

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Soja  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# Bioinsumos na cultura da soja

*Maurício Conrado Meyer  
Adeney de Freitas Bueno  
Sérgio Miguel Mazaro  
Juliano Cesar da Silva*

Editores Técnicos

*Embrapa  
Brasília, DF  
2022*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Soja**

Rodovia Carlos João Strass, acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta  
Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR  
Fone: (43) 3371 6000 Fax: (43) 3371 6100  
www.embrapa.br/  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

**Unidade responsável pelo conteúdo e edição**

Embrapa Soja

**Comitê Local de Publicações**

**Presidente:** *Alvadi Antonio Balbinot Junior*

**Secretária-Executiva:** *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

**Membros:** *Claudine Dinali Santos Seixas, Edson Hirose, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, José de Barros França Neto, Liliane Márcia Mertz-Henning, Marco Antonio Nogueira, Mônica Juliani Zavaglia Pereira e Norman Neumaier*

**Supervisão editorial:** *Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol*

**Normalização bibliográfica:** *Valéria de Fátima Cardoso*

**Projeto gráfico e editoração eletrônica:** *Edil Gomes*

**Capa:** *Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol*

1ª edição: 2022

1ª impressão: PDF digitalizado

O conteúdo do livro, bem como a exatidão das citações e referências, são de inteira responsabilidade dos autores.

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Soja

---

Bioinsumos na cultura da soja / Maurício Conrado Meyer... [et al.] editores técnicos – Brasília,  
DF: Embrapa, 2022.  
550 p.

ISBN: ISBN: 978-65-87380-96-4

1. Soja. 2. Produção vegetal. 3. Insumo. 4. Fertilizante. I. Meyer, Maurício Conrado. II. Bueno, Adeny de Freitas. III. Mazaró, Sérgio Miguel. IV. Silva, Juliano Cesar da.

CDD: 633.34: 631.8 (21. ed.)

---

Valéria de Fátima Cardoso (CRB 9/1188)

©Embrapa, 2022

# Manejo de pragas com vírus entomopatogênicos

*Daniel Ricardo Sosa-Gómez  
Daniel Mendes Ardisson-Araujo  
Bergmann Morais Ribeiro*

### Introdução

Um avanço considerável no uso de bioinseticidas à base de vírus para a cultura da soja está relacionado à crescente preocupação da humanidade com a poluição ambiental e o prejuízo à saúde humana causados pelo uso intensivo de inseticidas químicos. Vírus de insetos são importantes fontes de controle biológico para várias culturas, com especial atenção para o controle de lagartas desfolhadoras na soja (Moscardi, 1999). Vários grupos taxonômicos de vírus são potenciais candidatos para o desenvolvimento de princípios ativos contra insetos-pragas da cultura como é o caso dos baculovírus, cipo vírus, iflavírus, discistrovírus e entomopoxvírus. Entretanto, a maior parte das pesquisas, bem como, o desenvolvimento de produtos limita-se ao uso de baculovírus, um grupo de vírus de insetos historicamente consolidado na agricultura e essencial para o sucesso da cultura da soja, principalmente em situações nas quais a abordagem de controle químico ou o uso de plantas transgênicas apresenta dificuldades. Dessa forma, os baculovírus surgem como ferramentas essenciais para o manejo integrado de pragas (MIP), para o manejo de resistência de insetos (MRI) e como um pilar fundamental à sustentação da cultura orgânica. No campo, produtos baseados em baculovírus podem ser usados sozinhos ou combinados com outras ferramentas de controle químico ou biológico de modo a construir interações aditivas e sinérgicas para controle populacional da praga. Assim, este capítulo terá foco no uso de baculovírus para o controle de insetos praga da soja e o desenvolvimento de produtos associados já disponíveis ou em consolidação. Além disso, o capítulo trará a luz outros grupos de vírus-candidatos (como é o caso de vírus geneticamente modificados) para o desenvolvimento de novos produtos e diversificação de estratégias de combate baseadas em vírus entomopatogênicos.

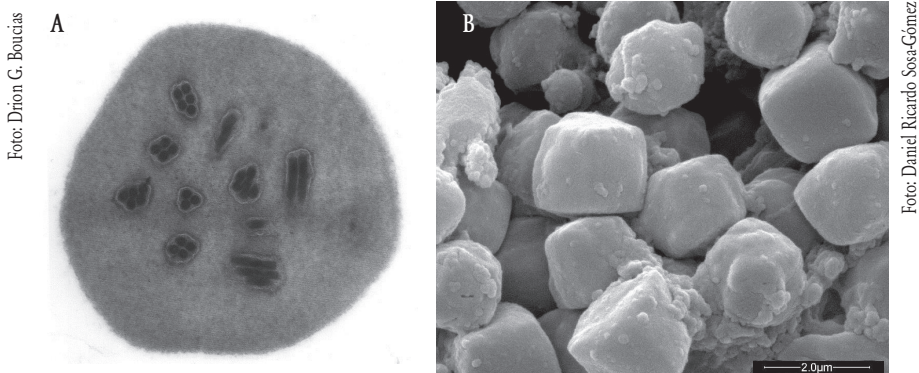
### **A família *Baculoviridae* como agente de controle microbiano de insetos**

Baculovírus são os vírus de insetos mais estudados no mundo e consolidados para uso como agentes de controle de insetos-praga e na expressão de proteínas com aplicações clínicas e farmacêuticas para humanos (Tsai et al., 2019). Talvez a grande vantagem social do uso de baculovírus como controladores

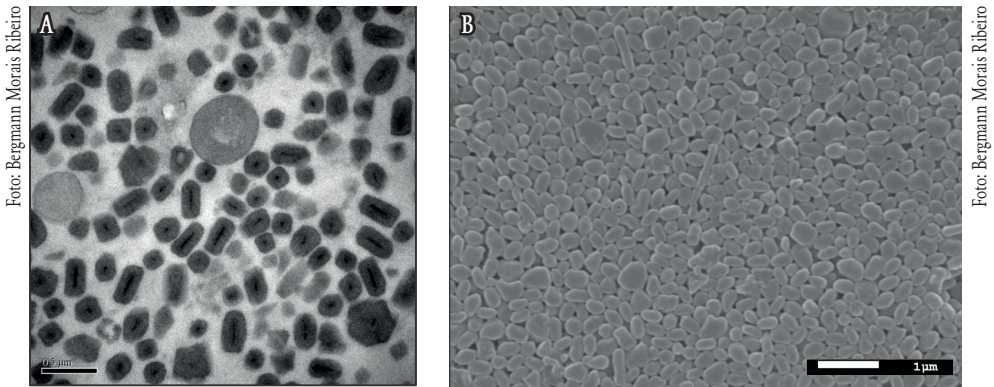
biológicos é o fato de que estes microrganismos são considerados agentes seguros tanto para humanos quanto para animais vertebrados não-humanos e invertebrados. Associados a isso, os baculovírus podem ser produzidos em larga escala e, devido a sua virulência são letais para a maioria dos seus hospedeiros, podem ser acondicionados em formulações comerciais e usados em diversas culturas. Este uso pode levar a uma consequente redução na utilização de inseticidas químicos, sendo assim introduzidos como alternativa eficaz nos programas de manejo integrado de pragas, assim como de manejo da resistência. Muitos biopesticidas cujo princípio ativo é baseado em baculovírus têm surgido no mercado de diversos países e, no Brasil, este mercado tem ganhado espaço crescente nas culturas da soja e do algodão. Entretanto, a necessidade de um maior número de agentes de extensão treinados e com os conhecimentos que demandem sua utilização pode ser um gargalo importante para a expansão do uso de baculovírus no campo.

Baculovírus já são ferramentas consolidadas e amplamente utilizadas como agentes de controle biológico de insetos-praga da agricultura, com especial atenção para insetos que atacam a soja (Moscardi, 1999). Os baculovírus associados ao controle biológico, na cultura da soja, do nucleopoliedrovírus de *Anticarsia gemmatalis* são agrupados em nucleopoliedrovírus (NPVs, gênero *Alphabaculovirus*) e granulovírus (GV, gênero *Betabaculovirus*), conforme a morfologia de seus corpos de oclusão (do inglês OB, “occlusion bodies”): NPVs apresentam OBs poliédricos denominados de poliedros (Figura 1) e GVs apresentam OBs granulares denominados de grânulos (Figura 2) (Sosa-Gómez et al., 2020). Entretanto, atualmente a taxonomia e nomenclatura dos vírus está em processo profundo de revisão que pode levar a mudanças drásticas de seus posicionamentos taxonômicos e suas denominações científicas (<https://talk.ictvonline.org/>).

Os OBs são estruturas proteicas cristalinas que protegem as partículas virais infecciosas de condições adversas no ambiente como dissecação, temperatura, variação de pH e radiação solar. Estas mesmas estruturas correspondem ao princípio ativo dos formulados aplicados em diversas culturas. As doses aplicadas correspondem a centenas de bilhões de OBs por hectare, que distribuídos sobre as superfícies vegetais, quando ingeridos iniciam o processo infeccioso reduzindo as populações de lagartas.



**Figura 1.** (A) Microscopia eletrônica de transmissão de um corpo de oclusão do nucleopoliedrovírus de *Anticarsia gemmatalis* (AgMNPV), (B) Microscopia eletrônica de varredura dos corpos de oclusão do nucleopoliedrovírus de *Spodoptera cosmioides* (SpcoNPV).



**Figura 2.** (A) Microscopia eletrônica de transmissão dos corpos de oclusão do granulovírus de *Plutella xylostella* e (B) microscopia eletrônica de varredura dos corpos de oclusão do granulovírus de *Erynnis ello*.

### Modo de ação dos baculovírus

Quando ocorre a ingestão dos OBs junto do alimento, a matriz cristalina que forma o poliedro ou grânulo se dissolve devido ao pH alcalino do suco digestivo do inseto, liberando assim, as partículas virais denominadas de vírus derivado de oclusão (do inglês ODV, “occlusion derived virus”) (Figuras 1 e 2). Os ODVs atravessam a membrana peritrófica e atingem as células de revestimento do intestino médio da lagarta, onde realizam a fusão do envelope do vírus com a membrana das microvilosidades celulares (Figura 3). A infecção viral primária ocorre no núcleo da célula e rapidamente produz um segundo tipo viral, o vírus brotado ou extracelular (do inglês BV, “budded virus”) que é responsável pela disseminação da infecção secundária nos tecidos do inseto. Assim, o BV escapa das células do intestino médio e circula pelo corpo do inseto infectando outros tecidos susceptíveis como células do sistema traqueal, hemócitos (Figura 4) e tecido adiposo (Figura 5) (Grzywacz, 2017; Sosa-Gómez et al., 2020). Após a produção massiva de BVs, ocorre uma transição para produção de ODVs que serão acondicionados dentro dos OBs, encerrando o ciclo infectivo do vírus. OBs se acumulam no núcleo das células infectadas que sofrem morte celular e lise e geram consequências morfofisiológicas e comportamentais marcantes no inseto infectado como, por exemplo, a perda de apetite, a movimentação afetada e a descoloração do tegumento. Em estágios avançados da doença, os OBs são liberados na hemolinfa e as larvas ficam murchas, letárgicas e apresentam o comportamento fototrófico positivo com a tendência de subir para o topo da planta (“tree top disease”) antes da morte (Figura 6). Em cinco dias a três semanas após os primeiros sinais de infecção, ocorre a morte do hospedeiro, rompimento da cutícula da larva, liberação dos OBs no ambiente, os quais retornam ao solo ou permanecem aderidos sobre a superfície das folhas possibilitando a infecção de outras lagartas (transmissão horizontal).

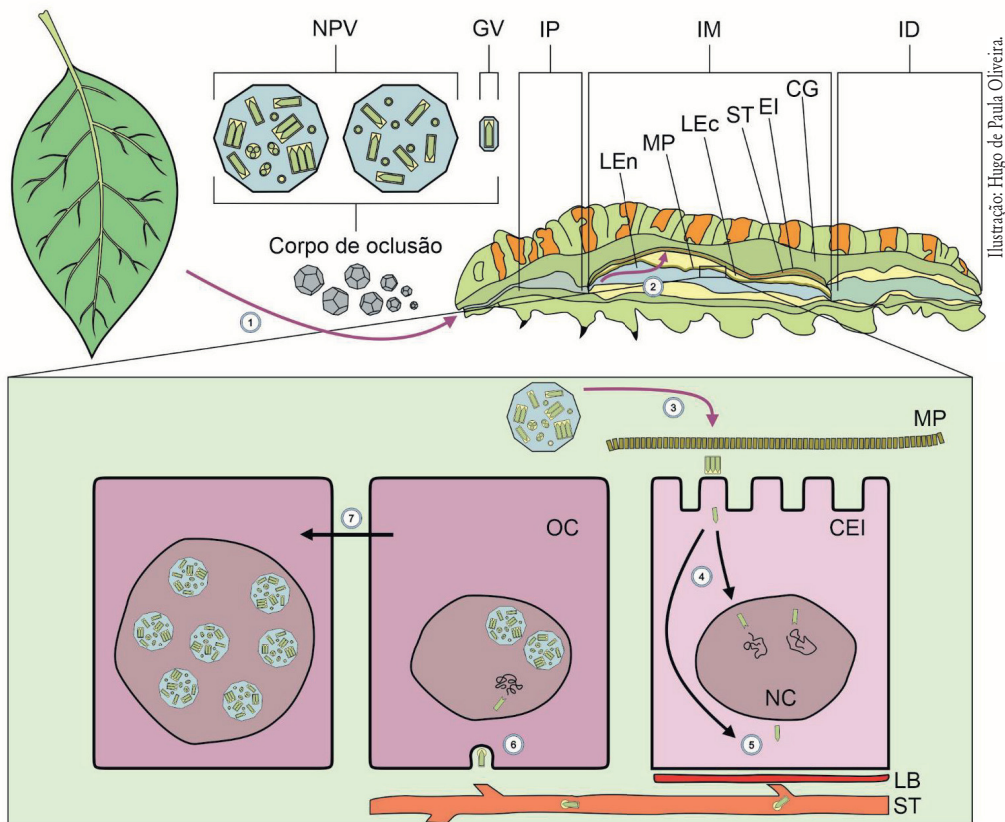


Ilustração: Hugo de Paula Oliveira.

**Figura 3.** Ciclo infeccioso de um baculovírus usado na soja. O produto a base de baculovírus (NPV ou GV) é pulverizado na plantação no final da tarde ou antes do início da manhã, para evitar exposição aos raios UV. A formulação cai sobre a superfície foliar e contém os corpos de oclusão (OBs) que são o princípio ativo do bioinseticida. Os OBs podem ter formato poliédricos (NPV) ou granular (GV) e consistem a estratégia natural do próprio vírus para proteger as partículas infectivas, que recebem o nome de vírion. (1) Os OBs são ingeridos pela lagarta junto ao alimento. (2) Num corte longitudinal, o trato digestório da lagarta é dividido em intestino próximo (IP), médio (IM) e distal (ID). O IM apresenta uma camada protetora chamada de membrana peritrófica (MP) que protege o epitélio do órgão de substratos muito rígidos, lumen endoperitrófico (LEn), lumen ectoperitrófico (LEc), epitélio do intestino (EI) e corpo gorduroso (CG). (3) O esquema apresenta um recorte da região onde ocorrerá a infecção propriamente dita. Quando OB atinge o IM, o conteúdo digestivo é alcalino e dissolve o OB para a liberação dos vírions. Os vírions atravessam a MP, se fundem à membrana das microvilosidades das células do epitélio do intestino (CEI), iniciando a infecção. (4) O vírus no núcleo celular (NC) onde replica e produz novos vírions. (5) Os novos vírions escapam da célula do intestino e espalham a infecção pelo corpo do inseto hospedeiro. (6) Os vírus infectam outras células (OC) do hospedeiro que incluem células do sistema traqueal, células da hemolinfa, miócitos e adipócitos. (7) As células infectadas produzem mais vírus que intensificam o espalhamento da infecção. Conforme a infecção progride, as células infectadas produzem centenas de novos OBs, morrem e sofre lise liberando seus conteúdos. O inseto infectado morre, tornando-se um saco de OBs que são liberados no ambiente quando ocorre rompimento do tegumento do hospedeiro.

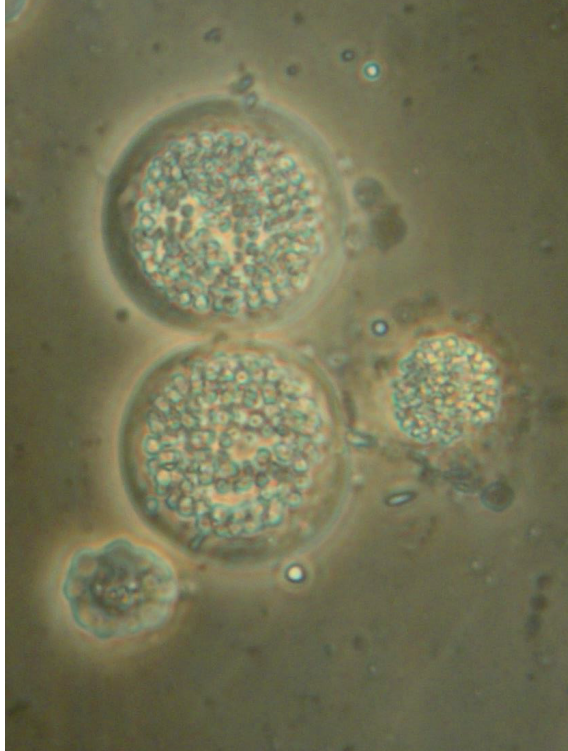


Foto: Daniel Ricardo Sosa-Gómez

**Figura 4.** Hemócitos de *Anticarsia gemmatalis* com núcleo preenchido por corpos de oclusão, após 160h da inoculação .

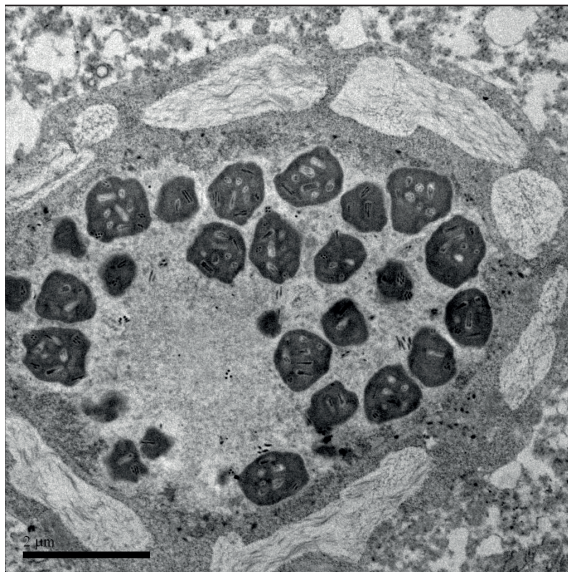


Foto: Bergmann Morais Ribeiro

**Figura 5.** Formação de corpos de oclusão no tecido gorduroso de *Anticarsia gemmatalis*.

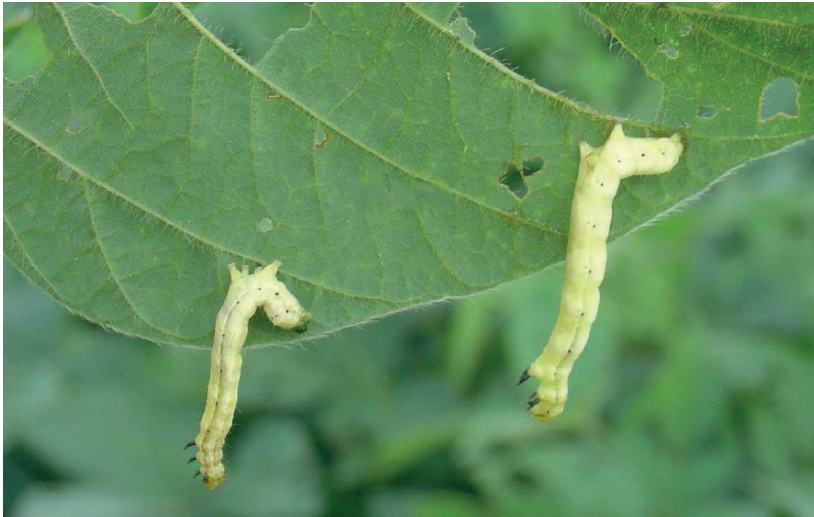


Foto: Bráulio Santos

Figura 6. Larvas de *Chrysodeixis includens* infectadas por ChinNPV.

### Baculovírus e sua diversidade

Como todo vírus, os baculovírus estão sujeitos às modificações genéticas durante sua replicação nas células do hospedeiro, resultando em uma grande diversidade intraespecífica e interespecífica. Na verdade, os baculovírus são encontrados na natureza como um conjunto de variantes de diferentes genótipos formando uma população heterogênea em proporções variáveis (Erlandson, 2009; Redman et al., 2016). Essa diversidade genômica possibilita a seleção de novos isolados com maior ou menor virulência contra seu hospedeiro natural e pode ter consequências para o seu uso como agentes de controle biológico (Eberle et al., 2012; Arrizubieta et al., 2015; Ferreira et al., 2019). Maruniak et al. (1999) analisaram o perfil de restrição de 17 genomas de isolados do baculovírus AgMNPV que foi aplicado e amplificado a campo em anos consecutivos. Os resultados mostraram uma grande variabilidade no perfil de restrição ao longo dos anos, indicando uma grande heterogeneidade viral. Essa variabilidade genética é devida a inserções, deleções, duplicações e eventos de rearranjos por recombinação que ocorrem durante a replicação viral nas células do hospedeiro. Além disso, partes do DNA do hospedeiro pode ser introduzido no genoma viral por eventos de transposição sítio específica mediada por transposons (Carpes et al., 2009). Mais recentemente, com o uso do sequenciamento de nova geração (NGS, do inglês “next generation sequencing”), o estudo genético da diversidade viral foi facilitado. Com o sequenciamento completo de isolados virais (temporais e geográficos) de uma população viral presente em uma população de insetos é agora possível fazer estudos genômicos comparativos de variantes virais. Brito et al. (2015) comparou o genoma completo de 17 amostras de isolados selvagens de AgMNPV coletados na Argentina, Uruguai e sul do Brasil nas décadas de 80 e 90. Esses genomas são derivados de uma mistura de genótipos selvagens e mostraram a presença de pelo menos 167 possíveis genes, onde 151 deles foram encontrados em todos os genomas sequenciados e com uma identidade de nucleotídeos entre 98,9% e 99,5% entre os diferentes genomas e o genoma referência do isolado AgMNPV-2D (Oliveira et al., 2006). Além disso, foram observados eventos de fusão e fissão de fases de leitura em quatro genes (*pe-38*, *he-65*, *ag144* e *bro-c*), bem como o



ganho e perda de fragmentos do genoma dentro de regiões repetitivas. Os genes de baculovírus possuem baixo nível de polimorfismos entre isolados do mesmo vírus e mutações não-sinônimas (que mudam a sequência de amino ácidos na proteína) tendem a estar presentes em genes sabidamente diversos (Brito et al., 2015; Miele et al., 2011). Regiões específicas do genoma como regiões repetitivas denominadas de regiões homólogas (hrs, do inglês “homologous regions”) e repetições diretas (drs, do inglês ‘direct repeats’) são locais (“hot spots”) onde inserções e/ou deleções são comuns (Brito et al., 2015, 2018; Miele et al., 2011; Chateigner et al., 2015). Estes “hot spots” do genoma podem inclusive apresentar inserção de novos genes que conferem vantagens adaptativas e permitem a manipulação fisiológica do hospedeiro, como é o caso do inibidor de serino-protease serpin do *Hemileuca* sp nucleopolyhedrovirus (Ardisson-Araújo et al., 2015). O produto desse gene controla a resposta imune do inseto, inibindo enzimas-chave da cascata de melanização do inseto. Genes presentes em todos os baculovírus (denominados de genes “core”) tendem a acumular pouca variação entre diferentes baculovírus, mas outros genes, menos conservados e de função desconhecida, acumulam mais mutações (Brito et al., 2018). Mutações em diferentes genes virais podem levar a alterações no reconhecimento do hospedeiro e na replicação viral, o que pode favorecer uma maior adaptação do vírus ao seu hospedeiro (Simón et al., 2011). Ferreira et al. (2019) analisou o genoma de dois clones virais isolados de uma mistura de genótipos de AgMNPV aplicado a campo em 1979 e que apresentaram atividade inseticida diferentes contra a lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatilis*. O clone denominado Ag79-01 apresentou uma maior virulência quando comparado com o clone denominado AgL-16 e o vírus referência AgMNPV-2D. O genoma do clone AgL-16 mostrou um número maior de variações quando comparado ao clone Ag79-01 e ao AgMNPV-2D. As principais variações ocorreram nos genes *ie-2* e *pe-38*, que codificam proteínas que regulam a expressão de genes virais no início da infecção e no gene *odv-e56*, que codifica uma proteína estrutural. Além disso, as sequências dos genes *bro-a* e *bro-b* foram encontrados formando um único gene. Inglis et al. (2020) analisou comparativamente, os genomas de diferentes isolados do baculovírus *Chrysodeixis includens* nucleopolyhedrovirus (ChinNPV) e foram identificados alguns genomas quiméricos, contendo seis regiões distintas com incongruências na análise filogenética. A maioria dessas regiões foram provavelmente adquiridas pelo ChinNPV por recombinação homóloga de outro baculovírus altamente relacionado, o *Trichoplusia ni* single nucleopolyhedrovirus (TnSNPV). Apesar de possuírem essas diferenças, esses vírus não mostraram diferenças significativas na patogenicidade contra *Chrysodeixis includens*. Várias características como replicação, infectividade e virulência de isolados de baculovírus podem ser diferentes e o estudo dessas variações é importante para o conhecimento das relações filogenéticas dessa família viral (Maruniak et al., 1999; Muñoz et al., 1999; Ferreira et al., 2019; Erlandson, 2009; Simón et al., 2005).

### Pragas da cultura da soja como alvo do controle por vírus

Em diversas espécies de lepidópteros de importância econômica para a cultura da soja são conhecidas viroses, principalmente da família *Baculoviridae*. Viroses de outras famílias têm sido referidas na lagarta *Elasmopalpus lignosellus*, que pode ser infectada por um entomopoxvirus (Mitchell et al., 1983), na lagarta da soja infectada por um membro da família *Iridoviridae* (Figura 7) (Kinard et al., 1995) e em outras insetos-praga como os pentatomídeos *E. heros*, *Chinavia ubica*, *Diceraeus melacanthus* e *Nezara*

*viridula* infectados por iflavírus e e vírus semelhante a picornavírus. Entretanto a presença dessas viroses nestes insetos aparenta não apresentar sintomas (Santos et al., 2019) e em outros casos tem sido relatada redução da longevidade (Williamson; von Wechmar, 1992; 1995). As espécies mais comuns de baculoviroses estão citadas na Tabela 1.

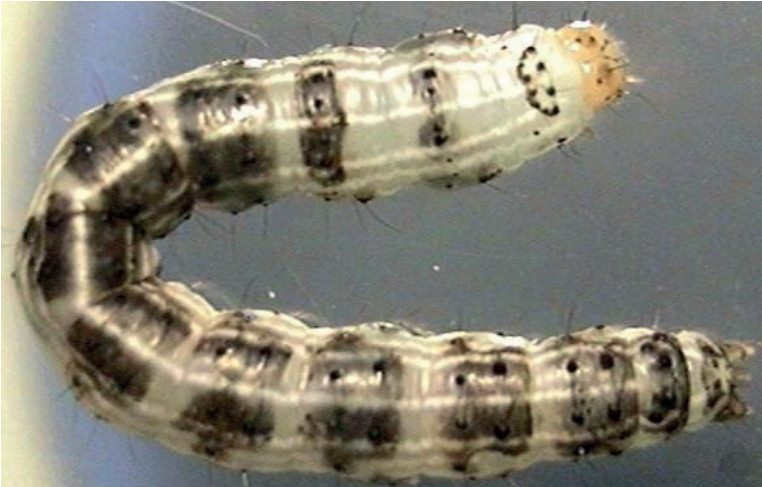


Foto: Daniel Ricardo Sosa-Gómez

Figura 7. Larva de *Anticarsia gemmatalis* infectada por Iridoviridae.

Tabela 1. Viroses de insetos, de ocorrência natural, associadas com pragas do sistema da cultura da soja na América do Sul.

Espécie hospedeira	Vírus	Referência
<i>Anticarsia gemmatalis</i>	AgMNPV <sup>1</sup>	Oliveira et al. (2006)
<i>Chrysodeixis includens</i>	ChinNPV <sup>1</sup>	Craveiro et al. (2015)
<i>Spodoptera eridania</i>	SperNPV <sup>1</sup>	Rodrigues et al. (2020)
<i>S. cosmioides</i>	SpcoNPV <sup>1</sup>	Oliveira et al. (2017)
<i>S. frugiperda</i>	SfMNPV <sup>1</sup>	Wolff et al. (2008), Cuartas et al. (2015)
<i>Rachiplusia nu</i>	RanuNPV	Rodríguez et al. (2012); Trentin et al. (2019)
<i>Helicoverpa armigera</i>	HearNPV	Chen et al. (2002)
<i>Helicoverpa zea</i>	HzSNPV <sup>2</sup>	Ardisson-Araujo et al. (2015)
<i>Chloridea virescens</i>	HzSNPV/HearSNPV	Rowley et al. (2011)
<i>Crociosema aporema</i>	EpapGV	Sciocco-Cap et al. (2001)
<i>Urbanus proteus</i>	UrprNPV	Santos et al. (2018)
<i>Mythimna sequax</i>	MyseNPV	Peterson et al. (2017)

<sup>1</sup> Espécies de vírus que alcançaram a fase comercial. <sup>2</sup> Infectando *H. armigera*

Uma vez que a maioria das espécies referidas são de hábito filófago e a infecção ocorre por ingestão, seu controle pode ser viável sem maiores dificuldades. Já para espécies de hábitos crípticos, como a broca-das-axilas seu controle pode ser limitado além de que, pelo seu reduzido tamanho, a produção de vírus representa uma condição restritiva. Das espécies referidas na Tabela 1 somente os vírus de *A. gemmatalis*, *C. includens*, *S. eridania*, *S. cosmioides* e *S. frugiperda* alcançaram a fase comercial. Entretanto, uma das viroses mais utilizadas em forma artesanal é o vírus de granulose de *Erynnis ello*, produzido na própria lagarta em populações de ocorrência natural, armazenado em freezer e aplicado na dose de 20 mL de hemolinfa com vírus por hectare (Schmitt, 1985; Lucena et al., 2017). As viroses mais estudadas no Brasil que resultaram em produtos comerciais registrados no MAPA são as destinadas ao controle em pragas da soja, algodão e milho. Embora o SfMNPV de *Spodoptera frugiperda* é utilizado na cultura de milho, não há estudos envolvendo este vírus e suas interações com outras culturas e suas doses, uma vez que este inseto tem se tornado problema em áreas de soja da região central.

Embora sejam conhecidas baculoviroses associadas a pragas do trigo como *Mythimna sequax* (Peterson et al., 2017), do algodão, como *Alabama argillacea* (Andrade, 1981) estas não têm sido estudadas em profundidade.

### Produção e formulação

Grande parte do processo de produção dos baculovírus depende do conhecimento das técnicas de criação do inseto hospedeiro e dos fatores envolvidos no processo de infecção. Inicialmente, as instalações devem ser adequadas para essa finalidade, projetadas para facilitar os processos de limpeza e desinfecção. Os ambientes de criação de insetos devem seguir elevados padrões de assepsia e higiene. As unidades de criação devem estar distanciadas da produção de vírus, e devem ter controles ambientais ou de ar-condicionado independentes.

A introdução de material proveniente do campo deve estar sujeita ao rigoroso controle quarentenário e acompanhamento cuidadoso com a finalidade de evitar introduzir doenças de ocorrência natural. Patógenos de transmissão vertical (de pais para filhos), como protozoários e algumas viroses (por exemplo, vírus de poliedrose citoplasmática) podem ser de difícil descontaminação e resultar na eliminação da colônia. Além do controle sanitário, outros parâmetros devem ser controlados, como o estágio do hospedeiro no momento da inoculação (Moscardi et al., 1997) e a temperatura de incubação na qual é obtida a máxima produção de unidades infectivas do vírus no menor tempo possível (Sosa-Gómez; Moscardi, 1996).

Por outro lado, os controles de temperatura/umidade no microambiente onde se encontram as lagartas dependem dos recipientes utilizados e sua permeabilidade a trocas gasosas e difusibilidade da água no ar. Estes aspectos são importantes para evitar o ressecamento da dieta artificial e não permitir que por excesso de umidade proliferem fungos e bactérias contaminantes.

Um dos aspectos mais relevantes é a redução dos custos de produção sem comprometer a eficiência de conversão de tecido do hospedeiro em partículas virais infectivas. Em cada sistema vírus/hospedeiro deve ser determinado o momento ótimo de inoculação e a concentração a ser utilizada como inóculo, uma vez que inoculações em lagartas pequenas ou excessivamente grandes podem resultar na produção limitada de vírus.

A produção de vírus também pode ser realizada em campo, em locais que a ocorrência da praga apresenta densidades elevadas e que pelo seu comportamento permita a coleta dos insetos doentes. Por exemplo, o vírus da lagarta-da-soja pode ser aplicado com doses elevadas ( $3 \times 10^{11}$  corpos de oclusão  $\cdot \text{ha}^{-1}$ ) em áreas com infestações elevadas, de 15 ou mais lagartas por metro. Posteriormente, entre 6 e 10 dias da aplicação poderá ser realizada a coleta das lagartas infectadas. Isto é facilitado, porque os insetos doentes apresentam a tendência de subir para a partes mais elevadas da planta e o tegumento de seus cadáveres não sofre lise, facilitando o processo de coleta. Durante a recoleção deve ser evitada a coleta de lagartas sem sintomas de infecção por vírus ou com infecção por fungos, assim como, lagartas de outras espécies. Portanto, o processo de coleta de lagartas infectadas demanda coletores treinados para obter AgMNPV de elevada pureza e qualidade (Moscardi; Sosa-Gómez, 2000).

Revisões relevantes sobre a produção de vírus que podem ser consultadas foram realizadas por diversos autores (Hunter-Fujita, 1998; Claus; Grzywacz et al., 2004; Grzywacz; Moore, 2017), assim como relativas às diferentes formulações (Jones; Burges, 1998; Williams; Cisneros, 2001; Grzywacz; Moore, 2017).

Bioinseticidas virais constituídos por nucleopoliedrovírus têm sido formulados como pós molháveis e suspensões concentradas que contêm concentrações de OBs, usualmente variáveis entre  $1,07 \times 10^9$  OBs/mL a  $8,5 \times 10^9$  OBs/mL ou OBs/g. Já formulados de granulovírus, possuem concentrações de OBs maiores, na ordem de  $1 \times 10^{10}$  a  $3 \times 10^{10}$  OBs/mL ou OBs/g. As concentrações das formulações comerciais expressas g de ingrediente ativo por litro ou kg de produto, não tem significado, uma vez que o peso não é um indicador adequado da quantidade de partículas infectivas.

Os protocolos para elaboração de formulações visam preservar a atividade viral por períodos prolongados, prevenir o desenvolvimento de contaminantes, não causar obstruções no equipamento de aplicação, proteger o vírus da inativação pela luz solar ou exsudatos vegetais e facilitar a fixação do vírus na superfície da planta alvo. A elaboração de formulações complexas deve levar em consideração custos competitivos de mercado. Geralmente, nos produtos formulados como pós molháveis são usados como inertes talco, argilas, sílica, carboidratos ou produtos de origem vegetal (Williams; Cisneros, 2001). Nestas formulações, especial cuidado deve ser dado aos inertes que apresentam tendência absorver água do ambiente aumentando sua atividade de água (aw), a que deve ser mantida próxima a 0,2 aw para evitar a proliferação de contaminantes (Tapia et al., 2007). Portanto, a permeabilidade da embalagem também tem relação com a estabilidade dos valores de aw.

As suspensões concentradas utilizam como carreador ("carrier"), água, óleos vegetais e glicerol, este último para prevenir a proliferação de contaminantes (Burges; Jones, 1998). De maneira geral, as formulações para melhor preservação demandam temperaturas de armazenamento baixas. Por exemplo, baculovírus em formulações que não afetam sua atividade são mantidas a temperatura de  $-20$  C permitindo sua preservação por pelo menos 30 anos.

A performance do produto no campo é dependente da atividade (virulência), dose aplicada e permanência do inoculo sobre o tecido alvo do inseto-praga. Assim, formulações que favorecem a fixação sobre esses tecidos e atuam como anteparos da luz ultravioleta podem favorecer a persistência dos corpos de oclusão no ambiente. Apesar dos numerosos trabalhos na literatura sobre esses aspectos

(Burgess; Jones, 1998; Behle; Birthisel, 2014; Grzywacz; Moore, 2017) pouco tem se evoluído no aprimoramento das formulações comerciais atuais, provavelmente devido a custos e a limitações na vida de prateleira.

### Níveis de ação

Nível de ação corresponde ao momento apropriado para utilização da estratégia de controle considerando a infestação da praga ou a quantificação do dano observado visando controlar o crescimento da população e assim evitar a ocorrência de danos econômicos na produtividade da lavoura. Os níveis de ação relatados em grande parte variam com as recomendações das empresas. Espécies/cepas mais virulentas requerem níveis de ação que correspondem a densidades do inseto hospedeiro mais elevadas, ou seja, podem ser aplicadas mais tardiamente durante o crescimento da população da praga. Assim por exemplo, a lagarta-da-soja que é altamente suscetível a seu vírus e por isso requer uma dose menos elevada quando comparado a outras lagartas como *Helicoverpa armigera* ou *Chrysodeixis includens*, que são menos suscetíveis aos seus respectivos vírus (Sosa-Gómez, 2017). Por exemplo, o nível de ação de *A. gemmatalis* para uso do AgMNPV é quando são encontradas 20 lagartas menores de 1,5 cm por m linear de soja e as doses variam de  $1,5$  a  $3 \times 10^{11}$  corpos de oclusão.ha<sup>-1</sup>, já para *C. includens* são recomendadas duas aplicações, a primeira aplicação antes do fechamento do dossel, quando observadas as primeiras lagartas de primeiro a terceiro instar e segunda aplicação até uma densidade máxima de 20 lagartas 1,5 cm por m linear, com doses que variam de  $7,5 \times 10^{11}$  a  $1,5 \times 10^{12}$  corpos de oclusão.ha<sup>-1</sup>. As menores doses devem ser aplicadas em épocas com condições de infestação baixa e com lagartas de 1 a 6 mm de tamanho (1 a 2 instar). As maiores doses devem ser utilizadas quando ocorrem lagartas de 3º instar (7 a 16 mm).

### Mistura de baculovírus com outros agentes de controle

Devido à proteção das partículas virais pelos corpos de oclusão, os baculovírus de maneira geral apresentam maior resistência à inativação quando misturadas com agentes químicos (Moscardi; Sosa-Gómez, 1992). A utilização de misturas visa reduzir o tempo de morte, realçar a eficiência do vírus por meio do incremento dos níveis de mortalidade ou aumentar o tempo de persistência no ambiente. A compatibilidade de mistura de produtos à base de baculovírus com agrotóxicos é abordada no capítulo 27.

### Interações de Baculovírus e outros agentes de controle microbiano

Os baculovírus podem ser aplicados simultaneamente com fungos ou bactérias entomopatogênicas. Aplicações do AgMNPV isoladamente ou em mistura com o fungo *Metarhizium rileyi*, indicaram eficiência similar para ambos os tratamentos. Já as aplicações de ChinNPV ocasionaram níveis semelhantes de mortalidade da lagarta-falsa-medideira pela mistura ChinNPV + *M. rileyi* e o vírus isoladamente, com a maior parcela (85%) das lagartas mortas pelo vírus na mistura (Lopes et al., 2020).

Aplicações conjuntas de AgMNPV com subdosagens de bionseticidas a base de *Bacillus thuringiensis* podem ser eficientes no controle de lagartas (Moscardi et al., 1987; Moscardi; Yoshikawa, 1988). Entretanto, deve ser lembrado que nestas circunstâncias a seleção de produtos de baixa seletividade, provocará a redução dos inimigos naturais e, conseqüentemente, os possíveis problemas de ressurgência de pragas.

As infecções mistas de vírus de diferentes espécies ou de variantes de um mesmo vírus ocorrem naturalmente (Rowley et al., 2011; Redman et al., 2016) apresentando interações sinérgicas em alguns casos (Guo et al., 2007) ou de competição com interferência negativa no processo de doença (Hackett et al., 2000). Interações entre vírus de diferentes famílias recentemente estudadas indicam que infecções mistas entre iflavírus e baculovírus podem afetar a patogenicidade do baculovírus sem afetar sua infectividade e produtividade de OBs e que ocorre uma oclusão do iflavírus com o OB do baculovírus (Jakubowska et al., 2016).

A formulação de baculovírus de diferentes espécies para ampliar o espectro de ação tem sido cada vez mais frequentes, permitindo o controle no caso de ocorrer concomitantemente diferentes espécies de lagartas. Atualmente, são comercializados produtos contendo misturas de diversas espécies (Mapa, 2022).

### Interações entre Baculovírus e inimigos naturais

O uso de baculovírus na agricultura como uma das múltiplas abordagens do MIP está associado ao emprego harmônico de outras abordagens de formas de controle. Os parasitoides não são susceptíveis a infecções por baculovírus, mas seu ciclo no hospedeiro pode ser reduzido e seu tamanho pode ser diminuído em hospedeiros infectados pelo vírus (McCutchen et al., 1996). De maneira geral, os parasitoides podem transmitir vírus. Por outro lado, parasitoides podem causar redução da virulência e da produtividade dos baculovírus em seus hospedeiros parasitados suscetíveis; no entanto, estudos das ferramentas usadas por parasitoides himenópteros para superar o sistema imunológico de seus hospedeiros sugerem que os parasitoides podem, em alguns casos, facilitar infecções baculovirais em hospedeiros menos suscetíveis (Cossentine, 2009). Por exemplo, a concentração letal média do baculovírus *Helicoverpa armigera* nucleopolyhedrovirus (HearNPV) em larvas de *H. armigera* foi maior em larvas parasitadas que em larvas não-parasitadas por *Microplitis demolitor* (Murray et al., 1995). O mesmo, foi encontrado para o betabaculovírus *Agrotis segetum* granulovirus (AgseGV) em lagartas parasitadas por *Apanteles telengai* quando comparado com larvas não-parasitadas (Santiago-Alvarez; Caballero, 1990). No caso específico da interação da lagarta-do-cartucho *S. frugiperda* e seu baculovírus, não foi observado variação na virulência quando o hospedeiro estava parasitado com *C. insularis* (Escribano et al., 2001).

Vírus recombinantes HearNPV-cathL e HearNPV-AaIT que expressam uma catepsina e uma neurotoxina seletiva do escorpião *Androctonus australis* não apresentaram efeitos negativos sobre as populações de Coccinélidos, quando aplicados para o controle de *H. armigera* em algodão (Sun et al., 2009). Estudos realizados com predadores indicam a elevada compatibilidade dos predadores com baculovírus (Vasconcelos et al., 1996; Gutiérrez-Cárdenas et al., 2020). Por exemplo, percevejos predadores do gênero *Podisus* que se alimentam de lagartas-da-soja infectadas com AgMNPV não são afetados pelo vírus (Nardo et al., 2001), seus OBs podem transitar através do aparelho digestivo e ser depositados nas fezes facilitando sua dispersão (Figuras 8 A e 8 B).

Foto: Jovenil José da Silva



Foto: Diron G. Boucias

**Figura 8.** (A) *Podisus* sp. predando larva de *Anticarsia gemmatalis* infectada com AgMNPV. (B) Corpos de oclusão obtidos das fezes do percevejo predador, *Podisus maculiventris*.

### Baculovírus em mistura com agroquímicos

Geralmente, baculoviroses podem ser utilizadas em conjunto com agroquímicos que não aumentam o pH da calda de aplicação, evitando assim a desestabilização dos OBs. Portanto, os vírus podem ser aplicados com herbicidas, fungicidas e inseticidas. Entretanto, a utilização conjunta pode não ser vantajosa, por exemplo, a mistura do bioinseticida (altamente seletivo) com um inseticida de mais amplo espectro, resulta em uma combinação cujo efeito não é seletivo. Contrastando, dessa maneira, com uma das principais características positivas do vírus que é a sua seletividade, o que permite a ação complementar de todos os inimigos naturais de ocorrência natural. A combinação do vírus com inseticidas seletivos é viável, porém, não é aconselhável sua utilização em forma repetida. Uma vez que sob intensa pressão de seleção por períodos prolongados é possível a seleção de populações resistentes.

Embora não desejável, uma prática utilizada para reduzir os custos de aplicação consiste em adicionar o vírus no momento de aplicação de herbicidas pós-emergentes, independente da densidade da praga. Portanto, é uma prática que não segue uma das premissas do manejo integrado de pragas, que consiste em realizar a aplicação somente quando necessária. Embora raramente relatada a ocorrência de resistência a viroses a campo, o uso generalizado dessa operação aumenta o risco da ocorrência deste fenômeno.

De acordo com Moscardi e Sosa-Gómez (1992), as misturas de AgMNPV com baixas doses de inseticidas (1/4 a 1/8 das doses recomendadas) foram eficientes para reduzir a população de *A. gemmatalis* quando o nível de ação (vinte lagartas menores de 1,5 cm por m de linha) para aplicar o vírus só, foi superado.

### Baculovírus e substâncias que realçam sua eficácia

Na tentativa de conter a limitação de sua persistência sobre as superfícies expostas aos raios solares, muitos estudos focam na descoberta de aditivos para formulações que aumentem a persistência do inseticida na lavoura, como é o caso de branqueadores ópticos (Shapiro, 1992; Shapiro; Farrar, 2003) e óxidos de metais como o dióxido de titânio e de zinco (Farrar et al., 1999; Tamez-Guerra et al., 2000; Wilson et al., 2020). A maior atividade dos vírus em mistura tem sido demonstrada em *A. gemmatalis* nas combinações do AgMNPV com formulações de Blankophor HRS, Blankophor RKH e Tinopal UNPA-GX (Morales et al., 2001). Em *S. frugiperda*, os bioensaios de SfMNPV com Blankophor BBH and

Calcofluor M2R indicaram maior atividade inseticida (Martínez et al., 2003). Aumento da atividade também tem sido encontrada em *H. armigera* quando inoculados simultaneamente com o seu vírus o branqueador Tinopal F-3543 (Mehrvar, 2013). Entretanto, esta maior atividade expressa pela redução da concentração letal média e redução do tempo médio de mortalidade relatada em condições controladas deve ser verificada a campo. Estudos realizados com o vírus de *C. includens* em parcelas infestadas artificialmente com lagartas de segundo a quarto instar indicam que a eficiência do vírus pode ser aumentada pela adição de Blankophor BBH a 1% (Zou; Young, 1996). De maneira geral, estas substâncias têm um custo maior que o ingrediente ativo (McGuire et al., 2001), fazendo com que o custo seja impraticável, no momento, para a maioria dos sistemas de produção.

### **Interação entre processo de infecção e a planta hospedeira**

A influência das plantas hospedeiras na susceptibilidade a doenças entomopatogênicas em insetos-pragas tem sido revisada por diversos autores (Cory; Hoover, 2006; Sosa-Gómez, 2012). Especificamente, nas interações que envolvem a cultura da soja tem sido determinada, que formulações baseadas no baculovírus isolado da lagarta *Anagrapha falcifera* apresentaram seis vezes maior letalidade em larvas de *Trichoplusia ni* quando expostas a folhas de soja, quando comparada a exposição a folhas de algodão, repolho e feijão verde, apontando uma influência importante da planta hospedeira com a eficácia viral (Hay et al., 2020). Os pesquisadores determinaram que o aumento da atividade inseticida, era devida a três flavonoides (daidzeína, genisteína e kaempferol), encontrado apenas em soja e não detectados em algodão, repolho e feijão verde, eram os responsáveis pelo aumento na susceptibilidade. Assim, os três flavonoides juntos melhoraram sinergisticamente a atividade contra *T. ni* em soja. Quando aplicados individualmente, os flavonoides não demonstraram um aumento tão robusto quando comparado a combinação dos três (Hay et al., 2020).

Recentemente, tem sido demonstrado como a dieta pode afetar a estrutura da matriz peritrófica (PM), presente no intestino médio de larvas de *Trichoplusia ni* e, conseqüentemente, sua susceptibilidade ao baculovírus AcMNPV. Lagartas criadas em folhas de batata apresentaram níveis de transcrição mais baixos para os genes quitinase e quitina desacetilase, e possuíam matriz peritrófica mais espessa que aquelas criadas com repolho ou dieta artificial, o que poderia contribuir para sua susceptibilidade menor ao baculovírus. As conseqüências dessas mudanças realçam a importância da influência da dieta na susceptibilidade do patógeno nas estratégias de manejo de pragas (Chen et al., 2018).

Não está clara a influência de compostos fitoquímicos produzidos por plantas hospedeiras na susceptibilidade a baculovírus por insetos-pragas. De forma simplificada, existe uma complexidade de interações que coevoluem para três importantes personagens que protagonizam o controle biológico dependido por baculovírus: a espécie de inseto alvo do controle, a espécie da planta hospedeira com todo seu arsenal fitoquímico e o isolado viral com suas características genéticas e diversidade populacional.



## Modificações genéticas que visam maior eficácia de utilização de baculovirose na cultura da soja

Uma desvantagem do uso de baculovírus em relação aos inseticidas químicos para o controle de insetos-praga é o relativamente longo tempo que leva para o vírus matar o inseto depois da infecção. Para tentar resolver ou diminuir essa limitação, vários pesquisadores ao redor do mundo realizam pesquisas com baculovírus geneticamente modificados (GM) visando o aumento na velocidade de ação inseticida do vírus desde o final da década de 80. Diferentes genes foram introduzidos no genoma dos baculovírus com essa finalidade, sendo os genes de neurotoxinas derivados de artrópodes, específicas para insetos, os que mais aumentaram a atividade inseticida (Kamita et al., 2017). Esses vírus GM podem diminuir em até 50%, o tempo necessário para induzir a morte do inseto infectado quando comparado ao vírus selvagem (Stewart et al., 1991; Tomalski; Miller, 1992). Além dos genes de neurotoxinas, outros genes foram introduzidos no genoma de baculovírus e mostraram atividade inseticida aumentada, como por exemplo, genes que codificam proteínas que controlam o metabolismo e/ou metamorfose dos insetos como a enzima esterase do hormônio juvenil (Hammock et al., 1990; Eldrigde et al., 1992), hormônio diurético (Maeda, 1989), proteases (Harrison; Bonning, 2001; Gramkow et al., 2010), quitinases (Kramer et al., 1997), genes de outros vírus, como o *Cotesia rubecula* PDV gene (CrV1), que está envolvido na despolimerização de actina dos hemócitos do inseto hospedeiro, interferindo com a resposta celular contra vírus e outros microrganismos (Wei et al., 2016), enhancinas de certos betabaculovírus, que danificam a membrana peritrófica do inseto, facilitando a entrada de vírus nas células intestinais (Popham et al., 2001) e genes de toxinas Cry de *Bacillus thuringiensis* (Ribeiro; Crook, 1993, 1998; Chang et al., 2003).

Os baculovírus (encontrados na natureza e os geneticamente modificados) são uma alternativa viável para o controle de insetos-praga, especialmente onde os inseticidas químicos não são mais efetivos, são economicamente inviáveis ou em cultivos orgânicos. Apesar de serem estudados há várias décadas tanto em laboratório como em testes de campo, o uso de baculovírus GM ainda é restrito. As principais preocupações em relação ao uso de baculovírus GM seriam o possível efeito em espécies não-alvo, transferência do gene inseticida para outros organismos e aumento na replicação viral e sobrevivência aumentada no meio ambiente (Kamita et al., 2017). Entretanto, testes de campo nas últimas décadas com diferentes baculovírus GM tem mostrado pouco ou nenhum efeito desses vírus em espécies não-alvo e uma baixa persistência no meio ambiente (Cory et al., 1994; Levidow, 1995; Sun et al., 2004).

### Gene *egt*

O hormônio ecdisona é responsável pela regulação de várias vias metabólicas envolvidas no crescimento, maturação sexual e metamorfose dos insetos (Yamanaka et al., 2013). Muitos baculovírus possuem o gene ecdisteroide UDP-glicosiltransferase (*egt*) que codifica a enzima EGT (Rohrmann, 2019). Essa enzima inativa o hormônio ecdisona adicionando a ele, unidades de UDP-galactose ou UDP-glicose (Evans; O'Reilly, 1998; Pinedo et al., 2003). Essa inativação da ecdisona gera uma parada na metamorfose do inseto, fazendo com que ele se mantenha na fase larval por mais tempo alimentando-se e, conseqüentemente, produzindo mais vírus. Na década de 90, foi mostrado que o gene *egt* do baculovírus AcMNPV não é essencial para a replicação do baculovírus nas células do seu inseto hospedeiro

(O'Reilly; Miller, 1990) e que, a inativação desse gene por engenharia genética afetava o crescimento e desenvolvimento da larva do inseto infectado (O'Reilly; Miller, 1991). A inativação desse gene no genoma do AcMNPV, resultou em um vírus capaz de acelerar a morte de seu hospedeiro e diminuir o tempo em que o inseto se alimenta, melhorando sua atividade inseticida. No Brasil, o genoma do baculovírus *Anticarsia gemmatalis* multiple nucleopolyhedrovirus (AgMNPV) foi modificado pela inativação do gene *egt* (Pinedo et al., 2003), o que também resultou em um vírus eficaz em acelerar a morte do seu inseto hospedeiro. O AgMNPV recombinante contendo a deleção no gene *egt* reduziu em 20% A TL<sub>50</sub> quando comparado com o vírus selvagem. Simón et al. (2012) atribuíram a deleção natural do gene *egt* do baculovírus SfMNPV, isolados nos Estados Unidos e Nicarágua, com uma maior mortalidade do inseto hospedeiro quando comparado com outros isolados naturais contendo o gene. A deleção do gene *egt* de outros baculovírus como o HearNPV (Chen et al., 2000) e o *Lymantria dispar* nucleopolyhedrovirus (LdMNPV) (Slavicek et al., 1999), também confirmaram esses resultados.

### Genes *v-cath* e *Chi-A*

Durante os momentos finais da infecção por baculovírus, o inseto infectado para de se locomover e de se alimentar e a cutícula se torna frágil e de coloração esbranquiçada pela acumulação de OBs no núcleo da maioria das células (Federici, 1997). Quando o inseto morre, ocorre o escurecimento (melanização) da cutícula, que se desfaz ou liquefaz, liberando os OBs no meio ambiente (Volkman; Keddie, 1990). A liberação dos OBs no meio ambiente é resultado da expressão de uma cisteíno-protease denominada V-CATH e de uma quitinase denominada ChiA codificadas no genoma de diferentes espécies de baculovírus, que agem na desintegração da cutícula do inseto resultando em uma maior dispersão do vírus no meio ambiente (Ohkawa et al., 1994; Slack; Falkner, 1995). O baculovírus *Anticarsia gemmatalis* multiple nucleopolyhedrovirus (AgMNPV) e outros baculovírus não possuem os genes *chiA* and *v-cath* (Oliveira et al., 2006; Castro et al., 2017). Essa característica do AgMNPV faz com que não haja a liquefação da larva infectada imediatamente após a sua morte (Oliveira et al., 2006, Lima et al., 2013). Estes genes presentes em alguns genomas de baculovírus e ausente em outros são denominados de auxiliares por não serem essenciais para a replicação viral, mas poderem dar uma vantagem seletiva para quem os possuem (Rohrmann, 2019). Foi demonstrado que a expressão desses genes na fase final da infecção e o sinergismo entre as proteínas V-CATH e ChiA promovem a liquefação da cutícula da larva infectadas (Hawtin et al., 1997) e facilitam a coleta e processamento dos insetos após a morte pela infecção viral, o que é importante para a formulação do bioinseticida à base de baculovírus. Além disso, a deleção desses genes resulta em baculovírus mutantes incapazes de liquefazer a larva infectada logo após a sua morte (Ohkawa et al., 1994; Slack; Falkner, 1995; Daimon et al., 2006). Valicente et al. (2008), isolou um mutante natural do vírus SfMNPV incapaz de liquefazer o tegumento de larvas da lagarta-do-cartucho do milho (*S. frugiperda*), o que facilitou a produção desse vírus em laboratório. Esse vírus possui uma deleção de uma base nitrogenada (Adenina) na posição 297 do gene *chiA*, resultando em uma mudança de fase de leitura e consequentemente, uma proteína truncada na sua porção C-terminal (Vieira et al., 2012). Lima et al. 2013, introduziram os genes *chiA* and *v-cath* derivados do baculovírus *Choristoneura fumiferana* defective nucleopolyhedrovirus (CfDefNPV) no genoma do AgMNPV resultando em um vírus recombinante capaz

de melanizar e liquefazer larvas de *A. gemmatilis* logo após sua morte pela infecção viral. Além disso, ocorreu uma maior produção de poliedros e uma quantidade de vírus recombinante menor foi capaz de induzir a morte das larvas quando comparado ao vírus selvagem.

### Considerações finais

Diversas espécies da família *Baculoviridae* são importantes agentes de controle microbiano. A expansão do seu uso está atrelada ao reconhecimento do seu potencial controle, facilidade de criação de seus hospedeiros e importância econômica da praga alvo. O treinamento adequado dos agentes de extensão e o comprometimento na preservação de parasitoides e predadores de ocorrência natural das pragas. Sua característica de elevada seletividade os torna coadjuvantes no processo de regulação da densidade de insetos praga, complementada por outros inimigos naturais. Desde a detecção da ocorrência de *H. armigera* em 2013, o uso desse grupo de entomopatógenos tem crescido exponencialmente. Atualmente no Brasil, constam diversos produtos cujos ingredientes ativos são baculovírus (AcMNPV, AgMNPV, ChinNPV, HearNPV, SfMNPV) e outros utilizados artesanalmente, como os baculovírus de *Erinnyis ello*, *Condylorrhiza vestigialis*, e vírus de outros grupos infectando *Opsiphanes invirae* e *Sibine* sp. Portanto, existe demanda por produtos à base de vírus, como por exemplo para o controle de pragas que atualmente ocorrem com maior prevalência como a falsa medideira, *Rachiplusia nu*, e a broca dos ponteiros, *Crosidosema aporema*, cujas viroses são conhecidas e apresentam potencial de utilização.

### Referências

- ANDRADE, C. F. S. Estudos ecológicos e patológicos de poliedrose nuclear de *Alabama argillacea* (Hubner, 1818) (Lepidoptera, Noctuidae). 1981. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- ARDISSON-ARAÚJO, D. M. P.; ROHRMANN, G. F.; RIBEIRO, B. M.; CLEM, R. J. Functional characterization of hesp018, a baculovirus-encoded serpin gene. *Journal of General Virology*, v. 96, pt 5, p. 1150-1160, 2015.
- ARRIZUBIETA, M.; SIMÓN, O.; WILLIAMS, T. CABALLERO, P. Genomic sequences of five *Helicoverpa armigera* nucleopolyhedrovirus genotypes from Spain that differ in their Insecticidal Properties. *Genome Announcements*, v. 3, n. 3, e00548-15, 2015.
- BEHLE, R.; BIRTHISEL, T. Formulations of Entomopathogens as Bioinsecticides. In: MORALES-RAMOS, J. A.; ROJAS, M. G.; SHAPIRO-IAN, D. I. (Eds.) *Mass Production of Beneficial Organisms*. Amsterdam: Elsevier, 2014. p. 483-517.
- BRITO, A. F.; BRACONI, C. T.; WEIDMANN, M.; DILCHER, M.; ALVES, J. M.; GRUBER, A.; ZANOTTO, P. M. A. The Pangenome of the *Anticarsia gemmatilis* multiple Nucleopolyhedrovirus (AgMNPV). *Genome biology and evolution*, v. 8, n. 1, p. 94-108, 2015.
- BRITO, A. F.; MELO, F. L.; ARDISSON-ARAÚJO, D. M. P.; SIHLER, W.; SOUZA, M. L.; RIBEIRO, B. M. Genome-wide diversity in temporal and regional populations of the betabaculovirus *Erinnyis ello* granulovirus (ErelGV). *BMC Genomics*, v. 19, p. 698, 2018.
- BURGES, H. D.; JONES, K. A. Formulation of bacteria, viruses and protozoa to control insects. In: BURGES, H. D. (Ed.) *Formulation of Microbial Biopesticides: Beneficial microorganisms, nematodes and seed treatments*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 33-127.
- CARPES, M. P.; SAMPAIO, T. L.; CASTRO, M. E. B.; ZANOTTO, P. M. A.; RIBEIRO, B. M. Molecular analysis of a mutant *Anticarsia gemmatilis* multiple nucleopolyhedrovirus (AgMNPV) shows an interruption of an inhibitor of apoptosis gene (iap-3) by a new class-II piggyBac-related insect transposon. *Insect Molecular Biology*, v. 18, p. 747-757, 2009.
- CASTRO, M. E. B.; MELO, F. L.; TAGLIARI, M.; INGLIS, P. W.; CRAVEIRO, S. R.; RIBEIRO, Z. M. A.; RIBEIRO, B. M.; BÃO, S. N. The genome sequence of *Condylorrhiza vestigialis* NPV, a novel Baculovirus for the control of the alamo moth on *Populus* spp. in Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 148, p. 152-161, 2017.
- CHANG, J. H.; CHOI, J. Y.; JIN, B. R.; ROH, J. Y.; OLSZEWSKI, J. A.; SEO, S. J.; O'REILLY, D. R.; JE, Y. H. An improved baculovirus insecticide producing occlusion bodies that contain *Bacillus thuringiensis* insect toxin. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 84, p. 30-37, 2003.

- CHATEIGNER, A.; BEZIER, A.; LABROUSSE, C.; JIOLLE, D.; BARBE, V.; HERNIOU, E. A. Ultra deep sequencing of a Baculovirus population reveals widespread genomic variations. **Viruses**, v. 7, n. 7, p. 3625-3646, 2015.
- CHEN, X.; SUN, X.; HU, Z.; LI, M.; O'REILLY, D. R.; ZUIDEMA, D.; VLAK, J. M. Genetic engineering of *Helicoverpa armigera* single nucleocapsid nucleopolyhedrovirus as an improved pesticide. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 76, p. 140-146, 2000.
- CHEN, E.; KOLOSOV, D.; O'DONNELL, M. J.; ERLANDSON, M. A.; MCNEIL, J. N.; DONLY, C. The effect of diet on midgut and resulting changes in infectiousness of AcMNPV baculovirus in the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. **Frontiers in Physiology**, v. 9, article 1348, 2018. 11 p.
- CHEN, X.; ZHANG, W. J.; WONG, J.; CHUN, G.; LU, A.; MCCUTCHEEN, B. F.; PRESNAIL, J. K.; HERRMANN, R.; DOLAN, M.; TINGEY, S.; HU, Z. H.; VLAK, J. M. Comparative analysis of the complete genome sequences of *Helicoverpa zea* and *Helicoverpa armigera* single-nucleocapsid nucleopolyhedroviruses. **Journal of General Virology**, v. 83, n. 3, p. 673-684, mar. 2002.
- CLAUS, J. D.; SCIOCCO DE CAP, A. Producción masiva de baculovirus. In: CABALLERO, P.; LÓPEZ-FERBER, M.; WILLIAMS, T. (Eds.). **Los baculovirus y sus aplicaciones como bioinsecticida em el control biológico de plagas**. Valencia: Phytoma, 2001. p. 257-312.
- COSENTINE, J. E. The parasitoid factor in the virulence and spread of lepidopteran baculoviruses. **Virologica Sinica**, v. 24, p. 305-314, 2009.
- CORY, J. S.; HIRST, M. L.; WILLIAMS, T.; HAILS, R. S.; GOULSON, D.; GREEN, B. M.; CARTY, T. M.; POSSEE, R. D.; CAYLAY, P. J.; BISHOP, D. H. L. Field trial of a genetically improved baculovirus insecticide. **Nature**, v. 370, p. 138-140, 1994.
- CORY, J.; HOOVER, K. Plant-mediated effects in insect-pathogen interactions. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 21, p. 278-286, 2006.
- CRAVEIRO, S. R.; INGLIS, P. W.; TOGAWA, R. C.; GRYNBERG, P.; MELO, F. L.; RIBEIRO, Z. M. A.; RIBEIRO, B. M.; BÃO, S. N.; CASTRO, M. E. B. The genome sequence of *Pseudoplusia includens* single nucleopolyhedrovirus and an analysis of *p26* gene evolution in the baculoviruses. **BMC Genomics**, v. 16, n. 1, 127, 2015. 12 p.
- CUARTAS, P. E.; BARRERA, G. P.; BELAICH, M. N.; BARRETO, E.; GHIRINGHELLI, P. D.; VILLAMIZAR, L. F. The complete sequence of the first *Spodoptera frugiperda* Betabaculovirus genome: a natural multiple recombinant virus. **Viruses**, v. 7, p. 394-421, 2015.
- DAIMON, T.; SUSUMU, K.; KANG, W.; SHIMADA, T. Comparative studies of *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus chitinase and its host ortholog, BmChi-h. **Biochemical and Biophysical Research Communication**, v. 345, p. 825-833, 2006.
- EBERLE, K. E.; JEHELE, J. A.; HUBER, J. Microbial control of crop pests using insect viroses. In: ABROL, D. P.; SHANKAR, U. (Eds.). **Integrated Pest Management: Principles and Practice**. Wallingford: CABI Publishing, 2012. p. 281-298.
- ERLANDSON, M. A. Genetic variation in field populations of baculoviruses: mechanisms for generating variation and its potential role in baculovirus epizootiology. **Virologica Sinica**, v. 24, n. 5, p. 458, 2009.
- ELDRIDGE, R.; O'REILLY, D. R.; HAMMOCK, B. D.; MILLER, L. K. Insecticidal properties of genetically engineered baculovirus expressing an insect juvenile hormone esterase gene. **Applied Environmental Microbiology**, v. 58, p. 1583-1591, 1992.
- EVANS, O. P.; O'REILLY, D. R. Purification and kinetic analysis of baculovirus ecdysteroid UDP-glucosyltransferase. **Biochemical Journal**, v. 330, p. 1265-1270, 1998.
- ESCRIBANO, A.; WILLIAMS, T.; GOULSON, D.; CAVE, R. D.; CHAPMAN, J. W.; CABALLERO, P. Consequences of interspecific competition on the virulence and genetic composition of a nucleopolyhedrovirus in *Spodoptera frugiperda* larvae parasitized by *Chelonus insularis*. **Biocontrol**, v. 11, p. 649-662, 2001.
- FARRAR, R. R.; RIDGWAY, R. L.; DIVELY, G. P. Activity and persistence of the nuclear polyhedrosis virus of the celery looper (Lepidoptera: Noctuidae) with a feeding stimulant and a stilbene-derived enhancer. **Journal of Entomological Science**, v. 34, n. 4, p. 369-380, 1999.
- FEDERICI, B. A. Baculovirus pathogenesis. In: MILLER, L. K. (Ed.). **The Baculoviruses**. Boston: Springer, 1997. p. 33-59.
- FERREIRA, B. C.; SILVA, A. M. R.; SANCHES, M. M.; MOSCARDI, F.; RIBEIRO, B. M. Biological and molecular characterization of two *Anticarsia gemmatalis* multiple nucleopolyhedrovirus clones exhibiting contrasting virulence. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 164, p. 23-31, 2019.
- GRAMKOW, A. W.; PERECMANIS, S.; SOUSA, R. L. B.; NORONHA, E. F.; FELIX, C. R.; NAGATA T.; RIBEIRO, B. M. Insecticidal activity of two proteases against *Spodoptera frugiperda* larvae infected with recombinant baculoviruses. **Virology Journal**, v. 7, p. 143, 2010.
- GRZYWACZ, D. Basic and Applied research: Baculovirus. In: LACEY, L. (Ed.). **Microbial Control of Insect and Mite Pests: From Theory to Practice**. Amsterdam: Academic Press Elsevier, 2017. p. 27-46.
- GRZYWACZ, D.; MOORE, S. Production, formulation, and bioassay of baculoviruses for pest control. In: LACEY, L. (Ed.). **Microbial Control of Insect and Mite Pests: From Theory to Practice**. Amsterdam: Academic Press Elsevier, 2017. Ch. 7. p. 109-124.
- GRZYWACZ, D.; RABINDRA, R. J.; BROWN, M.; JONES, K. A.; PARNELL, M. **Helicoverpa armigera Nucleopolyhedrovirus Production Manual**. Natural Resources Institute. 107 pp. 2004. Disponível em: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/agrotech/2011/HaNPVmanual-pt1.pdf>

- GUO, H. F.; FANG, J. C.; WANG, J. P.; ZHONG, W. F.; LIU B. S. Interaction of *Xestia c-nigrum* granulovirus with peritrophic matrix and Spodoptera litura nucleopolyhedrovirus in *Spodoptera litura*. **Journal of Economic Entomology**, v. 100, n. 1, p. 20-25, 2007.
- GUTIÉRREZ-CÁRDENAS, O. G.; ADÁN, Á.; BEPERET, I.; MEDINA, P.; CABALLERO, P.; GARZÓN, A. The Role of *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae) as a Potential Dispersive Agent of Noctuid Baculoviruses. **Insects**, v. 11, n. 11, 760, 2020.
- HACKETT, K. J.; BOORE, A.; DEMING, C.; BUCKLEY, E.; CAMP, M.; SHAPIRO, M. Helicoverpa armigera granulovirus interference with progression of *H. zea* nucleopolyhedrovirus disease in *H. zea* larvae. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 75, n. 2, p. 99-106, 2000.
- HAMMOCK, B. D.; BONNING, B. C.; POSSEE, R. D.; HANZLIK, T. N.; MAEDA, S. Expression and effects of the juvenile-hormone esterase in a baculovirus vector. **Nature**, v. 344, p. 458-461, 1990.
- HARRISON, R. L.; BONNING, B. C. Use of proteases to improve the insecticidal activity of baculoviruses. **Biological Control**, v. 20, p. 199-209, 2001.
- HAWTIN, R. E.; ZARKOWSKA, T.; ARNOLD, K.; THOMAS, C. J.; GOODAY, G. W.; KING, L. A.; KUSIO, J. A.; POSSEE, R. D. Liquefaction of *Autographa californica* nucleopolyhedrovirus-infected insects is dependent on the integrity of virus-encoded chitinase and cathepsin genes. **Virology**, v. 238, p. 243-253, 1997.
- HAY, W. T.; BEHLE, R. W.; BERHOW, M. A.; MILLER, A. C.; SELLING, G. W. Biopesticide synergy when combining plant flavonoids and entomopathogenic baculovirus. **Science Report**, v. 10, 6806, 2020. 9 p. doi: 10.1038/s41598-020-63746-6.
- HUNTER-FUJITA, F. R.; ENTWISTLE, P. F.; EVANS, H. F.; CROOK, N. E. VIRUS production. In: HUNTER-FUJITA, F. R.; ENTWISTLE, P. F.; EVANS, H. F.; CROOK, N. E. (Eds.). **Insect viruses and pest management**. [S. l.] Wiley, 1998. p. 92-116.
- INGLIS, P. W.; SANTOS, L. A. V. M.; CRAVEIRO, S. R.; RIBEIRO, B. M.; CASTRO, M. E. B. Mosaic genome evolution and phylogenetics of *Chrysodeixis includens* nucleopolyhedrovirus (ChinNPV) and virulence of seven new isolates from the Brazilian states of Minas Gerais and Mato Grosso. **Archives of Virology**, v. 166, p. 125-138, 2020.
- JAKUBOWSKA, A. K.; MURILLO, R.; CARBALLO, A.; WILLIAMS, T.; VAN LENT, J. W. M.; CABALLERO, P.; HERRERO, S. I flavivirus increases its infectivity and physical stability in association with baculovirus. **PeerJ**, v. 4, e1687, 2016.
- JONES, K. A.; BURGESS, H. D. Technology of formulation and application. In: BURGESS, H. D. (Ed.). **Formulation of Microbial Biopesticides: Beneficial microorganisms, nematodes and seed treatments**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 7-30.
- KAMITA, S. G.; KANG, K.-D.; INCEOGLU, A. B.; HAMMOCK, B. D. Genetically modified Baculoviruses for pest insect control. In: ROITBERG, B. D. (Ed.). **Reference Module in Life Sciences**. [S. l.]: Elsevier, 2017. p.331-369. DOI:10.1016/b978-0-12-809633-8.04074-7
- KINARD, G. R.; BARNETT, O. W.; CARNER, G. R. Characterization of an Iridescent Virus Isolated from the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatilis*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 66, p. 258-263, 1995.
- KRAMER, K. J.; MUTHUKRISHNAN, S. Insect chitinases: Molecular biology and potential use as biopesticides. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 27, p. 887-900, 1997.
- LEVIDOW, L. The Oxford baculovirus controversy: safely testing safety? **BioScience**, v. 45, n. 8, p. 545-551, Sept. 1995.
- LIMA, A. A.; ARAGÃO, C. W. S.; CASTRO, M. E. B.; OLIVEIRA, J. V. C.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; RIBEIRO, B. M. A Recombinant *Anticarsia gemmatilis* MNPV harboring *chiA* and *v-cath* genes from *Choristoneura fumiferana* defective NPV induce host liquefaction and increased insecticidal activity. **Plos One**, v. 8, e74592, 2013.
- LOPES, R. B.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; OLIVEIRA C. M.; SANCHES, M. M.; SOUZA, D. A.; BENITO N. P.; SCHMIDT, F. G. V.; FARIA, M. Efficacy of an oil-based formulation combining *Metarhizium rileyi* and nucleopolyhedroviruses against lepidopteran pests of soybean. **Journal of Applied Entomology**, v. 144, n. 8, p. 678-689, 2020.
- LUCENA, C. C. de; SILVEIRA, H. F. da; RINGENBERG, R.; RANGEL, M. A. S. **Diagnóstico da situação atual do manejo de artrópodos e pragas na cultura da mandioca na região Centro-Sul do Brasil**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2017. 37p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 90).
- MAEDA, S. Increased insecticidal effect by a recombinant baculovirus carrying a synthetic diuretic hormone gene. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 165, p. 1177-1183, 1989.
- MAPA. **Agrofit: consulta aberta**. 2022. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agro\\_fit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agro_fit_cons)>. Acesso em: 21 mar. 2022.
- MARTÍNEZ, A. M.; SIMÓN, O.; WILLIAMS, T.; CABALLERO, P. Effect of optical brighteners on the insecticidal activity of a nucleopolyhedrovirus in three instars of *Spodoptera frugiperda*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 109, n. 2, p. 139-146, 2003.
- MARUNIAK, J. E.; GARCIA-MARUNIAK, A.; SOUZA, M. L.; ZANOTTO, P. M. A.; MOSCARDI, F. Physical maps and virulence of *Anticarsia gemmatilis* nucleopolyhedrovirus genomic variants. **Archives of Virology**, v. 144, n. 10, p. 1991-2006, 1999.

- MCCUTCHEN, B. F.; HERRMANN, R.; HEINZ, K. M.; PARRELLA, M. P.; HAMMOCK, B. D. Effects of recombinant baculoviruses on a nontarget endoparasitoid of *Heliothis virescens*. **Biological Control**, v. 6, p. 45-50, 1996.
- MEHRVAR, A. Synergistic effects of optical brighteners on the insecticidal activities of Iranian nucleopolyhedrosis isolates against *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Acta Entomologica Sinica**, v. 56, n. 6, p. 708-714, 2013.
- MCGUIRE, M. R.; TAMEZ-GUERRA, P.; BEHLE, R. W.; STRETT, D. A. Comparative field stability of selected entomopathogenic virus formulations. **Journal Economic Entomology**, v. 94, n. 5, p. 1037-1044, 2001.
- MIELE, S. A.; GARAVAGLIA, M. J.; BELAICH, M. N.; GHIRINGHELLI, P. D. Baculovirus: molecular insights on their diversity and conservation. **International Journal of Evolutionary Biology**, v. 2011, Article ID 379424, 2011.
- MITCHELL, F. L.; SMITH, G. E.; SMITH JR, J. W. Characterization of an entomopoxvirus of the lesser cornstalk borer (*Elasmopalpus lignosellus*). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 42, p. 299-305, 1983.
- MORALES, L.; MOSCARDI, F.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PARO, F. E.; SOLDORIO, I. Fluorescent brighteners improve *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae) nucleopolyhedrovirus (AgMNPV) activity on AgMNPV-susceptible and resistant strains of the insect. **Biological Control**, v. 20, n. 3, p. 247-253, 2001.
- MOSCARDI, F. Assessment of the application of Baculoviruses for control of Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, v. 44, p. 257-289, 1999.
- MOSCARDI, F.; LEITE, L. G.; ARAÚJO, M. S.; FERRAZ, E. B. Controle da lagarta da soja por misturas de Baculovirus anticarsia com doses reduzidas de inseticidas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1985/86**. Londrina, 1987. p. 58-65. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 20).
- MOSCARDI, F.; LEITE, L. G.; ZAMATARO, C. E. Production of nuclear polyhedrosis virus of *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae): Effect of virus dosage, host density and age. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n. 1, p. 121-132, 1997.
- MOSCARDI, F.; SOSA-GÓMEZ, D. R. Use of Viruses Against Soybean Caterpillars in Brazil. In: COPPING, L. G.; GREEN, M. B.; REES, R. T. (Eds). **Pest Management in Soybean**. Dordrecht: Springer, 1992. p. 98-109.
- MOSCARDI, F.; SOSA-GOMEZ, D. R. Microbial control of insect pests of soybean. In: LACEY, L. A.; KAYA, H. K. (Ed.). **Field manual of techniques in invertebrate pathology: application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests**. Dordrecht: Kluwer, 2000. p. 447-466.
- MOSCARDI, F.; YOSHIKAWA, J. N. Controle da lagarta da soja por misturas de Baculovirus anticarsia com doses reduzidas de inseticidas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1986/87**. Londrina, 1988. p. 50-51. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 28).
- MUÑOZ, D.; MURILLO, R.; KRELL, P. J.; VLAK, J. M.; CABALLERO, P. Four genotypic variants of a Spodoptera exigua nucleopolyhedrovirus (Se-SP2) are distinguishable by a hypervariable genomic region. **Virus Research**, v. 59, p. 61-74, 1999.
- MURRAY, D. A. H.; MONSOUR, C. J.; TEAKLE, R. E.; RYNNE, K. P.; BEAN, J. A. Interactions between nuclear polyhedrosis virus and three larval parasitoids of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of the Australian Entomological Society**, v. 34, p. 319-322, 1995.
- NARDO, E. A. B. de; MAIA, A. H. N.; WATANABE, M. A. Effect of a formulation of *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae) nuclear polyhedrosis virus on the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae: Asopinae), using the fertility life table parameters. **Environmental Entomology**, v. 30, n. 6, p. 1164-1173, 2001.
- OHKAWA, T.; MAJIMA, K.; MAEDA, S. A cysteine protease encoded by the baculovirus *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus. **Journal of Virology**, v. 68, p. 6619-6625, 1994.
- OLIVEIRA, J. V. C.; WOLFF, C. L. J.; MARUNIAK-GARCIA, A.; RIBEIRO, B. M.; CASTRO, M. E. B.; MOSCARDI, F.; MARUNIAK, J. E.; ZANOTTO, P. M. de A. Genome of the most widely used viral biopesticide: *Anticarsia gemmatilis* multiple nucleopolyhedrovirus. **Journal of General Virology**, v. 87, p. 3233-3250, 2006.
- OLIVEIRA, L. B. de; PETERSON, L.; SANTOS, E. R. dos; ARDISSON-ARAÚJO, D. M. P.; RIBEIRO, B. M.; SOSA-GÓMEZ, D. R. Molecular, ultrastructural, and pathological characterization of *Spodoptera cosmoidea* multiple nucleopolyhedrovirus, the first baculovirus harboring a nad-glutamate dehydrogenase. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VIROLOGIA, 28.; ENCONTRO DE VIROLOGIA DO MERCOSUL, 12., 2017, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2017. trabalho n° 403.
- O'REILLY, D. R.; MILLER, L. K. Regulation of expression of a baculovirus ecdysteroid UDP-glucosyltransferase gene. **Journal of Virology**, v. 64, p. 1321-1328, 1990.
- O'REILLY, D. R.; MILLER, L. K. Improvement of a baculovirus pesticide by deletion of the egt gene. **Bio/Technology**, v. 9, p. 1086-1089, 1991.

- PETERSON, L.; SANTOS, E. R. dos; OLIVEIRA, L. B. de; SOSA-GÓMEZ, D. R.; RIBEIRO, B. M.; ARDISON-ARAÚJO, D. M. P. Characterization and phylogenetic analysis of a new baculovirus: *Mythimna seax* nucleopolyhedrovirus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VIROLOGIA, 28.; ENCONTRO DE VIROLOGIA DO MERCOSUL, 12., 2017, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2017. trabalho nº 176.
- PINEDO, F. J. R.; MOSCARDI, F.; LUQUE, T.; OLSZEWSKI, J. A.; RIBEIRO, B. M. Inactivation of the ecdysteroid UDP-glucosyltransferase (*egt*) gene of *Anticarsia gemmatalis* nucleopolyhedrovirus (AgMNPV) improves its virulence towards its insect host. **Biological Control**, v. 27, p. 336-344, 2003.
- POPHAM, H. J. R.; BISCHOFF, D. S.; SLAVICEK, J. M. Both *Lymantria dispar* nucleopolyhedrovirus enhancin genes contribute to viral potency. **Journal of Virology**, v. 75, p. 8639-8648, 2001.
- REDMAN, E. M.; WILSON, K.; CORY, J. S. Trade-offs and mixed infections in an obligate-killing insect pathogen. **Journal of Animal Ecology**, v. 85, n. 5, p. 1200-1209, 2016.
- RIBEIRO, B. M.; CROOK, N. E. Expression of full-length and truncated forms of crystal protein genes from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* in a baculovirus and pathogenicity of the recombinant viruses. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 62, p. 121-130, 1993.
- RIBEIRO, B. M.; CROOK, N. E. Construction of occluded recombinant baculoviruses containing the full-length *cry1Ab* and *cry1Ac* genes from *Bacillus thuringiensis*. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 31, p. 763-769, 1998.
- RODRIGUES, D. T.; PETERSON, L.; OLIVEIRA, L. B. de; SOSA-GÓMEZ, D. R.; RIBEIRO, B. M.; ARDISON-ARAÚJO, D. M. P. Characterization of a novel alphabaculovirus isolated from the Southern armyworm, *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae) and the evolution of odv-e66, a bacterium-acquired baculoviral chondroitinase gene. **Genomics**, v. 112, n. 6, p. 3903-3914, 2020.
- RODRÍGUEZ, V. A.; BELAICH, M. N.; QUINTANA, G.; SCIOCCO-CAP, A.; GHIRINGHELLI, P. D. Isolation and characterization of a nucleopolyhedrovirus from *Rachiplusia nu* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae). **International Journal of Virology and Molecular Biology**, v. 1, p. 28-34, 2012.
- ROHRMANN, G. F. The AcMNPV genome: Gene content, conservation, and function. In: ROHRMANN, G. F. (Ed.). **Baculovirus Molecular Biology** [internet]. 4th ed. Bethesda: National Center for Biotechnology Information, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK543457>. Acesso em: 19 jan. 2022.
- ROWLEY, D. L.; POPHAM, H. J. R.; HARRISON, R. L. Genetic variation and virulence of nucleopolyhedroviruses isolated worldwide from the Heliothine pests *Helicoverpa armigera*, *Helicoverpa zea*, and *Heliothis virescens*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 107, n. 2, p. 112-126, 2011.
- SANTIAGO-ALVAREZ, C.; CABALLERO, P. Susceptibility of parasitized *Agrotis segetum* larvae to a granulosis virus. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 56, p. 128-131, 1990.
- SANTOS, E. R.; OLIVEIRA, L. B.; PETERSON, L.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; RIBEIRO, B. M.; ARDISON-ARAÚJO, D. M. P. The complete genome sequence of the first hesperiid-infecting alphabaculovirus isolated from the leguminous pest *Urbanus proteus* (Lepidoptera: Hesperidae). **Virus Research**, v. 249, p. 76-84, 2018.
- SANTOS, E. R. dos; TRENTIN, L. B.; ECKER, A.; SILVA, L. A.; BORGES, M.; MOWERY, J. D.; RIBEIRO, B. M.; HARRISON, R. L.; ARDISON-ARAÚJO, D. M. P. An influenza virus found in stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) of four different species. **Virology**, v. 534, p. 72-79, 2019.
- SCHMITT, A.T. **Eficiência da aplicação de Baculovirus erinnyis no controle do mandaróvã da mandioca**. Florianópolis: Empasc, 1985. 7 p. (Empasc. Comunicado Técnico, 88).
- SCIOCCO-CAP, A.; PAROLA, A. D.; GOLDBERG, A. V.; GHIRINGHELLI, P. D.; ROMANOWSKI, V. Characterization of a granulovirus isolated from *Epinotia aporema* Wals. (Lepidoptera: Tortricidae) larvae. **Applied Environmental Microbiology**, v. 67, n. 8, p. 3702-3706, 2001.
- SHAPIRO, M. Use of optical brighteners as radiation protectants for Gypsy Moth (Lepidoptera, Lymantriidae) nuclear polyhedrosis virus. **Journal of Economic Entomology**, v. 85, n. 5, p. 1682-1686, 1992.
- SHAPIRO, M.; FARRAR, R. R. Fluorescent brighteners affect feeding rates of the corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) and act as enhancers and sunlight protectants for its nucleopolyhedrovirus. **Journal of Entomological Science**, v. 38, n. 2, p. 286-299, 2003.
- SIMÓN, O.; WILLIAMS, T.; LÓPEZ-FERBER, M.; CABALLERO, P. Functional importance of deletion mutant genotypes in an insect nucleopolyhedrovirus population. **Applied of Environmental Microbiology**, v. 71, p. 4254-4262, 2005.
- SIMÓN, O.; PALMA, L.; BEPERET, I.; MUÑOZ, D.; LÓPEZ-FERBER, M.; CABALLERO, P.; WILLIAMS, T. Sequence comparison between three geographically distinct *Spodoptera frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus isolates: Detecting positively selected genes. **Journal Invertebrate Pathology**, v. 107, p. 33-42, 2011.
- SIMÓN, O.; WILLIAMS, T.; LÓPEZ-FERBER, M.; CABALLERO, P. Deletion of *egt* is responsible for the fast-killing phenotype of natural deletion genotypes in a *Spodoptera frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus population. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 111, n. 3, p. 260-263, 2012.
- SLACK, J. M.; FAULKNER, P. Characterization of v-cath, a cathepsin L-like proteinase expressed by the baculovirus *Autographa californica* multiple nucleopolyhedrovirus. **Journal of General Virology**, v. 76, p. 1091-1098, 1995.

- SLAVICEK, J. M.; POPHAM, H. J. R.; RIEGEL, C. I. Deletion of the *Lymantria dispar* multicapsid nucleopolyhedrovirus ecdysteroid UDP-glucosyl transferase gene enhances viral killing speed in the last instar of the gypsy moth. **Biological Control**, v. 16, p. 91-103, 1999.
- SOSA-GÓMEZ, D. R. Implications of plant hosts and insect nutrition on entomopathogenic diseases. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Insect bioecology and nutrition for integrated pest management**. Boca Raton: CRC Press; Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 195-209.
- SOSA-GÓMEZ, D. R. Microbial control of soybean pest insects and mites. In: LACEY, L. A. (Ed.) **Microbial control of insect and mite pests: from theory to practice**. Amsterdam: Elsevier, 2017. p. 199-208.
- SOSA-GÓMEZ, D. R.; MORGADO, F. S.; CORRÊA, R. F. T.; SILVA, L. A.; ARDISSON-ARAÚJO, D. M. P.; RODRIGUES, B. M. P.; OLIVEIRA, E. E.; AGUIAR, R. W. S.; RIBEIRO, B. M. Entomopathogenic viruses in the Neotropics: Current status and recently discovered species. **Neotropical Entomology**, v. 49, p. 315-331, 2020.
- SOSA-GÓMEZ, D. R.; MOSCARDI, F. Producción de virus patógenos de ácaros e insectos. In: LECUONA, R. E. (Ed.). **Microrganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plagas**. Buenos Aires: Talleres Graficos Mariano Mas., 1996. p. 223-236.
- STEWART, L. M. D.; HIRST, M.; FERBER, M. L.; MERRYWEATHER, A. T.; CAYLEY, P. J.; POSSEE, R. D. Construction of an improved baculovirus insecticide containing an insect-specific toxin gene. **Nature**, v. 352, p. 85-88, 1991.
- SUN, X.; WANG, H.; SUN, X.; CHEN, X.; PENG, C.; PAN, D.; JEHLE, J. A.; VAN DER WERF, W.; VLAK, J. M.; HU, Z. Biological activity and field efficacy of a genetically modified *Helicoverpa armigera* single-nucleocapsid nucleopolyhedrovirus expressing an insect-selective toxin from a chimeric promoter. **Biological Control**, v. 29, n. 1, p. 124-137, 2004.
- SUN, X.; WU, D.; SUN, X.; JIN, L.; MA, I.; BONNING, B. C.; PENG, H.; HU, Z. Impact of *Helicoverpa armigera* nucleopolyhedroviruses expressing a cathepsin L-like protease on target and nontarget insect species on cotton. **Biological Control**, v. 49, p. 77-83, 2009.
- TAMEZ-GUERRA, P.; MCGUIRE, M. R.; BEHLE, R. W.; HAMM, J. J.; SUMNER, H. R.; SHASHA, B. S. Sunlight persistence and rainfastness of spray-dried formulations of baculovirus isolated from *Anagrapha falcifera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 2, p. 210-218, 2000.
- TAPIA, M. S.; ALZAMORA, S. M.; CHIRIFE, J. Effects of water activity (aw) on microbial stability: as a hurdle in food preservation. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FONTANA JR. A. J.; SCHMIDT, S. J.; LABUZA, T. P. (Eds.). **Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications**. [S. l.]: Wiley Blackwell, 2007. p. 239-271.
- TOMALSKI, M. D.; MILLER, L. K. Expression of a paralytic neurotoxin gene to improve insect baculoviruses as biopesticides. **BioTechnology**, v. 10, p. 545-549, 1992.
- TRENTIN, B.; SANTOS, E. R.; OLIVEIRA JR., A. G.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; RIBEIRO, B. M.; ARDISSON-ARAÚJO, D. M. P. The complete genome of *Rachiplusia nu* nucleopolyhedrovirus (RanuNPV) and the identification of a baculoviral CPD-photolyase homolog. **Virology**, v. 534, p. 64-71, Aug. 2019.
- TSAI, C. H.; WEI, S. C.; LO, H. R.; CHAO, Y. C. Baculovirus as versatile vectors for protein display and biotechnological applications. **Current Issues in Molecular Biology**, v. 34, n. 1, p. 231-256, 2019.
- VALICENTE, F. H.; TUELHER, E. S.; PAIVA, C. E. C.; GUIMARÃES, M. R. F.; MACEDO, C. V.; WOLFF, J. L. C. A new baculovirus isolate that does not cause the liquefaction of the integument in *Spodoptera frugiperda* dead larvae. **Brazilian Journal of Maize and Sorghum**, v. 7, p. 77-82, 2008.
- VASCONCELOS, S. D.; WILLIAMS, T.; HAILS, R. S.; Cory J. Prey selection and baculovirus dissemination by carabid predators of Lepidoptera. **Ecological Entomology**, v. 21, p. 98-104, 1996.
- VIEIRA, C. M.; TUELHER, E. S.; VALICENTE, F. H.; WOLFF, J. L. C. Characterization of a *Spodoptera frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus isolate that does not liquefy the integument of infected larvae. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 111, p. 189-192, 2012.
- VOLKMAN, L. E.; KEDDIE, B. A. Nuclear polyhedrosis virus pathogenesis. **Seminars in Virology**, v. 1, p. 249-256, 1990.
- WEI, L.; PÉREZ-RODRIGUEZ, M. Á.; TAMEZ-GUERRA, P.; LUNA-SANTILLANA, E. J.; ROAS-GARCÍA, N. M.; VILLEGAS-MENDOZA, J. M.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, M. A. Improved insecticidal activity of a genetically modified baculovirus expressing the immunosuppressive CrV1 protein from a polydnavirus against *Spodoptera exigua*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 26, n. 1, p. 1-11, 2016.
- WILLIAMS, T.; CISNEROS, J. Formulación y aplicación de los baculovirus bioinsecticidas. In: CABALLERO, P.; LÓPEZ FERBER, M.; WILLIAMS, T. (Eds.). **Los baculovirus y sus aplicaciones como bioinsecticidas en el control biológico de plagas**. Pamplona, Phytoma, 2001. P. 313-372.
- WILLIAMSON, C.; VON WECHMAR, M. B. Two novel viruses associated with severe disease symptoms of the green stinkbug *Nezara viridula*. **Journal of General Virology**, v. 73, p. 2467-2471, 1992.
- WILLIAMSON, C.; VON WECHMAR, M. B. The effect of two viruses on the metamorphosis, fecundity, and longevity of the green stinkbug, *Nezara viridula*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 65, p. 174-178, 1995.



WILSON, K.; GRZYWACZ, D.; CURCIC, I.; SCOATES, F.; HARPER, K.; RICE, A.; PAUL, N.; DILLON, A. A novel formulation technology for baculoviruses protects biopesticide from degradation by ultraviolet radiation. *Scientific Reports*, v. 10, 13301, 2020.

WOLFF, J. L. C.; VALICENTE, F. H.; MARTINS, R.; OLIVEIRA, J. V. D. C.; ZANOTTO, P. M. A. Analysis of the genome of *Spodoptera frugiperda* nucleopolyhedrovirus (SfMNPV-19) and of the high genomic heterogeneity in group II nucleopolyhedroviruses. *Journal of General Virology*, v. 89, p. 1202-1211, 2008.

YAMANAKA, N.; REWITZ, K. F.; O'CONNOR, M. B. Ecdysone control of developmental transitions: lessons from *Drosophila* research. *Annual Review of Entomology*, v. 58, n. 1, p. 497-516, 2013.

ZOU, Y.; YOUNG, S. Use of a Fluorescent brightener to improve *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) nuclear polyhedrosis virus activity in the laboratory and field. *Journal of Economic Entomology*, v. 89, n. 1, p. 92-96, 1996.