

SUSCETIBILIDADE DE *Spodoptera frugiperda* ALIMENTADA COM DIFERENTES TECNOLOGIAS DE MILHO À BACULOVÍRUS¹

CORRÊA, Marcos Costa²

RESUMO

Spodoptera frugiperda, conhecida como lagarta-do-cartucho e é uma praga capaz de causar danos em várias culturas como a soja, algodão, sorgo, arroz e especialmente o milho. A ocorrência da lagarta-do-cartucho pode reduzir a produtividade de grãos de milho em até 60%. Dentro deste contexto uma excelente ferramenta para o manejo da lagarta-do-cartucho na cultura do milho são os baculovírus, como o SfMNPV. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência do baculovírus SfMNPV sobre *S. frugiperda* alimentada em diferentes biotecnologias de cultivares de milho. O experimento foi conduzido no espaço da empresa AgriVeneza no município de Nova Veneza, Goiás. Do momento da eclosão até a utilização dos insetos nos experimentos, as lagartas foram alimentadas com folhas de milho convencional AG1051. Ao atingirem o segundo ínstar larval as lagartas foram transferidas para se alimentarem dos tratamentos: AG1051, AG8061 (Cry1A.105+Cry2Ab2), P3707VYH (Cry1Ab + Cry1F + Vip3Aa20), AG1051 + SfMNPV, AG8061 + SfMNPV e P3707VYH + SfMNPV. O delineamento experimental foi inteiramente aleatorizado (DIA) contendo 6 tratamentos compostos por 3 grupos de repetições contendo 30 unidades experimentais (UE). A EU experimental contou com uma placa de Petri forrada por papel filtro úmido, uma folha de milho e uma lagarta. As avaliações foram realizadas a cada 24 h por um período de 8 dias. Os valores de mortalidade foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas por teste de Tukey. A maior eficiência de controle dos insetos ocorreu no tratamento com a biotecnologia recente P3707VYH, seguida pelos tratamentos que continham SfMNPV.

Palavras-chave: Controle biológico. Lagarta-do-cartucho. Transgênico.

ABSTRACT

Spodoptera frugiperda, known as fall armyworm, is an important pest capable of causing damage to various crops such as soybeans, cotton, sorghum, rice and especially corn. The occurrence of fall armyworm can reduce corn grain yield by up to 60%. Within this context, baculoviruses, such as SfMNPV, are an excellent tool for managing fall armyworm in corn. Thus, the objective of this work was to evaluate the efficiency of the SfMNPV baculovirus on *S. frugiperda* fed on different biotechnologies of maize cultivars. The experiment was

¹ Trabalho de Conclusão de Curso orientado pelo(a) professor(a) Izabely Vitória Lucas Ferreira, como requisito final para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo no segundo semestre de 2022, na Faculdade de Inhumas FacMais.

² Acadêmico(a) do 8º Período do Curso de Engenharia Agrônômica da FacMais. E-mail:

marcoscorrea@aluno.facmais.edu.br

conducted at the company AgriVeneza in the municipality of Nova Veneza, Goiás. From the moment of hatching until the insects were used in the experiments, the caterpillars were fed with leaves of conventional maize AG1051. Upon reaching the second larval instar, the caterpillars were transferred to feed on the following treatments: AG1051, AG8061 (Cry1A.105+Cry2Ab2), P3707VYH (Cry1Ab + Cry1F + Vip3Aa20), AG1051 + SfMNPV, AG8061 + SfMNPV and P3707VYH + SfMNPV. The experimental design was completely randomized (DIA) containing 6 treatments composed of 3 groups of repetitions containing 30 experimental units (UE). The experimental EU had a Petri dish lined with wet filter paper, a corn leaf and a caterpillar. Assessments were performed every 24 h for a period of 8 days. Mortality values were submitted to ANOVA and means compared by Tukey's test. The highest insect control efficiency occurred in the treatment with the recent biotechnology P3707VYH, followed by the treatments containing SfMNPV.

Key Words: Biological control. Fall armyworm. Transgenic.

1. INTRODUÇÃO

A *Spodoptera frugiperda*, conhecida como a lagarta-do-cartucho, é uma espécie pertencente à Ordem Lepidoptera e Família Noctuidae. A lagarta é importante praga agrícola mundial capaz de causar danos em uma ampla gama de culturas como a soja, algodão, sorgo, arroz e especialmente o milho. A espécie é nativa das Américas, porém tem se espalhado pelo globo e sua invasão biológica já foi relatada na África Ocidental em 2016 e desde então, essa praga foi detectada na África Subsaariana e no Norte da África, Ásia e Oceania (YAINNA *et al.*, 2021).

O ciclo da praga pode variar em função das condições ambientais e do hospedeiro. Porém, normalmente a lagarta pode viver de 15 a 35 dias, passando por em média cinco ínstaros (estádios de desenvolvimento). Utilizando suas mandíbulas, as lagartas se alimentam das plantas hospedeiras e ao final do período larval descem para o solo, onde penetram e transformam-se em pupas. Das pupas emergem as mariposas, que apresentam longevidade de cerca de 7 a 21 dias. Durante esse tempo, as mariposas podem se dispersar por pelo menos 800 metros à medida que se movimentam, acasalam geralmente no período noturno e realizam a postura de novos ovos (CRUZ, 1995).

Apesar de já ter sido relatada em mais de 350 espécies vegetais

(MONTEZANO *et al.*, 2018) a principal cultura atacada pela lagarta-do-cartucho é a cultura do milho e a praga danifica preferencialmente o cartucho, porém seus danos podem ocorrer em todos os estágios de crescimento da planta. Nas infestações precoces as lagartas podem ser encontradas atacando plântulas, causando a desfolha total e perda da colheita. No período vegetativo a alimentação das larvas causa lesões graves nas folhas, enquanto infestações tardias levam a danos nas espigas. Os danos resultam em perdas quantitativas e qualitativas. Os danos de *S. frugiperda* no milho durante os estágios finais de crescimento, pouco antes da emergência do pendão, podem resultar em danos às espigas e perdas de rendimento expressivas (KUATE *et al.*, 2018).

A ocorrência da lagarta-do-cartucho pode reduzir a produtividade de grãos de milho em até 60%, de acordo com a época de semeadura, o híbrido de milho e o estágio de crescimento da planta em que ocorre o dano (CRUZ, 1995). O excesso de inseticidas químicos convencionais expõe a praga a elevadas pressões de seleção por inseticidas, propiciando um ambiente favorável para a evolução da resistência (OMOTO *et al.*, 2016). Por esses motivos a *S. frugiperda* está sendo considerada pelos produtores uma praga de difícil controle.

O custo para o controle da lagarta militar é alto e de acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), só o Brasil gasta cerca de US \$600 milhões por ano na tentativa de controlar essa praga (WILD, 2017). As recomendações usuais para o controle da *S. frugiperda* são o tratamento de sementes nas fases iniciais da cultura do milho, o uso de plantas transgênicas contendo genes do *Bacillus thuringiensis* (Bt) e a aplicação de inseticidas.

Contudo, devido a praticidade de uso pelo produtor, a principal estratégia de controle de *S. frugiperda* tem sido o uso de plantas de milho geneticamente modificadas que expressam as toxinas Cry ou Vip (ou seja, milho Bt). Porém devido à crescente ocorrência de populações de *S. frugiperda* resistentes a algumas toxinas Bt (GARLET, C.G *et al.*, 2021), o controle tem sido dificultado, sendo necessário, por isso, realizar pulverizações de inseticidas mesmo em plantas de milho Bt (BURTET *et al.*, 2017). Assim, a agricultura intensiva nestas áreas proporcionou condições para a evolução de populações de *S. frugiperda* resistentes às tecnologias Bt e aos insumos sintéticos. O uso

excessivo de inseticidas não só contribui para evolução da resistência, como também elimina os inimigos naturais colaborando com o aumento da ocorrência da praga.

Por outro lado, em busca de uma agricultura sustentável, nos últimos anos temos presenciado a ascensão do controle biológico de pragas. Dentro deste contexto uma excelente ferramenta para o manejo da lagarta-do-cartucho na cultura do milho são os baculovírus. Os Baculovírus constituem o maior grupo de vírus de insetos e são específicos para uma ou poucas espécies relacionadas. Os vírions responsáveis pela infecção inicial são revestidos por uma matriz proteica denominada corpo de oclusão ou poliedro. Esta proteção dos poliedros permite a formulação de bioinseticidas com fácil tecnologia de aplicação, econômicos e mais seguros em relação aos inseticidas químicos. No Brasil as pesquisas com o baculovírus *Spodoptera frugiperda multiple nucleopolyhedrovirus* (SfMNPV) tiveram início na década de 1980, com a coleta de lagartas contaminadas, o isolamento e caracterização do vírus (VALICENTE; CRUZ, 1991).

Vale ressaltar que os Baculovírus são agentes de controle biológico que não causam danos à saúde dos aplicadores, não contaminam o meio ambiente e não deixam resíduos nos produtos. Além disso são inofensivos para os microrganismos, as plantas, os vertebrados e outros invertebrados que não sejam insetos. E atualmente, se encontram registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e disponíveis no mercado, vários produtos à base de SfMNPV (AGROFIT, 2022).

Fatores como o alto potencial reprodutivo, excelente capacidade de dispersão, ciclo biológico relativamente curto e polifagia, fazem da *S. frugiperda* uma praga de difícil controle. Além, das características intrínsecas da espécie a sucessão de culturas do modelo de agricultura intensiva oferece plantas hospedeiras como o milho, sorgo, soja e algodão o ano todo, em ambientes com altas temperaturas tornando o manejo da praga um desafio para os produtores. A diversificação das estratégias de controle de *S. frugiperda* é uma opção para mitigar a evolução de resistência tanto a tecnologia Bt quanto aos inseticidas químicos convencionais podendo levar a um manejo sustentável da praga em uma cultura tão importante quanto a do milho.

Desta forma o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência do baculovírus

SfMNPV sobre *S. frugiperda* cultivada em diferentes biotecnologias presentes nos cultivares de milho atuais.

2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no espaço da empresa AgriVeneza que fica localizada no município de Nova Veneza em Goiás (16°22'22" S e 49°19'13" O).

2.1 Criação dos insetos-praga

A população de *S. frugiperda* utilizada nos experimentos, foi obtida da criação estoque estabelecida no laboratório da empresa AgBiTech. As mariposas foram acondicionadas em gaiolas cilíndricas com tamanho de 15 cm de diâmetro por 20 cm de altura, revestidas na parte interna inferior com papel ofício e na parte interna superior com tecido voile, ambos possuem como função ser substrato de oviposição. A alimentação dos adultos foi feita com solução de mel diluída a 20% fornecido em roletes de algodão postos na parte superior da gaiola. O papel utilizado como substrato de oviposição foi trocado a cada 2 dias.

A ambiência da sala de criação das mariposas teve as especificações de temperatura (T) $24 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa (UR) de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas e a sala dos imaturos até o momento da instalação do experimento contou com a temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa UR de $50 \pm 10\%$ e a fotofase de 12 horas.

As posturas coletadas foram transferidas para copos plásticos de 550 mL com tampa. Do momento da eclosão até a utilização dos insetos nos experimentos, as lagartas foram alimentadas com folhas de milho convencional (Híbrido Convencional, AG 1051, Agrocere).

2.2 Obtenção das plantas de milho

Para obtenção das folhas que foram oferecidas como alimento às lagartas, sementes de milho dos cultivares descritos na Tabela 1 foram plantadas em canteiro. O solo do canteiro era um latossolo vermelho-argiloso

característico da região onde o experimento foi realizado. O canteiro foi irrigado pelo início da manhã por 15 minutos ao dia até as plantas atingirem o estágio vegetativo (V1), quando as folhas estavam completamente desenvolvidas e foram utilizadas no experimento.

Tabela 1. Descrição, nome comercial, tecnologia, marca comercial e proteínas expressas pelos cultivares para controle de insetos, Inhumas, 2022.

Descrição	Nome comercial	Tecnologia	Marca	Proteína Bt para controle de insetos
Híbrido de Milho Convencional	AG 1051	Não Possui	Agrocerec	Não Possui
Híbrido de Milho Transgênico	AG 8061	VTPRO2	Agrocerec	Cry1A.105+Cry2Ab2
Híbrido de Milho Transgênico	P3707VYH	Leptra®	Pioneer	Cry1Ab + Cry1F + Vip3Aa20

2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente aleatorizado (DIA) contendo 6 tratamentos (Tabela 2). Cada tratamento foi composto por 3 grupos de repetições e cada repetição foi composta por 30 unidades experimentais. A unidade experimental contou com uma placa de Petri (3 cm) forrada por papel filtro úmido, uma folha de milho e uma lagarta.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos, da biotecnologia, e dose do produto para controle de *Spodoptera frugiperda*, Nova Veneza, 2022.

Tratamento	Descrição	Biotecnologia	SfMNPV
			Cartugen®
1- Convencional	AG1051	Não Possui	0
2-Convencional+ Vírus	AG1051	Não Possui	50 ml/100 L
3- VTPRO2	AG 8061	Cry1A.105+Cry2Ab2	0
4- VTPRO2 + Vírus	AG 8061	Cry1A.105+Cry2Ab2	50 ml/100 L
5- Leptra®	P3707VYH	Cry1Ab + Cry1F + Vip3Aa20	0
6- Leptra® + Vírus	P3707VYH	Cry1Ab + Cry1F + Vip3Aa20	50 ml/100 L

2.4 Aplicação dos tratamentos

Após as plantas apresentarem o desenvolvimento completo das folhas, foram mergulhadas em suspensões contendo os tratamentos descritos na Tabela 2. Antes de cada aplicação o pH da calda de cada tratamento foi aferido por um pHmetro de bolso, pois o pH alcalino (pH > 8,0) pode inativar o baculovírus.

As suspensões dos tratamentos contendo Cartugen® (Baculovírus SfMNPV, 7,5 OB/mL) foram compostas por uma alíquota do produto, na dose descrita na bula, de 50 mL/100 L, água mais espelhante adesivo Tween 20 a 0,05%. As folhas dos tratamentos que não continham baculovírus foram mergulhadas apenas em solução de água mais espelhante adesivo Tween 20 a 0,05%.

Em cada tratamento, após a secagem das folhas, foram inoculadas 50 lagartas de 2º instar utilizando pincel de cerdas finas, sobre as folhas de milho dentro de uma placa de Petri (12 cm de diâmetro). Cada placa de Petri foi forrada por folhas de papel filtro umedecido com água destilada e vedada com plástico filme para manter a umidade interna.

Após 48 horas, das 50 lagartas inicialmente colocadas sobre as folhas 30 unidades por tratamento que se alimentarem das folhas tratadas foram transferidas para copos plástico com tampa (25 mL, Plastilândia) forrados por folhas de papel filtro umedecido com água destilada e vedados com plástico filme para manter a umidade interna. O experimento foi mantido em temperatura ambiente. As avaliações de mortalidade foram realizadas a cada 24 horas por um período de 8 dias.

As análises estatísticas dos dados foram realizadas com o auxílio do programa R. Os valores de mortalidade foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas por teste de Tukey (5%). Os dados foram adicionalmente submetidos ao método de Kaplan-Meier para estimar a probabilidade de sobrevivência em intervalos de tempo e para ilustrar graficamente a sobrevivência ao longo do tempo. Às curvas geradas aplicou-se o teste de log-rank, teste não paramétrico para comparação das curvas de sobrevivência entre os grupos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mortalidade de *S. frugiperda* observada quando os insetos foram alimentados com híbrido de milho convencional, e híbridos de milho transgênico combinados ou não com SfMNPV encontra-se disposta no gráfico 1 e na tabela 3.

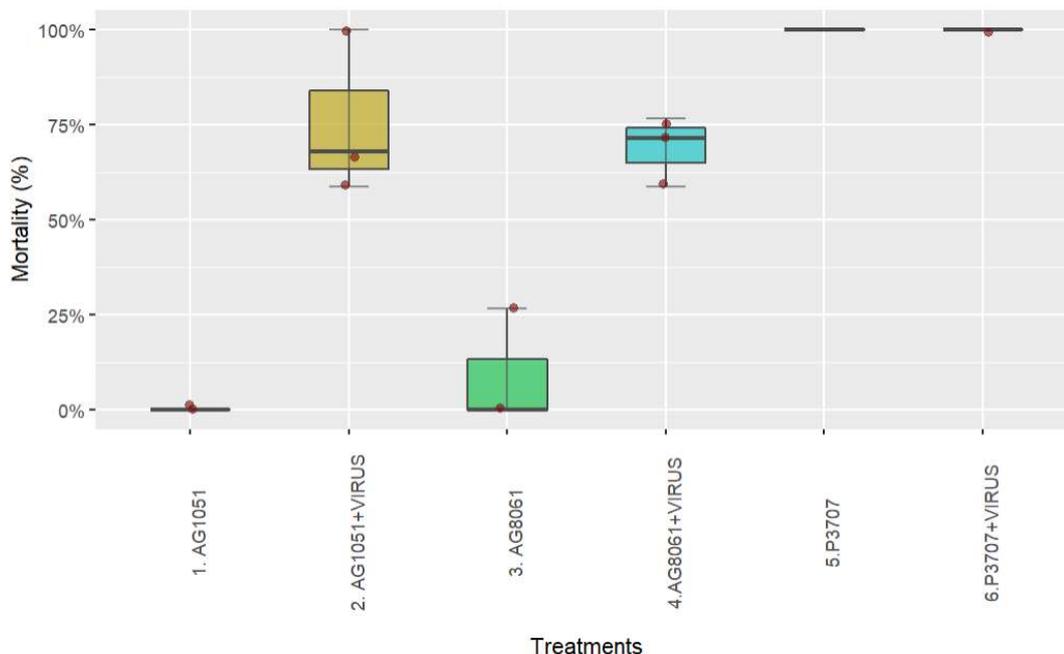


Gráfico 1. Dados percentuais de mortalidade de *Spodoptera frugiperda* de segundo instar em laboratório, alimentadas com diferentes híbridos de milho contendo ou não baculovírus SfMNPV.

A maior eficiência de controle dos insetos ocorreu nos tratamentos contendo a biotecnologia Leptra®, que expressa as proteínas Cry1Ab + Cry1F + Vip3Aa20, híbrido P3707VYH. Em seguida, observa-se a boa eficiência dos tratamentos contendo o baculovírus SfMNPV.

Por outro lado, o híbrido AG8061 que expressa as proteínas Cry1A.105+Cry2Ab2 mostrou apenas 8,88% de mortalidade e não diferiu da resposta ao híbrido convencional AG1051, ou seja, sem expressão de proteínas Bt. Demonstrando que as toxinas derivadas de Cry1A.105+Cry2Ab2, também conhecida como VT PRO2™, já não foram efetivas para o controle da lagarta-militar da população testada.

Os híbridos de milho contendo proteínas Bt começaram a ser cultivados no Brasil na safra 2007/2008. A primeira tecnologia utilizada foi a Bt Herculex® que expressa a proteína Cry1F e foi responsável pela redução significativa na pulverização de inseticidas para o controle de *S. frugiperda* (IRAC, 2018) As cultivares de milho contendo Cry1A.105+Cry2Ab2 foram liberadas em 2009 e a tecnologia Leptra® em 2015.

Em 2008 a porcentagem de milho transgênico era de apenas 6% e dez anos após a liberação comercial chegou a 89% (CropLife). O aumento exponencial, não só de milho Bt, mas também de soja e algodão sem a correta adoção de refúgio contribuiu para a rápida evolução da resistência de *S. frugiperda* a algumas proteínas Bt (IRAC, 2018).

Tabela 3. Mortalidade (% , média \pm EMP) de *Spodoptera frugiperda* de segundo instar em laboratório, nos tratamentos com diferentes híbridos de milho contendo ou não SfMNPV.

Tratamentos	% de Mortalidade (\pm EPM)
1. AG1051 (convencional)	0 \pm 0 c
2. AG1051(convencional)+VIRUS (SfMNPV)	75,58 \pm 4,65 b
3. AG8061 (VTPRO2™)	8,88 \pm 3,01 c
4.AG8061 (VTPRO2™)+VIRUS (SfMNPV)	68,96 \pm 4,98 b
5.P3707PYH (Leptra®)	100 \pm 0,00 a
6.P3707PYH (Leptra®)+VIRUS (SfMNPV)	100 \pm 0,00 a

*Médias seguidas na coluna por mesma letra não apresentam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey a 5%.

No Brasil os primeiros casos de resistência à proteína Bt (Cry1F) foram detectados após 4 anos de comercialização (MONNERAT *et al.*, 2015; OMOTO *et al.*, 2016).19. Difundida por todo o país as lagartas resistentes a Cry1F exibem um alto nível de resistência cruzada a híbridos de milho expressando Cry1A.105/Cry2Ab,e Vip3Aa20/Cry1Ab, o que tem comprometido outras tecnologias de plantas *Bt* (MURARO *et al.*, 2019; YANG *et al.*, 2017).

A cultivar de milho contendo a tecnologia Leptra® (P3707PYH) mostrou 100% de eficiência no controle de lagartas de segundo instar. Devido ao tempo de ação distinto dos produtos não foi possível observar a ação de SfMNPV nas lagartas que se alimentaram desta biotecnologia. Resultado condizente com

dados de literatura que indicam que a proteína Vip3Aa, uma das proteínas inseticidas vegetativas expressas por *B. thuringiensis*, tem ainda apresentado bons resultados no controle de *S. frugiperda* (BERNARDI *et al.*, 2014).

O menor tempo decorrido para início da mortalidade de lagartas foi observado nos tratamentos contendo a tecnologia Leptra®. Enquanto todos os tratamentos contendo o baculovírus SfMNPV demonstraram início da mortalidade a partir do terceiro dia (Figura 1), que é o efeito esperado nos tratamentos com proteínas Bt e baculovírus devido ao seu modo de ação nas lagartas.

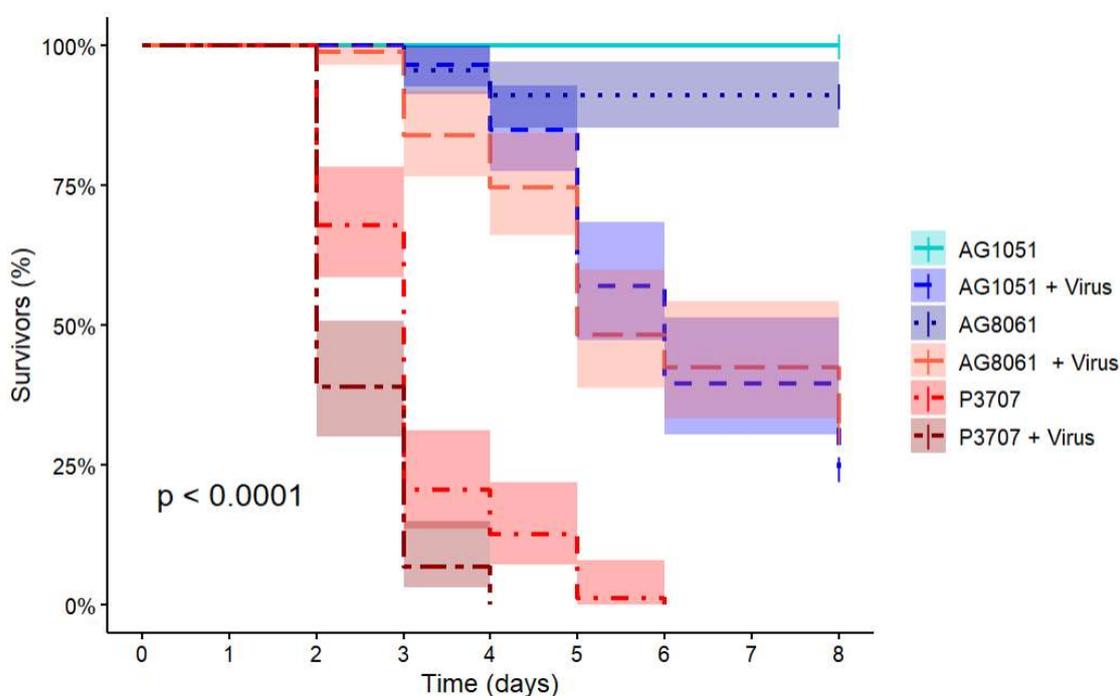


Figura 1. Probabilidade de sobrevivência (% , média \pm EMP) de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) de segundo instar em laboratório, nos tratamentos com diferentes híbridos de milho contendo ou não SfMNPV.

A mortalidade provocada pela ação dos cristais de toxina liberados pelas proteínas Bt iniciam entre 2 e 3 dias após a ingestão do produto, enquanto a mortalidade provocada pelo baculovírus *S. frugiperda* inicia entre 4 e 5 dias após a contaminação.

O maior tempo para provocar a mortalidade derivado da ação de baculovírus se deve ao fato de que o vírus utiliza as células do inseto para reproduzir. Os novos vírus produzidos podem ficar disponíveis na cultura para prolongar o tempo de ação do produto, gerando futuras epizootias da doença na população de praga mantendo-a por mais tempo sobre controle.

Apesar de ambos, NPV e Bt, atuarem no intestino médio das lagartas, os produtos são classificados com modo de ação distinto segundo o IRAC, 2018, sendo alocados respectivamente nos grupos 31 e 11. Isso se deve ao fato de que os baculovírus se incorporam ao epitélio intestinal conservando a função e estrutura celular, enquanto a ação dos cristais de toxina Bt abrem poros na membrana celular epitelial que permanecem abertos. A manutenção dos poros abertos leva a desregulação osmótica celular, além de permitir a entrada de bactérias que podem levar o inseto à morte por sepse.

De forma prática, o trabalho realizado por Bentivenha *et al.*, (2018) mostrou que SfMNPV é igualmente eficaz sobre populações suscetíveis e sobre populações resistentes a inseticidas e biotecnologias (Cry1F, Cry1A.105+Cry2Ab2 e Vip3Aa20) demonstrando que não há resistência cruzada. Além disso, não há relatos de resistência a SfMNPV e os autores, inclusive, citam que o nucleopoliedrovírus pode ajudar a proteger e prolongar a longevidade das biotecnologias e dos inseticidas.

Diante do exposto fica claro que o risco da evolução de resistência da lagarta-do-cartucho às culturas Bt é elevado. Para manutenção das tecnologias que ainda tem boa performance sobre as pragas é essencial a adoção de boas práticas de manejo para prolongar a eficácia e a durabilidade da tecnologia. Caso contrário, logo a tecnologias como a Leptra® terão o mesmo destino que as verificadas para tecnologia VT PRO2™.

O resultado do presente trabalho traz novas possibilidades quanto ao manejo de lagartas. A aplicação de baculovírus sobre cultivos de milho que expressam proteínas Bt pode ser uma alternativa, para o controle de lagartas, variando o modo de ação e reduzindo o efeito de pressão de seleção. Isto ocasionará menor probabilidade do surgimento de populações resistentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A atividade biológica, ou seja, a eficiência de controle da tecnologia de milho Leptra® (Cry1Ab + Cry1F + Vip3Aa20) sobre *S. frugiperda* é alta em folhas do híbrido P3707PYH em condições de laboratório.
- Há perda de suscetibilidade da população testada de *S. frugiperda* a tecnologia VT PRO2™ (Cry1A.105+Cry2Ab2) em condições de laboratório.
- Lagartas de segundo instar de *S. frugiperda* foram suscetíveis a SfMNPV em condições de laboratório.
- A suscetibilidade de *S. frugiperda* a SfMNPV foi igual quando as lagartas foram alimentadas com milho convencional (híbrido AG1051) ou tecnologia VT PRO2™ (Cry1A.105+Cry2Ab2) em condições de laboratório.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2022. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 06 de março de 2022.
- BERNARDI D, SALMERON E, HORIKOSHI RJ, BERNARDI O, DOURADO PM, CARVALHO RA. Cross-resistance between Cry1 proteins in fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) may affect the durability of current pyramided Bt maize hybrids in Brazil. **PLoS ONE**, v. 10 , n.10, p.1 - 15, 2015.
- BOAVENTURA D, BUER B, HAMAEEKERS N, MAIWALD F AND NAUEN R. Toxicological and molecular profiling of insecticide resistance in a Brazilian strain of fall armyworm resistant to Bt Cry1 proteins. **Pest Management Science**, v. 77, n.8, p. 3713-3726 ,2021.
- BURTET, L. M.; BERNARDI, O.; MELO, A. A.; PES, M. P.; STRAHL, T. T.; GUEDES, J. V. C. Managing fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), with Bt maize and insecticides in southern Brazil. **Pest Management Science**, v. 73, n. 12, p. 2569- 2577, 2017.
- CROPLIFE. **Milho transgênico: o que é mito e o que é verdade?** Disponível em: <https://croplifebrasil.org/conceitos/desmistificando-o-milho-transgenico/>. Acesso em: 26 nov. 2022.
- CRUZ, Ivan. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 45p. 1995 (Circular Técnica 21).

GARLET, C.G., GUBIANI, P.D.S., PALHARINI, R.B., MOREIRA, R.P., GODOY, D.N., FARIAS, J.R. AND BERNARDI, O. Field-evolved resistance to chlorpyrifos by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae): Inheritance mode, cross-resistance patterns, and synergism. **Pest Management Science**, v.77, p. 5367-5376, 2021.

IRAC-BR (Comitê Brasileiro de Ação à Resistência a Inseticidas). **Classificação do Modo de Ação** - Versão 9.1 (Dezembro/18). Disponível em www.irac-online.org. Acesso em 26 nov. 2022.

KUATE, A.F.; HANNA, R.; DOUMTSOP FOTIO, A.R.P.; ABANG, A.F.; NANGA, S.N.; NGATAT, S.; TINDO, M.; MASSO, C.; NDEMAH, R.; SUH, C.; et al. *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in Cameroon: Case study on its distribution, damage, pesticide use, genetic differentiation and host plants. **PLoS ONE**, v.14, n.6 p. 1-18 , 2019.

MONNERAT, R., MARTINS, E., MACEDO, C., QUEIROZ, P., PRACA, L., SOARES, C. M., MOREIRA, H., GRISI, I., SILVA, J., SOBERON, M. AND BRAVO, A. Evidence of field-evolved resistance of *Spodoptera frugiperda* to Bt corn expressing Cry1F in Brazil that is still sensitive to modified Bt toxins. **PLOS ONE**, v.10, n.4, p.1-12 , 2015.

MONTEZANO, D.G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; ROQUE-SPECHT, V.F.; SOUSA-SILVA, J.C.; PAULA-MORAES, S.V.; PETERSON, J.A.; HUNT, T.E. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. **Afr. Entomol.** v. 26, p.286 -300, 2018.

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

VALICENTE, Fernando Hercules; CRUZ, Ivan. **Controle biológico da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com baculovírus**. Sete-Lagoa, Centro Nacional de Milho e Sorgo, *Circular Técnica*, v. 15. 1991. 23 p.

YAINNA, S.; NÈGRE, N.; SILVIE, P.J.; BRÉVAULT, T.; TAY, W.T.; GORDON, K.; DALENÇON, E.; WALSH, T.; NAM, K. Geographic Monitoring of Insecticide Resistance Mutations in Native and Invasive Populations of the Fall Armyworm. **Insects**. v.12, p.468, 2021.

YANG, F., KERNS, D. L., HEAD, G. P., PRICE, P. AND HUANG, F. (2017). Cross-resistance to purified Bt proteins, Bt corn and Bt cotton in a Cry2Ab2-corn resistant strain of *Spodoptera frugiperda*. **Pest Management Science**, v.74, p. 2495-2503, 2017.

WILD, Sarah. African countries mobilize to battle invasive caterpillar. **Nature**, v. 543, p. 13–14, 2017.