

TECNOLOGIA BT NO CONTROLE DE Spodoptera frugiperda NA CULTURA DO MILHO¹

João Eduardo Szydloski²
Anderson Clayton Rhoden³
Fabiana Raquel Mühl⁴
Neuri Antonio Feldmann⁵
Vilson José Gabriel⁶

Resumo

O milho é o principal cereal produzido no Brasil, possuindo possibilidade de cultivo em três safras. Devido suas características fisiológicas, a cultura tem alto potencial produtivo. A tecnologia Bt veio para auxiliar na busca por maior produção e redução dos danos pelo ataque de pragas na cultura. Neste sentido, diferentes respostas são obtidas através dessa tecnologia por conta da resistência observada em pragas-alvo. Desta forma, o trabalho busca a análise do uso correto da tecnologia Bt para a redução do uso de inseticidas e minimizar a evolução de pragas, objetivando maior eficiência e produtividade. Essa tecnologia é utilizada, em função dos genes que produzem uma proteína capaz de causar toxicidade intestinal nos insetos/pragas. As plantas de potencial agronômico, como o milho, que possui a tecnologia Bt possuem em seu gene inseticidas eficazes para o controle das principais pragas existentes nas lavouras, que hoje é listada inicialmente pela lagarta-docartucho (*Spodoptera frugiperda*), praga alvo que foi analisada em porcentagem de presença e danos em cinco híbridos de milho utilizados comercialmente, o acompanhamento resultou em uma apresentação de quais tecnologias estão mais suscetíveis a resistência da praga, destacando as demais que apresentam uma baixa incidência, e a possibilidade de identificação do momento de controle do inseto, antes de atingir o índice de 10% de plantas infestadas.

Palavras-chave: Bacillus thuringienses. Milho Bt. Lagarta-do-cartucho.

Introdução

É de conhecimento geral que a cultura do milho (*Zea mays*) tem uma relevância econômica considerável no país e no mundo, porém a produção ainda é baixa quando comparada a resultados de experimentação desenvolvidos na atualidade. O fator que deve atenção é a discrepância entre os resultados de estudos realizados a campo que estão muito distantes das produtividades atuais colhidas nas lavouras nacionais (CONTINI *et al.*, 2019).

¹ Pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

² Centro Universitário FAI - UCEFF. Acadêmico do Curso de Agronomia. E-mail: szy.eduardo@gmail.com

³ Centro Universitário FAI – UCEFF. Engenheiro Agrônomo. Dr. em Agronomia.

⁴ Centro Universitário FAI – UCEFF. Bióloga. Dra. em Agronomia.

⁵ Centro Universitário FAI – UCEFF. Engenheiro Agrônomo. Me. em Fitotecnia.

⁶ Centro Universitário FAI – UCEFF. Engenheiro Agrônomo. Me. em Agronomia.



Vol 2, 2023 - ISSN 2764-9199

No cenário atual, mais precisamente em 15 de novembro de 2022, a população mundial passará a ser de 8 bilhões, essa estimativa será de 8,5 bilhões para 2030 e 9,7 bilhões até próximo do ano 2050, a capacidade de produção e fornecimento de alimentos devem ser questionadas, segundo Organização das Nações Unidas - ONU (2022), haja vista, que a mesma em seus relatórios aponta que a população urbana mundial será de 68% até 2050.

O Brasil está na posição de quarto maior produtor mundial de grãos (arroz, cevada, milho, soja e trigo), ficando atrás somente dos Estados Unidos, China e Índia (EMBRAPA, 2022), porém, a previsão para 2023 é que o Brasil ultrapasse a Índia, ficando em terceiro lugar no ranking de produtores mundiais de grãos. No que se refere na produção de milho, o Brasil está em terceiro lugar no ranking em 2021, consolidou-se com uma produção de 105 milhões de toneladas, dados da FAO (CONAB, 2022).

O milho é uma cultura estratégica no Brasil, pois é cultivado em rotação e sucessão de culturas, tem características como ampla plasticidade e adaptabilidade através de cultivares disponíveis com genótipos adaptados a janelas de plantios maiores, podendo atingir tetos de produtividade na safrinha superiores à safra. Por conta da intensificação no cultivo da cultura, algumas das boas práticas agronômicas vem se perdendo. A rotação de culturas inadequada não utilizando o sistema de plantio direto é uma delas, acarretando em novos problemas e desafios tecnológicos, dentre eles o manejo do solo inadequado, presença de patógenos e oportunidade de novos se desenvolverem, além de pragas mais presentes por conta da migração entre lavouras (CONTINI *et al.*, 2019).

O Brasil é destaque dentre os maiores produtores e exportadores mundiais de milho, onde também registra um elevado consumo doméstico. Na produção brasileira, a safra de inverno, conhecida como safrinha, vem ganhando mais espaço, onde junto com isso, o cultivo de verão vem apresentando tendência de queda. Dessa forma, o país já conta duas safras de milho há algum tempo, sendo a primeira safra (verão) semeada de setembro a dezembro, e a segunda (inverno), de janeiro a abril. Contudo, desde 2019, a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) tem categorizado parte dos dados sobre a produção nacional de milho em uma terceira safra.



Essa safra mais tardia, acontece, especialmente nas regiões produtoras dos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco e de Roraima, onde a semeadura se estende de abril a junho. Os resultados da 3ª safra foram em torno de 1,77 milhões de toneladas no ciclo 2019/20, ou apenas 1,73% da produção brasileira, porém vem apresentando crescimento anual (CONAB, 2019).

Já a segunda safra, fica concentrada na região Centro-Oeste, e representativa para o calendário nacional agrícola do milho. A primeira safra representa 40% da produção nacional, já a segunda safra é representa 60% de toda a produção brasileira. Devido a semeadura da segunda safra de milho ocorrer logo após a colheita da soja e no mesmo local, tem possibilitado uma maior produtividade da safrinha, isso ocorre em razão do aproveitamento dos resíduos de fertilizantes no solo nessas áreas de semeadura (REIS *et al.*, 2016; DEPEC, 2017).

Além disso, o uso de novas tecnologias vem contribuindo para expressivos patamares de produtividade no Brasil. As inovações estão associadas a cultivares de alto potencial genético como, híbridos simples e triplos, e transgênicas, espaçamento reduzido aumentando a densidade de semeadura, melhoria na qualidade de sementes, controle químico de doenças, correção de solos (EMBRAPA, 2017).

Neste contexto, o objetivo do trabalho é acompanhar profissionais da área agrícola, em atividades técnicas referente a implantação e principais manejos da cultura do milho, verificando as diferentes tecnologias entre os híbridos e acompanhar as principais consequências da presença de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho.

Fundamentação teórica

Híbridos e a tecnologia bt

Hoje destaca-se a evolução dos híbridos, os quais são importantes para uma evolução tecnológica e cientifica para a produção do país. Os híbridos são bem conhecidos e sua função hoje é o aumento de produção e a resistência a pragas e doenças, na área



Vol 2, 2023 - ISSN 2764-9199

agronômica. O melhoramento genético é muito importante para a progresso da produção nas lavouras, uma vez que o milho está em muitos pratos não só no Brasil, como no mundo todo, este cereal representa uma grande parcela da nutrição humana e ainda, destaca-se para a alimentação animal, sendo indispensável nas fábricas de ração (FERREIRA, 2010).

O surgimento do híbrido ocorre através do cruzamento de linhagens puras, conforme representada na Figura 1.

Hibrido simples AxB Hibrido simples CxD Hibrido duplo (AxB(x (CxD) Hibrido simples AxB Hibrido simples CxD Fonte: MyFarm (2022).

Figura 1- Cruzamento de Linhagens.

Cabe ressaltar que para o vigor e produtividade somente a primeira geração possui alto rendimento, desta forma é necessário a cada ano buscar um novo cruzamento puro para um híbrido simples e produtivo. Ainda, há outros tipos de híbridos com linhagens diferentes, esses híbridos podem ser duplos ((AxB)x(CxD)), triplos, simples modificado, mas todos eles observando a necessidade da cultura, ou seja, ao analisar a região, solo, clima, poderá ser escolhido o melhor híbrido que se adapte e possua resistência as intemperes do local de semeadura (ROCHA; PEREIRA, 2022).



Vol 2, 2023 - ISSN 2764-9199

Compreender que a ciência aliou suas expertises a agricultura, desta forma, com a iniciação da produção de híbridos, pode-se melhorar estes cada vez mais para alcançar uma produção adequada em escala quantitativa e qualitativa.

Visando o melhor manejo em agroecossistemas e controle de pragas na agricultura os híbridos com tecnologia Bt (*Bacillus thuringienses*) surgem para o auxílio na produção. A tecnologia Bt (*Bacillus thuringienses*) foi desenvolvida para que a planta possua uma maior resistência a pragas e doenças. A tecnologia do milho Bt se fundamenta na mudança e expressão de genes de resistência a insetos-praga para o milho, isolados da bactéria *Bacillus thuringiensis* Berlinger (Bt) (CARNEIRO *et al.*, 2009).

Nesse contexto, destaca-se que o milho Bt é caracterizado pela inserção em plantas de um ou mais genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), que induz a produção de uma ou mais proteínas tóxicas apenas para determinadas pragas (LEITE *et al.,* 2011). Assim, nas espigas, o milho Bt permite reduzir o ataque de insetos em até 90%, diminuindo, consequentemente, a probabilidade de crescimento de fungos através das perfurações provocadas pelos insetos-pragas. Por esse fator, o controle obtido pelas plantas Bt é melhor que os métodos convencionais, diminuindo a demanda por produtos químicos a produção torna-se mais barata para o agricultor e mais sustentável, haja vista a diminuição de resíduos tóxicos que podem causar danos ao meio ambiente (MARQUES, 2011).

Cristais proteicos

O Bacillus thuringiensis é uma bactéria gram positiva, ela possui a habilidade de formar cristais proteicos durante a fase estacionária ou de esporulação dos insetos/pragas. Esse cristal, que é proteico, pode ser chamado de delta-endotoxinas sendo responsável pela sua forma de inseticida para as pragas. Para a produção de milho transgênico Bt, são necessários três requisitos básicos: (i) regeneração *in vitro* do tecido vegetal que será transformado; (ii) a metodologia para a inserção da proteína cry no genoma do milho; (iii) a construção gênica, com genes cry e marcadores de seleção (CARNEIRO *et al.*, 2009).



Vol 2, 2023 - ISSN 2764-9199

A principal forma de toxicidade nos insetos, no caso os lepidópteros, se dá justamente pela proteína Cry, as cepas de Bt são consideradas eficientes pelos estudiosos da área e não possui qualquer malefício aos seres humanos ou outros animais, somente ataca as pragas da família lepidópteros. Os cristais proteicos produzidos pelas bactérias são também conhecidos como proteínas Cry. Atualmente são conhecidos mais de 70 grupos de toxinas Cry, identificados por letras e números (Cry1A, Cry2A), atuando sobre determinado tipo de inseto (Figura 2). Além disso, outras proteínas com atividade inseticida também são produzidas pela bactéria *Bacillus thuringiensis*, entretanto, em menor frequência, sendo elas as proteínas Vip e Cyt (CORTEVA, 2022).

O Bacillus thuringiensis é uma bactéria que ocorre naturalmente no ambiente, atacando lagartas. O gênero Bacillus possui uma fase de esporulação característica no seu desenvolvimento, na qual o esporo bacteriano e cristais proteicos são simultaneamente formados. Tais cristais em Bt, também chamados de delta endotoxinas, são codificados pelos genes cry. As proteínas Cry são tóxicas a um grande número de espécies de insetos, pois a estrutura dessa proteína afeta fatores essenciais ao inseto, como por exemplo, o pH intestinal, o qual é dominante as proteinases digestivas nas membranas das células do epitélio intestinal. (CRUZ et al., 2011). A toxicidade de algumas endotoxinas de Bt é similar à de pesticidas organofosforados, mas, devido à sua especificidade, essas proteínas são relativamente seguras para insetos benéficos e outros animais (LEITE et al., 2011).

Figura 2 - Pragas-alvo da tecnologia de milho Bt.



preferido, reduzindo a área foliar da planta na fase vegetativa da cultura. Também pode ser observado o ataque na fase de emergência das plantas (corte basal) e nas espigas durante a fase de enchimento dos grãos.



(Helicoverpa zea)

Causa redução da fertilidade e do peso dos grãos, além de falhas em toda a espiga.



Lagarta-elasmo (Elasmopolaus lignosellus)

Danifica o sistema condutor de água e nutrientes da planta, induzindo sintomas de murcha e secamento de folhas.



Larva alfinete (Diabrotica speciosa)

Ataca principalmente as raízes, o que culmina na redução da eficiência de absorção de água e nutrientes, tornando a planta debilitada e suscetível ao acamamento.



(Agrotis lositon)

Corta as plántulas rente ao solo. Em plantas mais desenvolvidas provoca o sintoma de "coração morto" ou provocar o perfilhamento excessivo, gerando uma touceira.



Broca-do-colmo (Diatroea saccharalis)

Ataca inicialmente as folhas do cartucho causando furos na superfície foliar. Posteriormente migram para o colmo, abrindo galerias longitudinais e aumentando a susceptibilidade das plantas ao quebramento do colmo.

Fonte: Bayer S.A. (2022).

O mecanismo de ação das proteínas Cry de Bt envolvem a solubilização do cristal no intestino médio do inseto, a ação de proteases sobre a protoxina, a aderência da toxina Cry aos receptores do intestino médio e a sua inserção dentro da membrana apical criando canais de íons ou poros. A degradação dos cristais proteicos por enzimas proteolíticas libera proteínas tóxicas menores, chamadas de delta endotoxinas. A atividade das delta endotoxinas estão restritas ao trato digestivo dos insetos. Após a solubilização, muitas protoxinas devem ser processadas por proteases presentes no intestino médio do inseto para se tornarem toxinas ativas. As proteínas Cry ativadas funcionam junto a receptores e canais iônicos do inseto (TOJO; AIZAWA, 1983 *et al.*, CARNEIRO, 2009).

A utilidade de Bt no manejo de pragas tem aumentado com a descoberta e o desenvolvimento de novas cepas da bactéria e por avanços recentes na engenharia genética,



Vol 2, 2023 - ISSN 2764-9199

os quais permitiram a transformação de plantas cultivadas com a inserção de genes e alto nível de expressão de proteínas de Bt, principalmente em milho. As proteínas Bt são altamente específicas desta maneira abrange uma grande quantidade de pragas, como já mencionado, porém a evolução também traz a resistência a proteína Bt, a estratégia mais utilizada são o manejo de resistência a pragas-alvo ou alta-dose/refúgio, as quais implica a herança recessiva da resistência (LEITE et al., 2011).

O monitoramento a campo é importante para o manejo da resistência, pois em casos de cultivares transgênicas ou híbridas, o monitoramento deve ser sempre pensado quando se trata na resistência das pragas, ou seja, as mudanças referentes as proteínas Bt. O monitoramento pode ser capaz de detectar as mudanças dos genes. A necessidade de estratégias básicas de manejo são o que fazem a tecnologia Bt seja eficiente. As duas estratégias básicas para o manejo da resistência no uso do milho Bt são: (i) expressão de alta dose da proteína Cry no híbrido transgênico; (ii) a utilização da área de refúgio. Considerando os princípios da genética de populações, o mais provável é que os genes de resistência estejam em heterozigose na frequência da resistência baixa, existe uma maior probabilidade de cruzamento entre um indivíduo heterozigoto para resistência com um de refúgio, é permitida a utilização de outros métodos de controle desde que não sejam utilizados bioinseticidas à base de Bt (CARNEIRO et al., 2009).

Refúgio e coexistência

Existem métodos de detectar a incidência de alelos resistente a campo, esses são os métodos fenotípicos e genotípicos, o primeiro mede a suscetibilidade dos insetos pelo contato com as proteínas inseticidas, em bioensaio ou diretamente no tecido vegetal da planta. Já o segundo detecta a frequência com que aos alelos resistem em populações de campo. No Brasil uma das principais estratégias de manejo da resistência de insetos das culturas Bt são a alta dose/refúgio, ou seja, nessa estratégia a grande quantidade de doses de proteína na planta permite adiar a evolução da resistência, onde nessa, a dose de proteína equivale a 25 vezes maior na concentração o que faz com que elimine até 99% da



população alvo. O milho geneticamente modificado é uma tática para o controle de pragas, porém deve-se observar o uso correto dessa tecnologia. A semeadura deve ser feita observando as áreas de refúgio, essas áreas têm por objetivo reduzir o potencial de evolução da resistência dos insetos, ou seja, essas áreas devem ser atraentes para que os insetos/pragas façam sua oviposição, desta forma a área torna-se um reservatório de pragas (LOURENÇÃO *et al.*, 2009).

Bloco Perimetro Em conjunto com outra cultura Plante uma área de Plante uma área de refúgio na forma de um refúgio na forma do Plante uma área de bloco de milho perimetro ou 4 a 6 refúgio de milho convencional adiacente linhas do campo de convencional até 800m à área de milho Bt milho Bt da área de milho Bt Faixa Pivô central Plante uma área de Plante o refúgio na Refúgio refúgio de 4 a 6 linhas proporção recomendada Milho St de milho convencional pela empresa produtora Outra cultura dentro da área de da semente dentro da milho Bt

Figura 03 - Opções de semeadura de refúgio dentro do lote.

Fonte: Becker e Didoné (2015).

As áreas de refúgio deverão ser cultivadas com milho convencional ou milho da mesma época de semeadura e mesmo ciclo do híbrido cultivado, ou seja, de desenvolvimento fenológico parecido. Outro fator importantíssimo é a não mistura das sementes e sim a semeadura de áreas especificas ou alternadas (LOURENÇÃO *et al.*, 2009) como na Figura 3.

Para a utilização do milho Bt, o produtor necessita seguir duas regras: (i) a da coexistência, exigida por lei e definida na Resolução Normativa n° 4, de 16 de agosto de 2007 (CTNBio); (ii) a do Manejo da Resistência de Inseto (MRI), recomendada pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio). Nas embalagens de sementes de milho Bt,



Vol 2, 2023 - ISSN 2764-9199

existe um contrato. Assim, ao abrir a embalagem, o produtor assume responsabilidade de seguir as normas acima (CARNEIRO *et al.*, 2009).

Ainda, nessa mesma linha, a CTNBio determinou através da sua Resolução Normativa n° 4, de 16 de agosto de 2007, as chamadas Normas de Coexistência. Esta Resolução Normativa dispõe sobre as distâncias mínimas entre cultivos comerciais de milho geneticamente modificado e não geneticamente modificado em áreas vizinhas, visando à coexistência entre os sistemas de produção. É uma garantia de opção pelo uso da tecnologia (LOURENÇÃO *et al.*, 2009).

Segundo a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio (2007, Art. 2º) constata que:

[...]Para permitir a coexistência, a distância entre uma lavoura comercial de milho geneticamente modificado e outra de milho não geneticamente modificado, localizada em área vizinha, deve ser igual ou superior a 100 (cem) metros ou, alternativamente, 20 (vinte) metros, desde que acrescida de bordadura com, no mínimo, 10 (dez) fileiras de plantas de milho convencional de porte e ciclo vegetativo similar ao milho geneticamente modificado.

A evolução da resistência aos genes Bt se dá a aplicações de produtos com o mesmo método de ação e também, por não observar o manejo correto da tecnologia Bt, dentro da população existe indivíduos resistentes aos genes, desta forma ao não fazer a troca do híbrido, faz com essa população aumente, ou seja, é necessária uma rotação do produto utilizado. Outro problema quanto a resistência da lagarta sobre o híbrido é a herança dos indivíduos resistentes, ou seja, quando um desses indivíduos suscetíveis se reproduz com outro indivíduo resistentes a carga genética vai se transmitindo, criando novas pragas resistentes. Por esse fator a área de refúgio é tão importante (Figura 4), tornando-se um reservatório de indivíduos suscetíveis (LOURENÇÃO et al., 2009).

🧮 Rəfùgio não Bt Cultura Bt Na natureza, a maioria dos Os insetos suscetíveis às A prole desse cruzamento insetos é sensível às proteinas Bt provenientes continua sendo sensível às das áreas de refúgio cruzam proteínas Bt. As áreas de proteínas Bt, garantindo que refugio permitem que com os raros resistentes as culturas transgênicas alguns deles sobrevivam. oriundos das áreas Bt. resistentes a insetos sigam eficientes. Inseto Suscetivel Maioria dos insetos quando expostos à Suscetivel proteina morrem Resistente Resistente Maioria dos insetos quando expostos à

Figura 04 - Utilização da área de refúgio.

Fonte: CropLife Brasil (2022).

Desta forma, percebe-se que muitos são os benéficos quanto a tecnologia Bt, como a abatimento de perdas referente ao controle biológico das pragas e o uso reduzido de defensivos agrícolas, ocasionando uma menor exposição do trabalhador rural a esses produtos e também, uma não contaminação ambiental e da área que pode ser ocasionado por algumas toxinas. Porém deve ser observada a adoção correta dessa tecnologia. Portanto, conclui-se que a tecnologia Bt é uma grande aliada ao controle de pragas, todavia deve-se utilizar o controle e manejo adequando a essa tecnologia para que não haja problemas futuros, como a resistência de insetos a própria tecnologia (LOURENÇÃO *et al.*, 2009).

A conscientização e educação quanto as cultivares e seus adequados meios de plantio deve ocorrer de todos os interessados, agrônomos, agricultores, empresas tecnológicas e agronegócio, assim, se conseguirá uma produção adequado e um alto



Vol 2, 2023 - ISSN 2764-9199

rendimento agronômico para nosso país, um dos principais produtores do milho, observando assim, o meio ambiente em suas diversas formas de preservação.

Lagarta-do-cartucho Spodoptera frugiperda

A cultura do milho é atacada por diversos insetos durante todo o seu ciclo, entretanto a *Spodoptera frugiperda*, popularmente conhecida como lagarta-do-cartucho está entre a mais danosa, pois ataca as plantas tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva. Estima-se que no Brasil, os prejuízos anuais podem ultrapassar U\$ 400 milhões, onde a redução de produtividade pode chegar à 60%, dependendo da cultivar e da época de ataque (ROSA, 2010).

Durante o dia, pode-se encontrar a mariposa sob a folhagem, próxima ao solo ou entre as folhas fechadas do cartucho do milho. Sendo assim, o ataque da *Spodoptera frugiperda* inicia pela deposição de ovos nas folhas, os quais são acinzentados, e posteriormente originarão lagartas muito pequenas, as quais raspam as folhas mais novas do milho, alimentando-se somente de um lado da folha (ROSA, 2010).

A fase larval tem duração de 12 a 30 dias, e ao final desse ciclo a lagarta atinge até 50mm de comprimento, nessa fase desce ao solo para empupar. A fase pupal tem duração aproximada de 14 dias. Já as mariposas possuem em torno de 30 a 40mm de envergadura, as asas posteriores são esbranquiçadas e as anteriores apresentam coloração marromacinzentada. Cada fêmea consegue colocar 2 mil ovos, onde em média, são depositados 150 a 200 unidades em cada postura. O ciclo da *Spodoptera frugiperda* se completa em torno de 25 dias, e com isso possibilita o desenvolvimento de várias gerações anuais. O hábito alimentar da lagarta-do-cartucho é polífago, onde ataca gramíneas (Poaceae), leguminosas (Fabaceae), solanáceas, crucíferas e plantas de outras famílias botânicas (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Os danos causados pela lagarta-do-cartucho podem ocorrer logo após a dessecação, onde a lagarta se alimenta das plântulas de milho, reduzindo a população de plantas das lavouras. Além disso, a *Spodoptera frugiperda* também pode abrir galeria na base de plantas



Vol 2, 2023 - ISSN 2764-9199

que estão nas fases iniciais, causando a morte da planta. As lagartas se alojam no "cartucho" da planta, se alimentando das folhas e podendo também, seccionar o pendão. Além disso, a lagarta-do-cartucho pode acometer a base da espiga ou penetrar na espiga para se alimentar de grãos antes que atinjam a maturação fisiológica. Esse comportamento ocorre quando a lagarta ainda não completou o desenvolvimento larval antes da emissão do pendão (RIBEIRO *et al.*, 2016).

Sendo assim, é fundamental realizar o monitoramento das lavouras visando a determinação do nível de dano econômico, o qual é definido como a menor densidade populacional da praga capaz de provocar perdas econômicas. Diante disso, o nível populacional desta lagarta nas lavouras deve ser averiguado semanalmente, onde a vistoria dever ser realizada em 100 plantas por hectare, distribuídas por cinco pontos de amostragem (GALLO *et al.*, 2002).

O estágio de desenvolvimento da cultura deve ser considerado para determinar o nível de controle para lagarta-de-cartucho, sendo em áreas com plantas com 25 a 30 dias após semeadura, deve-se realizar o manejo quando existe uma média de 20% das plantas infestadas. Já após este período, o nível é reduzido para 10% das plantas atacadas, pois nesta fase, o milho torna-se mais sensível aos danos desta praga (ROSA *et al.*, 2012).

Segundo Ribeiro *et al.* (2016), para realizar o controle da lagarta-do-cartucho deve-se realizar a dessecação de forma antecipada na cobertura vegetal, aplicar inseticida em présemeadura do milho em áreas infestadas, juntamente fazer o uso de genótipos resistentes (milho Bt) e tratar as sementes com inseticidas sistêmicos, essas são medidas para reduzir os danos da *Spodoptera frugiperda* no cultivo de milho. Segundo o autor, caso haja necessidade de realizar a aplicação de inseticidas em pós-emergência das plantas, utiliza-se preferencialmente os seletivos aos inimigos naturais, sendo a tesourinha e algumas espécies de moscas e vespas que parasitam ovos e lagartas.

Metodologia



Vol 2, 2023 - ISSN 2764-9199

O trabalho foi desenvolvido baseado no acompanhamento de lavouras de milho, desde a semeadura até os estádios VT (Pendoamento) e, em alguns casos, R1 (Florescimento). O foco a observação das possíveis diferenças de resistência à *Spodoptera frugiperda* entre as tecnologias implantadas nos híbridos. As tecnologias observadas no campo das distintas marcas comerciais foram PRO3, PRO4, Leptra POWER COR e Leptra POWER COR Ultra. O foco a lagarta foi por conta de ser a principal praga com incidência na região monitorada.

Os monitoramentos realizados para avaliação das tecnologias e da presença das lagartas consistiram de visitas técnicas semanais a cinco lavouras de milho ao longo de quatro semanas, todas localizadas na região do Médio Alto Uruguai.

Foram realizadas avaliações da porcentagem da presença da lagarta *Spodoptera frugiperda* nos híbridos de milho em cada área, quantidade de raspagem ou cortes nas plantas atacadas e, também, a escala de desenvolvimento da lagarta ao longo das semanas, mensurado através de um manual técnico disponibilizado pela empresa de realização do estágio, denominado de manual exclusivo DuPont Pioneer e suas afiliadas.

As avaliações realizadas no campo iniciaram com a escolha de uma linha de semeadura, com distância mínima de 25 linhas de semeadura a contar do limite da lavoura, sendo escolhidas e avaliadas 25 plantas e, após um intervalo de 10 linhas, procedia-se a avaliação de mais 25 plantas, totalizando 50 plantas por monitoramento.

Após as avaliações no campo, os dados eram contabilizados em um quadro para acompanhamento e visualização das diferenças entre as tecnologias observadas. Nesse quadro os nomes dos híbridos comerciais foram substituídos por letras de A até E.

Após as avaliações dos híbridos com maior ou menor resistência, se necessário, era recomendado ao produtor rural realizar a aplicação de produtos químicos visando controle dos insetos caso os híbridos de determinada tecnologia apresentarem falhas no seu controle.

Ao analisar as 50 plantas era realizado uma amostragem de algumas plantas com a presença de dano, onde verificava-se a presença da lagarta dentro do cartucho. Nos casos



Vol 2, 2023 - ISSN 2764-9199

onde foi tomado a decisão de posicionamento químico para controle, foi após as lavouras apresentarem 10% ou mais de presença da lagarta.

As aplicações eram realizadas de distintas formas, pois dependia da aceitação e condição do produtor. As aplicações foram realizadas com equipamento acoplado ao trator, com autopropelido ou aplicação aérea com drones de pulverização.

Para o controle das pragas foi optado pelo controle químico com a utilização de inseticidas, sendo um deles o Exalt, inseticida não sistêmico de origem biológica do grupo químico das espinosinas, na dose de 150 mL/ha, associado a um desalojante biológico. Em outros casos foi utilizado o produto químico Lannate, inseticida sistêmico e de contato, do grupo químico metilcarbamato de oxima, na dose de 1 L/ha, associado a um desalojante biológico.

Apresentação e discussão dos dados

Atualmente o mercado conta com uma vasta gama de tecnologias, desenvolvidas para deixar os híbridos resistentes ao ataque de insetos-praga e também aos princípios ativos dos inseticidas, o que permite aperfeiçoar a tomada de decisão quanto ao híbrido, produto, rotação de princípios ativos e manejo da lavoura, o que gera benefícios econômicos e ambientais.

A negligência no manejo das lavouras, especificamente pela inadequada tomada de decisão quanto a aplicação de inseticidas, a rotação de princípios ativos e de culturas, vem causando a perda de eficiência das tecnologias presentes nos híbridos, o que levou as instituições de pesquisa a buscarem novas tecnologias visando o manejo sustentável das lavouras. Outro aspecto importante a destacar é que muitos produtores utilizavam de maneira equivocada as tecnologias e, no tocante as áreas de refúgio, estas eram, muitas vezes, desconsideradas, promovendo o surgimento de pragas resistentes às tecnologias.

A partir das observações das pragas à campo, especificamente *Spodoptera frugiperda*, foi elaborado o Quadro 1 como comparativo e avaliação durante o monitoramento. Evidenciou-se no campo uma avaliação de cinco materiais, baseado nesses



Vol 2, 2023 - ISSN 2764-9199

dados apresentados, destaca-se um posicionamento de quais das tecnologias acompanhadas estão com maior suscetibilidade da presença de *Spodoptera frugiperda*.

Quadro 1 - Atividade de Monitoramento da Lagarta-do-cartucho.

Material	Tecnologia	1ª Semana/Milho V1-V2			2ª Semana/Milho V3-V4			3ª Semana/Milho V5-V6			4ª Semana/Milho V7-V8		
		% Prese	Nível de D	Instar de D.	% Presença	Nível de Dano	Instar de D.	% Presença	Nível de Dano	Instar de D.	% Presença	Nível de Dano	Instar de D.
А	Pro4	0%	-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%	-	•
В	Pro3	0%	-	-	5%	BAIXO	2°	10%	MÉDIO	3°	15%	ALTO	5°
С	Pro3	0%	-	-	2%	BAIXO	2°	6%	MÉDIO	4°	10%	ALTO	5°
D	VYHR	0%	-	-	1%	BAIXO	2°	4%	BAIXO	2°	1%	BAIXO	2°
E	PWU	0%	-	-	0%	•	-	0%	-	-	1%	BAIXO	2°

Fonte: Do autor (2022).

Segundo Burtet *et al.* (2017), as épocas da semeadura de milho vão de agosto a janeiro na região sul do país, e que nas primeiras áreas de semeadura as infestações tendem a ser baixas quando comparadas as de semeadura mais tardia, nas quais a lagarta-do-cartucho aumenta a densidade populacional. Podendo comprometer o rendimento da cultura em até 57% dependendo do híbrido e cultivo adotado, declarando-se assim a principal praga do milho no Brasil.

A partir das avaliações a campo (Quadro 1), evidenciou-se que todos os híbridos não apresentaram infestação na primeira semana, os híbridos A e E não apresentaram infestação na segunda semana e os híbridos B, C e D apresentaram baixa infestação. Na terceira semana os híbridos A e E não apresentaram infestação, o híbrido D apresentou baixa infestação e os híbridos B e C passaram a apresentar médio grau de infestação. Na quarta semana o híbrido A não apresentou infestação, os híbridos D e E apresentaram baixa infestação e os híbridos B e C passaram a apresentar alto grau de infestação.

Os híbridos B e C, que apresentaram a presença das lagartas nos materiais, evolução nos níveis de danos e instares de desenvolvimento são características de falha na ação da tecnologia BT sobre as pragas. Já quanto ao desenvolvimento do material D, que apesar de ter sofrido de danos e ter a presença da lagarta se manteve eficaz no controle das pragas através da tecnologia presente. A tecnologia age após as pragas ingerirem parte da planta,



Vol 2, 2023 - ISSN 2764-9199

não causando danos consideráveis a perdas de produção. Mesma situação que veio ocorrer no material E após a infestação. E referente ao material A, não teve infestação no campo, consequentemente se manteve dentro do bom uso da tecnologia.

O mesmo trabalho de avaliação poderia se estender, para observarmos o comportamento dos híbridos que tiveram altos níveis de danos após aplicação de controle químico, o mesmo que foi recomendado pela empresa de realização de estágio após 10% de presença da praga *Spodoptera frugiperda* no cultivo.

O parâmetro de intervenção de aplicação de produtos, a partir de 10% de presença de lagartas, também foi utilizado na pesquisa do uso da tecnologia Bt e inseticidas, realizada em Santa Maria nos anos de 2015/2016 (BURTET *et al.*, 2017).

Outro fator que foi apresentado no acompanhamento, foi a infestação com baixos níveis nas primeiras semanas, isso se explica conforme estudos que apresentam menor infestação nos cultivos com semeadura mais adiantados.

De acordo com Rosa (2011), a uma relação de presença de lagartas quanto ao período de cultivo da cultura, onde o trabalho realizado em três safras apresentou relação direta com o período de cultivo da cultura, afirmando que apresenta maior incidência nos cultivos com semeadura mais tardios, e também a uma influência da temperatura e da disponibilidade hídrica, sobre o nível de ataque de lagartas na cultura do milho.

Segundo Sitolo (2002), a variância de idade de ataque dos híbridos, foi significativa, o mesmo avaliou outros fatores como locais diferentes de semeadura e genótipos diferentes, onde ambos apresentaram variação de ataque entre idade de plantas. O trabalho também teve uma avaliação em estádio V8, porém se apresentou com danos inferiores a estádios V10.

Já no acompanhamento a campo a situação era semelhante, porém em estádios de V4 até V8, que ocorreram nos híbridos não tolerantes, com a semelhante evolução na quantidade lagarta-do-cartucho presente nas plantas.

Para facilitar a identificação da intensidade de danos nas plantas de milho, DuPont (2012) recomenda a utilização da escala de Davis, a qual permite a identificação do nível de dano na planta e com isso a melhor tomada de decisão quanto a entrada com o controle



químico. Conforme a escala de Davis, a entrada com o controle químico deve ocorrer quando mais de 10% das plantas estão em nível maior ou igual a 3, todavia, cabe salientar que o monitoramento em todos os momentos da cultura no campo é relevante.

Desta forma o acompanhamento possibilitou fazer uma escala própria da intensidade de danos da lagarta-do-cartucho (Figura 6) após a observação a campo. Apresentado em forma de baixo, médio e alto nível de dano, onde a recomendação seria após 10% da lavoura apresentar o nível baixo ou maior de dano da *Spodoptera frugiperda*.

Figura 6 - Guia de Imagens - Danos Lagarta-do-cartucho em função do nível de dano.

BAIXO MÉDIO ALTO De nenhum dano, até lesões de 1,3 cm De 4 a 7 lesões alongadas de até 2,5 cm De 8 ou mais lesões de tamanho irregular

Fonte: Adaptado de DuPont (2012).

Ao avaliar os instares de desenvolvimento das lagartas, segundo DuPont (2012), é possível seguir o mesmo raciocínio de escalas utilizando-se o baixo, médio e alto desenvolvimento (Figura 7) para observação e comparativo no campo. A escala serviu de base para identificação e interpretação dos instares das lagartas influenciando diretamente nas tomadas de decisão. A escala foi utilizada no campo como uma ferramenta de base. Onde a presença da lagarta é considerada um sinal de alerta, e deve ser monitorado com foco no seu ataque, abrindo a identificação se à uma necessidade de controle químico ou a tecnologia presente no híbrido de milho fara o controle.



Figura 7 - Guia de Imagens – Instares de desenvolvimento das lagartas.



Fonte: Adaptado de DuPont (2012).

Considerações finais

O acompanhamento dos cinco híbridos de milho monitorados foi significativo, dado que foi apresentado uma distinção entre eles, sendo que os híbridos B e C apresentaram falhas no controle da lagarta-do-cartucho, ou seja, são materiais suscetíveis, demonstrando que o uso complementar do controle seja ele químico ou biológico, em híbridos de tecnologia PRO3 se fazem indispensável no campo. No entanto a escolha correta dos híbridos A, C e E com resposta positiva sobre a lagarta do cartucho, demonstrando que as tecnologias PRO4, VYHR e PWU podem ser alternativas de minimizar uso de controles, e assim, reduzir custos.

Apesar disso, a necessidade de monitoramento é indispensável no campo, e muitas vezes o entendimento dessas tecnologias presentes nos híbridos, nem sempre serão feitos pelo homem do campo e sim por um Engenheiro Agrônomo que deve realizar essas orientações podendo mudar o futuro do cultivo. A orientação e acompanhamento com a presença da lagarta pode influenciar o momento de controle, onde as escalas desenvolvidas podem passar a ser usadas para facilitar um maior entendimento.



Sendo assim, deve ser previsto a necessidade do acompanhamento anteriormente aos 10% de danos na cultura. Também se faz relevante para abrangência na discussão a sequência da coleta de dados até o final da cultura, podendo acompanhar instares do desenvolvimento da lagarta que não foram evidenciados no período de estágio e também a resposta dos controles de químicos recomendados pela empresa nos híbridos que apresentaram a necessidade.

Referências

BAYER. **A evolução da Família VT PRO**. Disponível em: https://www.agro.bayer.com.br/. Acesso em: 22 novembro 2022.

BECKER, Joseane; DIDONÉ, Daniela. **Boas Práticas de manejo com a chegada da tecnologia Leptra.** 2015. Disponível em:

https://www.pioneersementes.com.br/DownloadCenter/Comunicado-Tecnico-Boas-Praticas-de-Manejo.pdf. Acesso em: 22 novembro 2022.

BURTET, Leonardo M. *et al.* **Manejo da lagarta-do-cartucho com uso de milho Bt e inseticidas no Sul do Brasil.** Departamento de Defesa Fitossanitária. Universidade Federal de Santa Maria. 2017.

CARNEIRO, Andréia Almeida et al. **Milho Bt:** Teoria e Prática da Produção de Plantas Transgênicas Resistentes a Insetos-Praga. MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento). Sete Lagoas, MG, 2009.

CONAB. **2° Levantamento safra 2022/23**. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos. Acesso em: 13 novembro 2022.

CONTINI, Elosio *et al.* **Milho:** caracterização e desafios tecnológicos. Serie desafios do agronegócio brasileiro. Embrapa. Disponível em:

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf. Acesso em: 13 novembro 2022.

CORTEVA. **Tecnologia Bt Manejo da Resistência de Insetos Áreas de Refúgio**. Manual Corteva. Disponível em:

https://www.corteva.com.br/content/dam/dpagco/corteva/la/br/pt/bpa-site/ebooks/pdfs/Ebook_MIP_Tecnologia_Bt_Manejo_da_Resistencia_de_Insetos_Area_de_refugio.pdf. Acesso em: 13 novembro 2022.



CROPLIFE. **Refúgio Agrícola: tudo o que você precisa saber para garantir a segurança da sua lavoura.** Disponível em: https://boaspraticasagronomicas.com.br/boas-praticas/refugio-agricola/. Acesso em: 22 novembro 2022.

CRUZ, Jose Carlos *et al.* **Milho: O produtor pergunta, a Embrapa responde.** Embrapa Informação Tecnológica. Brasília. 2011.

CRUZ, Jose Carlos *et al.* Sistema de produção de milho safrinha de alta produtividade: safras 2008 e 2009. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica** (INFOTECA-E), 2011.

EMBRAPA, Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos. 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/75085849/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produtores-mundiais-de-alimentos. Acesso em: 15 novembro 2022.

GALLO, Domingos *et al*. **Entomologia Agrícola.** Piracicaba: Fundação de Estudo Agrários Luiz de Queiroz, 2002.

LEITE, Natália Alves et al. O milho Bt no Brasil: a situação e evolução da resistência de insetos. Documentos/Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011.

LOURENÇÃO, André Luiz *et al.* **Milho Bt:** Uso Correto da Tecnologia. Dia de Campo. Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno. Disponível em: http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7B72F91FD2-F929-4A7B-8EA2-1F10743DA94B%7D_06_milho_bt_uso_correto_da_tecnologia.pdf. Acesso em: 13 novembro 2022.

MYFARM. **Saiba tudo sobre híbridos de milho:** o que são e outros fatores. Disponível em: https://www.myfarm.com.br/hibridos-de-milho/. Acesso em: 08 dezembro 2022.

ONU. **ONU-Habitat**: população mundial será 68% urbana até 2050. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-populacao-mundial-sera-68-urbana-ate-2050. Acesso em: 13 novembro 2022.

PEREIRA FILHO, Israel Alexandre *et al.* **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

RIBEIRO, Leandro Prado *et al*. **Pragas e doenças do milho:** diagnose, danos e estratégias de manejo. Boletim Técnico, 2016.

ROCHA, Fabiani da.; PEREIRA, Felipe Bermudez. **Predição de Híbridos e Macho Esterilidade Genético Citoplasmática.** ESALQ. USP. Disponível em:



http://www.esalq.usp.br/departamentos/lgn/lgn0313/jbp/Predi%E7%E3o%20de%20H%EDb ridos%20e%20Macho%20Esterilidade%20Gen%E9tico%20Citoplasm%E1tica.pdf. Acesso em: 13 novembro 2022.

ROSA, Ana Paula Schneid Afonso. **Monitoramento da lagarta-do-cartucho do milho.** Embrapa Clima Temperado-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2010.

ROSA, Ana Paula Schneid Afonso *et al*. Eficiência de inseticidas aplicados via semente e via foliar no controle da lagarta-do-cartucho na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha,** 2012.

ROSA, Ana Paula Schneid Afonso *et al.* **Avaliação de danos da lagarta-do-cartucho à cultura do milho com base no monitoramento de plantas atacadas em três safras agrícolas.** Embrapa Clima Temperado. 2011. Disponível em: http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/149/122. Acesso em: 23 novembro 2022.

SILOTO, Romildo Cássio. Danos e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho. USP. 2002. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11146/tde-08012003-105735/publico/romildo.pdf. Acesso em: 23 novembro 2022.