arthropod abundance and diversity in Bt and non-Bt rice fields. **Environmental Entomology**, College Park, v.36, n. 3, p.646-654, 2007.

LIFEI, H.; XIAOLI, D.; WEILAN, W.; LIUFENG, L.; YUAN, Z.; JIANJUN, J.; LANG, Y. Community structure and seasonal dynamics of arthropod in Guangxi mulberry field. **Journal of Southern Agriculture**, Nanning, v.44, n. 6, p.943-948, 2013.

LIMA, M. A. P.; PIRES, C. S. S.; GUEDES, R. N. C.; NAKASU, E. Y. T.; LARA, M. S.; FONTES, E. M. G.; SUJII, E. R.; DIAS, S. C.; CAMPOS, L. A. O. Does Cry1Ac Bt-toxin impair development of worker larvae of Africanized honey bee?. **Journal of Applied Entomology**, Oxford, v.135, p.415–422. 2011.

LIU, B.; YANG, L.; YANG, F.; WANG, Q.; YANGM Y.; LU, Y.; GARDINER, M. M. Landscape diversity enhances parasitism of cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*) eggs by *Trichogramma chilonis* in cotton. **Biological Control**, Orlando, v.93, p.15-23, 2016.

LOPEZ, M. D.; PRASIFKA, J. R.; BRUCK, D. J.; LEWIS, L. C. Utility of ground beetle species as indicators of potential non-target effects of Bt crops. **Environmental Entomology**, College Park, v.34, p.1317–1324, 2005.

LOZZIA, G. C.; FURLANIS, C.; MANACHINI, B.; RIGAMONTI, I. E. Effects of Bt corn on *Rhopalosiphum padi* L.(Rhynchotha Aphididae) and on its predator *Chrysoperla carnea* Stephen (Neuroptera Chrysopidae). **Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura**, Parma, v.30, n. 2, p.153-164,1998.

LOZZIA, G.C. Biodiversity and structure of ground beetle assemblages (Coleoptera Carabidae) in Bt corn and its effects on non target insects. **Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura**, Parma, v.31, n.1, p.37-50, 1999.

LU, Z. B.; TIAN, J. C.; HAN, N. S.; HU, C.; PENG, Y. F.; STANLEY, D.; YE, G. Y.; No direct effects of two transgenic Bt rice lines, T1C-19 and T2A-1, on the arthropod communities. **Environmental Entomology**, College Park, v.43, n. 5, p.1453-1463, 2014.

LU, Z.; DANG, C.; HAN, N.; SHEN, Z.; PENG, Y.; STANLEY, D.; YE, G. the new transgenic cry1Ab/vip3H Rice poses no unexpected ecological risks to arthropod communities in rice agroecosystems. **Environmental Entomology**, College Park, v.0, N. 0, 2015.

LUDY, C.; LANG, A. A 3-year field-scale monitoring of foliage-dwelling spiders (Araneae) in transgenic Bt maize fields and adjacent field margins. **Biological Control**, Orlando, v.38, p.314-324, 2006.

LUMBIERRES, B.; ALBAJES, R.; PONS, X. Positive effect of Cry1Ab-expressing Bt maize on the development and reproduction of the predator *Orius majusculus* under laboratory conditions. **Biological Control**, Orlando, v.63, n. 2, p.150-156, 2012.

LUMBIERRES, B.; ALBAJES, R.; PONS, X. Transgenic Bt-maize and *Rhopalosiphum padi* performance. **Ecological Entomology**, Oxford, v.29, p.309–317, 2004.

LUMBIERRES, B.; STARY, P.; PONS, X. Effect of Bt maize on the plant-aphid–parasitoid tritrophic relationships. **Biological Control**, Orlando, v.56, n.2, p.133-143, 2011.

LYNCH R. E., WISEMAN B. R., PLAISTED D., WARNICK D., Evaluation of transgenic sweet corn hybrids expressing Cry1A (b) toxin for resistance to corn earworm and fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae).- **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.92, n.1,p.246-252, 1999.

MALLOCH J. R. The insects of the dipterous family Phoridae in the United States National Museum. **Proceedings of the United States National Museum**, Washington, v.43, p.411–529, 1912.

MALONE, L. A.; PHAM-DELEGUE M. H Effects of transgene products on honey bees (*Apis mellifera*) and bumblebees (*Bombus* sp.). **Apidologie**, Paris, v.32 p.287–304, 2001.

MAPA – Ministério da Agricultura e Meio Ambiente. **Projeções do Agronegócio**. 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/PROJECOES_DO_AGRONEGOCIO_2025_WEB.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2016.

MARCHETTI, E.; ALBERGHINI, S.; BATTISTI, A.; SQUARTINI, A.; DINDO, M. L. Susceptibility of adult *Exorista* larvarum to conventional and transgenic *Bacillus thuringiensis* galleriae toxin. **Bulletin Insectology**, Bologna, v.65, p.133–137, 2012.

MARKOVA, E.; TEOFILOVA, T. Syrphid communities (Syrphidae, diptera) in basic types of agroecosystems in Karlovo valley (Bulgaria). **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, Sofia, v.17, n. 1, p.49-54, 2011.

MARTINELLI, S.; OMOTO, C.– Resistência de insetos: as plantas geneticamente modificadas **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, n. 34, 2005.

MARVIER, M. Ecology of transgenic crops. **American Scientist**, New Haven, v.89, p.160-167, 2001.

MARVIER, M. Improving risk assessment for nontarget safety of transgenic crops. **Ecological Applications**, Tempe, v.12, n. 4, p.1119-1124, 2002.

MARVIER, M.; MCCREEDY, C.; REGETZ, J.; KAREIVA, P. A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on nontarget invertebrates. **Science**, London, v.316, n.5830, p.1475-1477, 2007.

MATTONI, R.; LONGCORE, T.; NOVOTNY, V. Arthropod monitoring for fine-scale habitat analysis: a case study of the El Segundo sand dunes. **Environmental Management**, New York, v.25, n. 4, p.445-452, 2000.

MEISSLE M.; LANG, A. Comparing methods to evaluate the effects of Bt maize and insecticide on spider assembles. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.107, p.359–370, 2005.

MEISSLE, M.; ROMEIS, J.; BIGLER, F. Bt maize and integrated pest management - a European perspective. **Pest Management Science**, West Sussex, v.67, n.9, p.1049-1058, 2011.

MENDES S. M., BOREGAS K. G. B., LOPES M. E., WAQUIL M. S., WAQUIL J. M. Respostas da lagarta-do-cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry1A(b).- **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.3, p.239- 244, 2011.

MIETHLING-GRAFF, R.; DOCKHORN, S.; TEBBE, C. C. Release of the recombinant Cry3Bb1 protein of Bt maize MON88017 into field soil and detection of effects on the diversity of rhizosphere bacteria. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v.46, n. 1, p.41-48, 2010.

MINARCIKOVA, L.; CAGAN L.; KOVAC, L. Influence of Bt maize to epigeic collembolan communities. **IOBC/WPRS Bulletin**, Wechselnde Vertagsorte, v.97, p.89–96, 2013.

MINOR, M. **Soil mites and other animals**. 2004. Disponível em: <www.massey.ac.nz/~maminor/mites.html>. Acesso em: 7 jan. 2016.

MOITA NETO, J. M., MOITA G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, São Paulo, v.21, n. 4, p.467-469, 1998.

MONNERAT, R. G., BRAVO, A. Proteínas bioinseticidas produzidas pela bactéria *Bacillus thuringiensis* modo de ação e resistência. In: MELO, I.S. AZEVEDO, J. L. (Ed.). **Controle biológico**. Jaguariúna, 2000. p.163-200.

MORDOR. **Global crop protection chemicals (pesticides) market - growth, trends and forecasts (2015 - 2020)**, in, **mordor intelligence**. 2015. Disponível em: <<http://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-crop-protection-chemicals-pesticides-market-industry>>. Acesso em: 9 jun. 2016.

MUSSER, F. R.; SHELTON, A. M.; Bt sweet corn and selective insecticides: Impacts on pests and predators. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.96, p.71–80. 69, 2003.

NARANJO, S. E. Long-term assessment of the effects of transgenic Bt cotton on the abundance of nontarget arthropod natural enemies. **Environmental Entomology**, College Park, v.34, p.1193–210, 2005.

NARANJO, S. E. Impacts of Bt crops on non-target organisms and insecticide use patterns. **Agriculture Veterinary Science Nutrition and Natural Resources**, Wallingford, v.4, p.1–23, 2009.

NARANJO, S. E. Effects of GM crops on non-target organisms." In: PLANT Biotechnology. Springer: International Publishing, 2014. p.129-142.

NEW, T. R. **Hymenoptera and conservation**. New York: ohn Wiley & Sons, 2012.

NORTON, R.A. Acarina: Oribatida. In: DINDAL, D.L. (Ed.). **Soil biology guide**. New York: Wiley, 1990. p.779–803.

O'CALLAGHAN M.; GLARE, T.R.; BURESS, E. P.J.; MALONE, L. A. Effects of plants genetically modified for insect resistance on non-target organisms. **Annual Review of Entomology**, Lahan, v.50, p.271-292, 2005.

ØKLAND, B. Mycetophilidae (Diptera), an insect group vulnerable to forestry practices? A comparison of clearcut, managed and semi-natural spruce forests in southern Norway. **Biodiversity & Conservation**, Andover, v.3, n. 1, p.68-85, 1994.

OMOTO, C.; BERNANDI, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J.; DOURADO, P.M.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; Field - evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**, West Sussex, v.72, n.9, p.1727-1736, 2016.

ONDREIČKOVÁ, K.; KRAIC, J. Impact of genetically modified stacked maize NK603× MON810 on the genetic diversity of rhizobacterial communities. **Agriculture Polnohospodárstvo**, Warsaw, v.61, n. 4, p.139-148, 2015.

PÁLINKÁS, Z.; ZALAI, M.; SZÉNÁSI, Á.; KÁDÁR, F.; DORNER, Z.; BALOG, A., 2016. Rove beetles (Coleoptera Staphylinidae)–Their abundance and competition with other predatory groups in Bt maize expressing Cry34Ab1, Cry35Ab1, Cry1F and CP4 EPSPS proteins. **Crop Protection**, Amsterdam, v.80, p.87-93, 2016.

PAOLETTI, M.G. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. **Agriculture Ecosystem and Environment**, Amsterdam, v.74, p.1-18, 1999.

PHILPOTT, S. M.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Effects of management intensity and season on arboreal ant diversity and abundance in coffee agroecosystems. In: HAWKSWORTH, D.L.; BULL, A.T. (Ed.). **Arthropod diversity and conservation**. Netherlands: Springer, 2006. p.125-141.

PICANÇO, M. C.; GALVAN, T. L.; Galvão, J. C. C.; SILVA, E. C.; GONTIJO, L. M. Intensidades de perdas, ataque de insetos-praga e incidência de inimigos naturais em cultivares de milho em cultivo de safrinha. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n. 2, p.339-347, 2003.

PILCHER, C. D.; OBRYCKI, J. J.; RICE, M. E.; LEWIS, L. C. Preimaginal development, survival, and field abundance of insect predators on transgenic *Bacillus thuringiensis* corn. **Environmental Entomology**, College Park, v.26, n.2, p.446-454, 1997.

PONS, X.; LUMBIERRES, B.; LOPEZ, C.; ALBAJES, R. Abundance of non-target pests in transgenic Bt-maize: A farm scale study. **European Journal of Entomology**, České Budějovic, v.102, n.1, p.73, 2005.

PRASIFKA, J. R.; LOPEZ, M. D.; HELLMICH, R. L.; PRASIFKA P.L. Effects of insecticide exposure on movement and population size estimates of predatory ground beetles (Coleoptera: Carabidae). **Pest Management Science**, West Sussex, v.64, n. 1, p.30-36, 2008.

PRIESTLEY, A. L.; BROWNBRIDGE M. Field trials to evaluate effects of Bt-transgenic silage corn expressing the Cry1Ab insecticidal toxin on non-target soil arthropods in northern New England, USA. **Transgenic Research**, London, v.18, n. 3, p.425-443, 2009.

QAIM, M.; KOUSER, S. Genetically modified crops and food security. **PLOS ONE**, San Francisco, v.8, 2013.

RAUSCHEN, S.; ECKERT, J.; GATHMANN, A.; SCHUPHAN, I. Impact of growing Bt-maize on cicadas: Diversity, abundance and methods. **IOBC Wprs Bulletin**, Wechsele, v.27, p.37-42, 2004.

RAUSCHEN S.; SCHULTHESIS, E.; HUNFELD, H.; SCHAARSCHMIDT, F.; SCHUPHAN, I. *Diabrotica* resistant Bt-maize DKc5143 event MON88017 has no impact on the field densities of the leafhopper *Zyginidia scutellaris*. **Environmental Biosafety Research**, Les Ulis, v.9, p.87–99, 2010.

REDDY, P.V., NARASIMHA, R. N. VIMALA, D. P.S.; SIVARAMAKRISHMAN Sivaramakrishnan, S.; LAKSHMI, N. M.; DINESH, K. V. Cloning, Characterization, and Expression of a New Cry1Ab Gene from DOR Bt-1, an Indigenous Isolate of *Bacillus thuringiensis*. **Molecular Biotechnology**, New York, v.54, p.795-802, 2013.

REDOAN, A. C. M.; CARVALHO, G. A.; CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. D. L. C; SILVA, R. B. D. Physiological selectivity of insecticides to adult of *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.44, n. 4, p.842-850, 2013.

ŘEZÁČ, M. I. L. A. N.; PEKÁR, S. T. A. N. O.; KOCOUREK, F. R. A. N. T. I. Š. E. K.. Effect of Bt-maize on epigeic spiders (Araneae) and harvestmen (Opiliones). **Plant Protection Science**, Prague, v.42, n. 1, p.1-8, 2006.

RIDDICK, E. W.; BARBOSA, P. Cry3A-intoxicated *Leptinotarsa decemlineata* (Say) are palatable prey for *Lebia grandis* Hentz. **Journal of Entomological Science**, Washington, v.35, p.342–6. 67, 2000.

RODRIGUES, W.C. DivEs - **Diversidade de Espécies** - Guia do Usuário. Seropédica: Entomologistas do Brasil, 2007. 9p. 2007. Disponível em: <<http://www.ebras.bio.br/dives>>. Acesso em: 07 jun. 2016.

RODRIGUES, W.C. **DivEs - Diversidade de espécies** - Versão 2.0. Software e Guia do Usuário. Seropédica, 2005.

RODRIGUEZ F, J.G., SANCHEZ G, J.J., BALTAZAR M, B., DE LA CRUZ-LARIOS, L.; SANTACRUZ-RUVALCABA, E.; RON, J. P.; SCHOPER, J. B. Characterization of floral morphology and synchrony among *Zea* species in Mexico. **Maydica**, Bergamo, v.51, n.2, p.383-398, 2006.

ROMEIS, J., MEISSLE, M.; BIGLER, F. Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. **Nature Biotechnology**, New York, v.24, n.1, p.63-71, 2006.

ROMEIS J.; SHELTON A. M.; KENNEDY, G. G. **Integration of insect-resistant genetically modified crops with IPM systems**. Dordrecht: Springer, 2008. p.223–248.

ROMEIS, J., BARTSCH D., BIGLER, F., CANDOLFI, M.P., GIELKENS, M.M., HARTLEY, S.E., HELLMICH, R.L., HUESING, J.E., JEPSON, P.C., LAYTON R. QUEMADA, H., Assessment of risk of insect-resistant transgenic crops to nontarget arthropods. **Nature Biotechnology**, New York, v;26, n.2, p.203-208, 2008.

ROMEIS, J.; MEISSLE, M.; ÁLVAREZ-ALFAGEME, F.; BIGLER, F.; BOHAN, D. A.; DEVOS, Y.; MALONE, L. A.; PONS, X.; RAUSCHEN, S. Potential use of an arthropod database to support the non-target risk assessment and monitoring of transgenic plants. **Transgenic Research**, London, v.23, n. 6, p.995-1013, 2014.

SANVIDO, O. J.; ROMEIS, A.; GATHMANN, M.; GIELKENS, M.; RAYBOULD, A.; BIGLER, F. Evaluating environmental risks of genetically modified crops – ecological harm criteria for regulatory decisionmaking. **Environmental Science & Policy**, Exceter, v.15, p.82–91, 2012.

SAXENA, D.; STOTZKY, G. Bt corn has a higher lignin content than non-Bt corn. **American Journal of Botany**, Lancaster, v.88, n. 9, p.1704-1706, 2001.

SCHNEPF, E.; CRICKMORE, N.; VAN RIE, J.'; LERECLUS, D.; BAUM, J.; FEITELSON, J.; DEAN, D. H. *Bacillus thuringiensis* and Its Pesticidal Crystal Proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, London, v.62, n.3, p.775–806, 1998.

SCHORLING, M.; FREIER B Six-year monitoring of non-target arthropods in Bt maize (Cry 1Ab) in the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) infestation area Oderbruch (Germany). **Journal of Consumer Protection and Food Safety**, Basel, v.1, p.106–108, 2006.

SEMENTES Agrocere. **Catálogo de produtos**. Disponível em: <http://www.sementesagrocere.com.br/pages/Produto.aspx?p=AG_9010>. Acesso em: 26 mai. 2016.

SHELTON, A. M.; TANG, J. D.; ROUSH, R. T.; METZ, T. D.; EARLE, E. D.. Field tests on managing resistance to Btengineered plants. **Nature Biotechnology**, New York, v.18, p.339 -342, 2002.

SHIRAI Y Effects of transgenic insecticidal crops on environments and ecosystems: literature until 2010. **Bulletin of the National Institute of Agro-Environmental Sciences**, Yatabe, v.30, p.1–38, 2012.

SIMBERLOFF, D.; DAYAN, T. The Guild Concept and the Structure of Ecological Communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.22, p.115 - 143, 1991.

SIMS, S. R.; MARTIN, J. W. Effect of the *Bacillus thuringiensis* insecticidal proteins CryIA(b), CryIA(c), CryIIA, and CryIIIA on *Folsomia candida* and *Xenylla grisea* (Insecta: Collembola). **Pedobiologia**, Jena, v.41, p.412–416, 1997.

SISTERSON, M. S.; BIGGS, R. W.; OLSON, C.; CARRIÈRE, Y.; DENNEHY, T. J.; TABASHNIK, B. E. Arthropod abundance and diversity in Bt and non-Bt cotton fields. **Environmental Entomology**, College Park, v.33, n.4, p.921-929, 2004.

SKOKOVÁ HABUŠTOVÁ, O.; SVOBODOVÁ, Z.; SPITZER, L.; DOLEŽAL P., HUSSEIN, H. M.; SEHNAL, F. Communities of ground-dwelling arthropods in conventional and transgenic maize: background data for the post-market environmental monitoring. **Journal of Applied Entomology**, Oxford, v.139, p.31–45, 2015.

ŠMILAUER, P., LEPŠ, J. **Multivariate analysis of ecological data using CANOCO 5**. 2nd ed. Cambridge: Ed.Cambridge, 2014.

STATSOFT. **Statistica**: data analysis software system. version 10. Cary, 2011.

SUNDERLAND, K.; SAMU, F. Effects of agricultural diversification on the abundance, distribution, and pest control potential of spiders: a review. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.95, p.1–13, 2000.

SVOBODOVÁ Z.; HABUŠTOVÁ O.; SEHNAL, F.; HOLEC, M.; HUSSEIN, H. M., Epigeic spiders are not affected by the genetically modified maize MON 88017. **Journal of Applied Entomology**, Oxford, v.137 n. 1-2, p.56-67, 2013.

SYMONDSON, W. O. C.; SUNDERLAND, K. D.; GREENSTONE, H. M. Can generalist predators be effective biocontrol agents? **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.47, p.561–594, 2002.

TABASHNIK, B. E.; MOTA-SANCHEZ, D. WALON, M. E.; HOLLINGWORTH, R.M.; CARRIÈRE, Y Defining terms for proactive management of resistance to Bt crops and pesticides. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.107, p.496–507, 2014.

TABASHNIK, B.E.; BRÉVAULT, T.; CARRÈRE, Y. Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres. **Nature Biotechnology**, New York, v.31, p.510–521, 2013.

TABASHNIK, B.E.; VAN RENSBURG, J. B. J.; CARRIÈRE, 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.

TAO, S.; QIANG, C.; XINGYI, Z. Effect of tillage system on soil surface arthropod diversity in the black soil region of Northeast China. **Acta Entomologica Sinica**, Washington, v.57, n. 1, p.74-80, 2014.

TENFEN S. Z. A. **Detecção de alterações no proteoma de plantas geneticamente modificadas oriundas de interações sinérgicas e antagonistas da integração e expressão de transgenes**, 2014. 163 f. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

TER BRAAK, C.J.F.; SMILAUER, P. **Canoco reference manual and user's guide: Software for ordination, version 5.0**. Ithaca: Microcomputer Power, 2012. 118 p.

TIAN, J. C.; YAO, J.; LONG L. P.; ROMEIS, J.; SHELTON, A. M. Bt crops benefit natural enemies to control non-target pests. **Scientific Reports**, Tokyo, v.5, 2015.

TORRES, J. B.; RUBERSON, J. R. Abundance and diversity of ground - dwelling arthropods of pest management importance in commercial Bt and non - Bt cotton fields. **Annals of Applied Biology**, Oxford, v.150, n. 1, p.27-39, 2007.

TOSCHKI, A.; HOTHORN, L. A.; ROB-NICKOLL, M. Effects of cultivation of genetically modified Bt maize on epigeic arthropods (Araneae; Carabidae). **Environmental Entomology**, College Park, v.36, n. 4, p.967–981, 2007.

TOSUN, J. **Risk regulation in europe assessing the application of the precautionary principle**. Heidelberg: Springer Briefs in Political Science, 2013. v.3. 2013.

TÓTH, F.; ÁRPÁS, K.; SZEKERES, D.; KÁDÁR, F.; SZENTKIRÁLYI, F.; SZÉNÁSI, A.; KISS, J. Spider web survey or whole plant visual sampling? Impact assessment of Bt corn on non-target predatory insects with two concurrent methods. **Environmental Biosafety Research**, Les Ulis, v.3, n. 4, p.225-231, 2004.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

TRUTER, J.; HAMBURG, H. V.; BERG, J. V.D. Comparative diversity of arthropods on Bt maize and non-Bt maize in two different cropping systems in South Africa. **Environmental Entomology**, College Park, v.43, p.197–208, 2014.

TWARDOWSKI J.P., BEREŚ P., HUREJ M., KLUKOWSKI Z., DĄBROWSKI Z.T., SOWA S., WARZECHA R. The quantitative changes of ground beetles (Col., Carabidae) in Bt and conventional maize crop in southern Poland. **Journal of Plant Protection Research**, Pozamán, v.52, n. 4, p.404, 2012.

ULRICHI, H. Predation by adult Dolichopodidae (Diptera): a review of literature with an annotated prey-predator list. **Studia Dipterologica**, Halle, v.11, p.369-403, 2005.

USEPA - Environmental Protection Agency. **Biopesticide registration action document. Bacillus thuringiensis (Bt) plant-incorporated protectants**. Disponível em: <http://www.epa.gov/opbppd1/biopesticides/pips/bt_brad.htm>. Acesso em> 26 mai. 2016.

VALVERDE, J. R.; MARÍN, S.; MELLADO, R. P.; Effect of herbicide combinations on Bt-maize rhizobacterial diversity. **The Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v.24, n. 11, p.1473-483, 2014.

VAN DEN BRINK P.J.; TER BRAAK, C. J. F. Multivariate analysis of stress in experimental ecosystems by principal response curves and similarity analysis. **Aquatic Ecology**, Dordrecht, v.32, n. 2, p.163-178, 1998.

VAN DENBRINK, P.J.; TER BRAAK, C. J. Principal response curves: analysis of time dependent multivariate responses of a biological community to stress. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v.18, p.138-148, 1999.

VERCESI, M.L.; KROGH, P.H.; HOLMSTRUP, M., Can *Bacillus thuringiensis* (Bt) corn residues and Bt-corn plants affect life-history traits in the earthworm *Aporrectodea caliginosa*?. **Applied Soil Ecology**, New York, v.32, n. 2, p.180-187, 2006.

VET, L.E.; DICKE, M., Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.37, n. 1, p.141-172. 1992.

VIRLA, E. G.; CASUSO, M.; FRIAS, E. A. A preliminary study on the effects of a transgenic corn event on the non-target pest *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). **Crop Protection**, Amsterdam, v.29, p.635-638, 2010.

VOJTECH, E.; MEISSLE, M.; POPPY, G.M. Effects of Bt maize on the herbivore *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) and the parasitoid *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae). **Transgenic Research**, London, v.14, n. 2, p.133-144, 2005.

WEBER, M.; NENTWIG, W. Impact of Bt corn on the dipodid *Allajulus latestriatus*. **Pedobiologia**, Jena, v.50, p.357–368, 2006.

WERLING, B. P.; MEEHAN, T.D.; GRATTON, C.; LANDIS, D. A. Influence of habitat and landscape perennality on insect natural enemies in three candidate biofuel crops. **Biological Control**, Orlando, v.59, p.304–312, 2011.

WHITEHOUSE, M. E. A.; WILSON, L. J.; DAVIES, A. P.; CROSS, D.; GOLDSMITH, P.; THOMPSON, A.; BAKER, G. Target and nontarget effects of novel “triple-stacked” Bt-transgenic cotton 1: Canopy arthropod communities. **Environmental entomology**, College Park, v.43, n. 1, v.218-241, 2014.

WHITEHOUSE, M. E. A.; WILSON, L. J.; FITT, G. P. A comparison of arthropod communities in transgenic Bt and conventional cotton in Australia. **Environmental Entomology**, College Park, v.34, n. 5, p.1224-1241, 2005.

WILSEY, B. J.; CHALCRAFT, D. R.; BOWLES, C.M.; WILLIG, M. R. Relationships among indices suggest that richness is an incomplete surrogate for grassland biodiversity. **Ecology**, Brooklyn, v.86, p.1178-1184, 2005.

WOLFENBARGER, L. L.; NARANJO, S. E.; LUNGREN, J. G.; BITZER, R. J.; WATRUD, L. S. *Bt* crop effects on functional guilds of non-target arthropods: a meta-analysis. **PLoS ONE**, San Francisco, v.3, n. 5, 2008.

WOLFENBARGER, L. L.; PHIFER, P.R. The ecological risks and benefits of genetically engineered plants. **Science**, London, v.290, p.2088-2093, 2000.

YU L.; BERRY, E.; CROFT, B.A. Effects of *Bacillus thuringiensis* toxins in transgenic cotton and potato on *Folsomia candida* (Collembola: Isotomidae) and *Oppia nitens* (Acari: Orbatidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.90, p.113-118, 1997.

YU, H.; LI, Y.; LI, X.; WU, K. Arthropod abundance and diversity in transgenic *Bt* soybean. **Environmental Entomology**, College Park, v.43, p.1124-1134, 2014.

YUAN, Y.; KROGH, P.H.; BAI, X.; ROELOFS, D.; CHEN, F.; ZHU-SALZMAN, K.; LIANG, Y.; SUN, Y.; GE, F. Microarray detection and qPCR screening of potential biomarkers of *Folsomia candida* (Collembola: Isotomidae) exposed to *Bt* proteins (Cry1Ab and Cry1Ac). **Environmental Pollution**, Barking, v.184,p.170-178, 2014.

ZWAHLEN, C.; HILBECK, A.; NETWIG, W. Field decomposition of transgenic *Bt* maize residue and the impact on nontarget soil invertebrates. **Plant and Soil**, The Hague, v.300, p.245-257, 2007.