

# A CRIAÇÃO DO *Bombyx mori* (BICHO-DA-SEDA) E AS PRINCIPAIS DOENÇAS<sup>1</sup>

Simone Aparecida dos Santos<sup>2</sup>  
Pedrina Gonçalves Vidigal<sup>3</sup>  
Luis Sérgio Merlini<sup>4</sup>

SANTOS<sup>2</sup>, S. A. dos.; VIDIGAL<sup>3</sup>, P. G.; MERLINI<sup>4</sup>, L. S. Desempenho reprodutivo de novilhas acasaladas aos 26 meses de idade submetidas a sincronização de estros com PGF<sub>2</sub> $\alpha$  administrado por via intramuscular ou intravulvar. **Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR**, Umuarama, v. 14, n. 1, p. 57-64, jan./jun. 2011.

**RESUMO:** Este artigo revisa os principais aspectos relacionados à sericultura, que abrange a criação do *Bombyx mori*, popularmente conhecido como bicho-da-seda, que representa uma atividade desenvolvida principalmente nas pequenas propriedades rurais, onde predomina o trabalho familiar, representando uma alternativa importante para a melhoria da renda e, contribuindo desta forma para a diminuição do êxodo rural. Além dessas características, a sericultura é uma atividade de baixo impacto ambiental, que contribui para o desenvolvimento sustentável do país. O presente trabalho tem por objetivo discutir a criação do bicho-da-seda e as principais doenças que acarretam perdas na produção, destacando que o melhoramento genético pode auxiliar na criação de híbridos mais resistentes à doenças e com melhor qualidade e quantidade de seda por casulo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Bombyx mori*. Bicho-da-seda. Doenças. Baculovirus.

## *Bombyx mori* (SILKWORM) BREEDING AND MAIN DISEASES<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** This article revises the main aspects related to sericulture which includes the breeding of *Bombyx mori*, popularly known as silkworm. It represents an activity developed mainly in small rural properties, where the family work prevails, representing an important alternative for the income improvement and, thus, contributing to the decrease of rural exodus. Besides, sericulture is an activity with low environmental impact which contributes to the sustainable development of the country. This study aims to discuss silkworm breeding and the main diseases that cause production losses, noting that genetic improvement can help breed more disease-resistant hybrids with better quality and quantity of silk by cocoon.

**KEYWORDS:** *Bombyx mori*. Silkworm. Diseases. Baculovirus.

## CRÍA DEL *Bombyx mori* (GUSANO DE SEDA) Y LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES<sup>1</sup>

**RESUMEN:** Este artículo revisa los principales aspectos relacionados con la sericultura, que abarca la cría del *Bombyx mori*, popularmente conocido como gusano de seda, que representa una actividad desarrollada principalmente en las pequeñas propiedades rurales, donde predomina el trabajo familiar, representando una alternativa importante para la mejora de renta y, contribuyendo así a reducir el éxodo rural. Además de esas características, la sericultura es una actividad de bajo impacto ambiental, que contribuye al desarrollo sostenible del país. Este trabajo pretende discutir la cría del gusano de seda y las principales enfermedades que causan pérdidas en la producción, señalando que el mejoramiento genético puede ayudar a crear híbridos más resistentes a las enfermedades y con mejor calidad y cantidad de seda por capullo.

**PALABRAS CLAVE:** *Bombyx mori*. Gusano de seda. Enfermedades. Baculovirus.

### Introdução

O bicho-da-seda é originário do norte da China e vem sendo domesticado pelo homem há aproximadamente 5.000 anos para obtenção dos fios de seda, o qual é utilizado para fabricação de roupas e outros utensílios (HANADA; WATANABE, 1986). O Brasil é o sexto produtor mundial de casulos verdes e fios de seda, representando 0,86% da produção mundial (BUSCH, 2011).

São Paulo já foi o maior produtor nacional na década de 80. Segundo a BUSCH (2011) atualmente, este Estado detém apenas 4,3% do total, com 189 toneladas, principalmente da região de Bastos e Gália. Houve migração da ati-

vidade de São Paulo para o Paraná, pois as amoreiras paulistas estavam velhas e não houve incentivo para o produtor continuar com a atividade. O Governo do Paraná incentiva a produção e fornece recursos para o pequeno produtor. Além disso, a sericultura se adaptou bem ao clima de várias regiões paranaenses e obteve uma boa produtividade em relação aos outros Estados produtores (BUSCH, 2011).

Esta atividade é desenvolvida, sobretudo, nas pequenas propriedades rurais, onde predomina o trabalho familiar, sendo uma alternativa importante para a melhoria da renda dessas propriedades e, contribuindo de forma significativa para a diminuição do êxodo rural (WATANABE et al., 2000). Além disso, a sericultura é uma atividade de baixo

<sup>1</sup>Parte da dissertação de Mestrado em Genética e Melhoramento apresentada pela primeira autora ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

<sup>2</sup>Bióloga, Especialista, Mestre. E-mail: assimoni100@gmail.com (autor para correspondência).

<sup>3</sup>Biomédica, Mestre.

<sup>4</sup>Médico Veterinário, Mestre, Doutor, Professor do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Paranaense (UNIPAR).

impacto ambiental, o que contribui para o desenvolvimento sustentável do país (BRANCALHÃO, 2002; KURIN, 2002).

A produção da seda em nosso país é uma atividade integrada indústria-sericicultor, abrangendo o cultivo da amoreira (*Morus* sp.), e a produção a partir da obtenção dos ovos até o cultivo das lagartas do bicho-da-seda no campo (ZANETTI, 2008a). Em geral, as indústrias de fiação distribuem mudas de amoreiras e lagartas do bicho-da-seda no 3º instar de desenvolvimento larval, a fim de que os produtores criem o inseto até a fase de casulo, para posteriormente, ser comercializado pelo setor empresarial (ABRASSEDA, 2007). Adicionalmente, o auxílio dos governos estaduais é feito sob a forma de financiamento, disponibilizando crédito aos produtores, e assim, possibilitando o desenvolvimento da atividade sericícola (FONSECA; FONSECA, 1986).

O presente trabalho tem por objetivo enfatizar a criação do bicho-da-seda e as principais doenças que acarretam em perdas na produção, destacando que o melhoramento genético pode auxiliar na criação de híbridos mais resistentes a doenças e com melhor qualidade e quantidade de seda por casulo. Este trabalho está dividido em quatro partes: *Bombyx mori*, abrangendo a criação do bicho-da-seda; doenças no *Bombyx mori*, destacam as principais doenças que interferem na produção; Baculovirus e o *Bombyx mori*, enfoca a principal doença que acarreta em perdas na produção; melhoramento genético do *Bombyx mori*, destaca o melhoramento genético como alternativa para obtenção de híbridos do bicho-da-seda com as características desejadas e comentários finais.

## *Bombyx mori*

O bicho-da-seda é a lagarta de uma espécie de mariposa (*Bombyx mori*), pertencente à ordem dos Lepidópteros, usada na produção dos fios de seda. No Brasil, a introdução da sericicultura ocorreu no Estado do Rio de Janeiro, no ano de 1848 (HANADA e WATANABE, 1986). Em 1992, na cidade de Campinas – SP foi criada a primeira indústria de Seda Nacional S.A. Desta forma, a sericicultura tornou-se uma importante atividade para a agroindústria brasileira. O Estado do Paraná é o maior produtor nacional de casulos do bicho-da-seda (ABRASSEDA, 2007).

Os bichos-da-seda são insetos holometábolos, ou seja, apresentam metamorfose completa, considerando que o inseto jovem é completamente diferente do inseto adulto. O inseto passa por quatro estágios morfológicos distintos durante seu ciclo de vida: ovo, lagarta, pupa ou crisálida, e adulto ou mariposa. Durante a fase larval, o inseto passa por quatro ecdises de exoesqueleto e por cinco idades ou instar. No quinto instar, o inseto interrompe a sua alimentação e começa a tecer o casulo, e transforma-se em pupa. Por sua vez, durante a fase adulta, o inseto não se alimenta, pois o seu intestino é reabsorvido por um processo de apoptose. Em contrapartida, os órgãos reprodutores atingem seu ápice de desenvolvimento, sendo este um estágio dedicado somente à reprodução. O tempo necessário para realização da metamorfose completa compreende um período de aproximadamente trinta a quarenta dias (HANADA e WATANABE, 1986, ZANETTI, 2011) (Tabela 1).

**Tabela 1:** Ciclo de vida do *Bombyx mori*.

Fases do Ciclo	Dias de duração	Temperatura (0C)	Umidade (%)
Ovos (hibernação), eclosão	10 - 11	24 a 25	80 a 85
1º instar	3 - 4	26 a 28	85 a 90
2º instar	2 - 3	25 a 27	80 a 85
3º instar	3 - 4	24 a 25	75 a 80
4º instar	4 - 6	23 a 24	75
5º instar	6 - 8	20 a 24	70
Encasulamento	3 - 4	15 a 25	60 a 70
Pupa	10 - 12	15 a 25	60 a 70
Mariposa	10 - 15	15 a 30	60 a 70

O casulo produzido pelo inseto, do qual o fio da seda é extraído, apresenta elevado teor de proteínas que são produzidas por um par de glândulas chamadas sericígenas (MASMUDUR e GOPINATHAN, 2003). As referidas glândulas compreendem um terço do corpo do inseto, quando este chega ao quinto instar. As proteínas por elas secretadas, normalmente na forma líquida, são fibroína, sericina e p25, as quais se solidificam quando entram em contato com o ar e tornam-se aptas para a formação do casulo. A sericina funciona como uma proteína adesiva, sendo unida à fibroína para a confecção do casulo (MONDAL et al., 2007).

O *Bombyx mori* é um lepidóptero modelo da biologia do desenvolvimento e da fisiologia em insetos. A sericicultura (criação do bicho-da-seda da amoreira) é uma atividade milenar, que pouco a pouco, com o avanço das

pesquisas científicas e tecnológicas, tornou-se uma atividade de grande importância econômica, com uma significativa produção mundial de casulos (NAGARAJU, 1997; NAGARAJU et al., 2001; NAGARAJU e GOLDSMITH, 2002). Atualmente, estima-se que a espécie sofreu mais de 400 mutações, gerando raças geneticamente superiores (REDDY et al., 1999; NAGARAJU, 2000; HOLANDA et al., 2004).

A existência de centenas de raças geográficas e geneticamente melhoradas faz com que o bicho-da-seda apresente não somente diferenças em relação às características mendelianas, mas também no complexo de características quantitativas, tais como o tamanho de corpo, os dias de alimentação, a tolerância térmica e a resistência a doenças (FUJII, 1998). Amplamente, foram identificados quatro tipos de raças geográficas: Japonesa, Chinesa, Europeia e Tropical, as

quais além de muitos caracteres visíveis, diferem em caráter qualitativo e quantitativo, afetando assim, o rendimento da seda (NAGARAJU, 2000).

De acordo com a diferença de temperatura apresentada nos quatro principais países produtores mundiais de seda que são a China, o Japão, o Brasil e a Índia, o inseto pode apresentar diferença no número de ciclos anuais, sendo monovoltino (um ciclo anual) que usualmente ocorre nas regiões frias, bivoltino (dois ciclos anuais) observado nas regiões subtropicais, e finalmente, polivoltino (vários ciclos anuais) detectado nas regiões tropicais. Normalmente, os sericultores brasileiros utilizam híbridos de origem japonesa ou chinesa que apresentam ciclo univoltino e bivoltino (ZANETTI, 2008a).

### Doenças no *Bombyx mori*

Atualmente, um dos principais problemas que ameaçam a sericultura no mundo são as doenças causadas por diversos patógenos, como protozoários, vírus, bactérias e fungos, durante os diferentes estágios do ciclo de vida do bicho-da-seda. Portanto, as boas práticas de higienização e desinfecção propiciam uma manutenção da limpeza das áreas de criação, reduzindo assim, a presença de potenciais patógenos. Entretanto, tal medida não é capaz de prevenir a entrada do agente infeccioso no inseto (BRANCALHÃO, 2002; ZANETTI, 2008b).

A doença de origem protozoária que se destaca na sericultura é causada pelo *Nosema bombycis* que transmite a pebrina (pimenta-preta), e a flâcherie (diarréia do bicho-da-seda). A via de contaminação por protozoários é feita oralmente pelas lagartas por meio da alimentação com folhas de amoreira infectadas, e são transmitidos por meio dos ovos para a próxima geração (HANADA e WATANABE, 1986; ZANETTI, 2008b).

Por outro lado, dentre as principais doenças transmitidas por bactérias destaca-se aquela que tem como agente causal o *Bacillus thuringiensis* (YAOI et al., 1999). Apesar da baixa incidência, a presença de tal patógeno deve ser controlada, pois seus esporos e cristais são disseminados amplamente nas chocadeiras das indústrias serícolas, infectando os insetos oralmente (HANADA e WATANABE, 1986; SENGUPTA et al., 1990; HABIB; ANDRADE, 1998a; POLANCZYK e ALVES, 2003).

Em relação a doenças causadas por fungos no *B. mori*, as que apresentam maior incidência são *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, que são causadores das doenças calcinose branca e calcinose preta, assim denominadas, pois as lagartas doentes se mumificam, “calcificando-se” (SENGUPTA et al., 1990; HABIB e ANDRADE, 1998b). Usualmente, estes fungos estão presentes principalmente no solo. As doenças fúngicas são adquiridas pelo contato com folhas contaminadas da amoreira, sendo então, transmitidas entre os insetos. Tais patógenos necessitam de determinadas condições ambientais para se desenvolverem, tais como temperatura e umidade, as quais coincidem com as mesmas utilizadas para a criação do bicho-da-seda, o que aumenta a probabilidade de contágio e favorece a reprodução e disseminação destes microrganismos (ZANETTI, 2008b).

Outros insetos que podem prejudicar a atividade serícola, agindo como pragas do bicho-da-seda são: a mos-

ca kyojo (*Sturmia sericariae*), a mosca tachina (*Tricholyga sorbillans*), a mosca uzi (*Tricholyga bombycis*), o ácaro da sarna da palha (*Pediculoides ventricosus*) e o besouro do casulo (*Desmester ater*) (BRANCALHÃO, 2002; ZANETTI, 2008b).

Entretanto, as doenças que apresentam vírus como agente causal são consideradas as mais importantes para esta cultura, havendo quatro tipos conhecidos: poliedrose nuclear (baculovírus), poliedrose citoplasmática (cypovírus), flacidez infecciosa (vírus F) e densovirose (parvovírus). O alimento contaminado é a principal forma de contágio (WATANABE, 2002). Estudos recentes em *B. mori* estão sendo direcionados na busca de raças puras e híbridos resistentes ou tolerantes ao nucleopolyhedrovírus, uma vez que a infecção das lagartas por este vírus é responsável por representativas perdas na economia serícola (RAHMAN e GOPINATHAN, 2003; YAO et al., 2003; DAIMON et al., 2007).

O nucleopolyhedrovírus possui corpos de oclusão poliédrica e contém vários vírions por poliedro. Os vírus desse gênero podem conter apenas um nucleocapsídeo por vírion (SNPV - Single Nuclear Polyhedrosis Vírus) ou vários nucleocapsídeos por vírion (MNPV - Multiple Nuclear Polyhedrosis Vírus) (SUMMERS et al., 1980; BILIMORIA, 1991). O nucleopolyhedrovírus pode ser facilmente disseminado pela hemolinfa, fezes e regurgito das lagartas. Quando o inseto encontra-se infectado, a transmissão do vírus pode ocorrer de forma vertical, de inseto para inseto por intermédio de sua progênie (KHURAD et al., 2004).

No Estado do Paraná foi isolado, de amostras de lagartas doentes, um nucleopolyhedrovírus altamente virulento, o qual foi denominado de nucleopolyhedrovírus subgrupo múltiplo de *B. mori*, que foi primeiramente descrito por Brancalhão (2002). Esse tipo de vírus apresenta maior patogenicidade, uma vez que podem ser encontrados vários nucleocapsídeos por vírion e, também, devido ao alto índice de mortalidade das lagartas infectadas em um curto intervalo de tempo (TORQUATO et al., 2006).

### Baculovirus e o *Bombyx mori*

Dentre os muitos fatores que envolvem a indústria de seda, a criação e a comercialização de variedades do bicho-da-seda com resistência a doenças, contribuíram amplamente para a estabilização e o fortalecimento da prática serícola.

A família *Baculoviridae* consiste em vírus que atacam principalmente insetos da ordem Lepidoptera, sendo a mesma dividida taxonomicamente em dois gêneros: *Nucleopolyhedrovirus* (NPV- vírus de poliedrose nuclear) e *Granulovirus* (GV- vírus de granulose), os quais se diferem pela morfologia dos corpos de oclusão (MURPHY et al., 1995; FEDERICI, 1997).

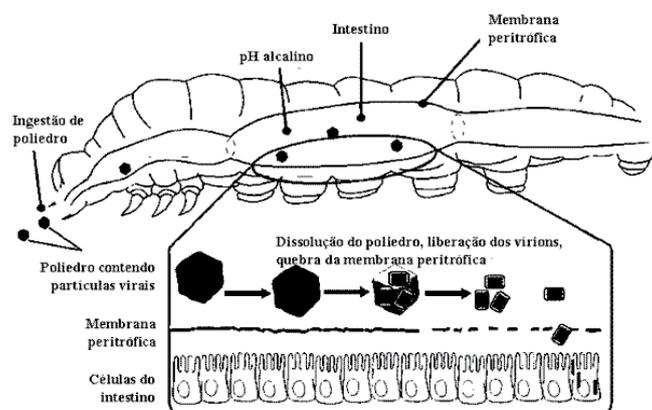
O genoma do baculovírus é formado por um DNA circular de fita dupla que apresenta em sua volta um capsídeo protéico em forma de bastonete (GOMI et al., 1999). Esta forma constitui a forma infectante do vírus (nucleocapsídeo). Os vírions, durante o ciclo de infecção, podem assumir duas formas diferentes. A primeira demonstra o brotamento da membrana citoplasmática da célula do hospedeiro para o meio extracelular de forma polarizada, sendo envelopados individualmente, e denominados de vírus brotos (BV - bu-

ded virus ou ECV - extracelular vírus), o qual codifica a proteína GP64 (GRANADOS e WILLIAMS, 1986). Já a outra forma, adquire a membrana sintetizada *de novo* no núcleo da célula infectada, podendo ser encontrado mais de um nucleocapsídeo por vírion e esses são oclusos em cristais proteicos denominados corpos de oclusão (PDV - polyhedra-derived virus) (SEHGAL e GOPINATHAN, 1998; GOMI et al., 1999; ACHARYA et al., 2002; RAHMAN e GOPINATHAN, 2003). As duas formas supracitadas são fenotipicamente distintas e desempenham funções diferentes no ciclo da infecção.

Os baculovirus do gênero *Nucleopolyhedrovirus* possuem corpos de inclusão poliédrica denominados de poliedros e contêm vários vírions. A sua principal proteína é a poliedrina que apresenta um peso molecular em torno de 30.000 daltons (SUMMERS et al., 1980), que corresponde a aproximadamente 95% do seu conteúdo protéico (MARUNIAK, 1986).

A oclusão dos vírus, em uma matriz proteica, é um processo importante, a fim de garantir a proteção das partículas infectantes que são responsáveis pela transmissão do vírus de inseto para inseto, enquanto que a forma não ocluída possui a função de transmitir de célula para célula (BLISSARD e ROHRMANN, 1990). Os corpos de oclusões virais permitem aos nucleopolyhedrovirus resistirem a condições ambientais fora do hospedeiro, permanecendo principalmente em solos ácidos ou neutros por meses ou até anos, antes que sejam dispersos para a superfície das folhas por meio de chuvas, ventos e ação de artrópodes. Os genes que codificam as proteínas de oclusão são bastante conservados entre os baculovirus do mesmo gênero (SANTOS et al., 2010).

O ciclo de infecção do vírus começa quando o inseto se alimenta das folhas de amoreira (*Morus alba*), contendo poliedros. Quando o vírus chega ao intestino médio do inseto, este é submetido a um pH alcalino (aproximadamente 11) que dissolve a poliedrina, e libera os vírions no lúmen digestivo. Os nucleocapsídeos penetram nas células epiteliais do intestino médio via fusão de membrana (HORTON e BURAND, 1993), e são transportados ao núcleo, no qual perdem o envoltório proteico. Desta forma, ocorre então a liberação do DNA, durante o período de uma hora após a infecção (Figura 1).



**Figura 1:** Ciclo de infecção do gênero nucleopolyhedrovirus em hospedeiro lepidóptero (MARTINS, 2005).

A replicação do nucleopolyhedrovirus resulta na produção de vírus brotos (BV), responsáveis pela infecção

de vários tecidos, tais como a hemolinfa. A fim de atravessar a lâmina basal, a matriz fibrosa extracelular que envolve os tecidos do inseto, o vírus utiliza o sistema traqueal que tem contato direto com as células epiteliais e outros tecidos. Assim sendo, este tipo de mecanismo proporciona ao vírus atingir vários tecidos, e desencadear uma infecção sistêmica, conforme demonstrado com o AcNPV (ENGELHARD et al., 1994).

Em geral, estudos com larvas de lepidópteros infectadas com NPV demonstraram que a infecção inicia logo depois da ingestão dos poliedros. Os insetos infectados apresentam uma série de mudanças comportamentais e morfológicas, e que após alguns dias, conseqüentemente, resultam em morte (KAMITA et al., 2005). As alterações surgem entre 48 e 78 horas após a infecção, propiciando a diminuição da alimentação e retardamento do crescimento do inseto. Na fase tardia da infecção, o inseto torna-se flácido, e ao morrer o seu tegumento rompe-se facilmente, liberando grande quantidade de poliedros no ambiente que se tornará inóculo de infecção de novos insetos (GRANADOS e WILLIAMS, 1986; VOLKMAN e KEDDIE, 1990). O baculovirus produz algumas proteínas que auxiliam no processo infectivo, como a GP64. Além disso, outras proteínas são produzidas durante a fase tardia da infecção, como a quitinase e a cisteína-protease, que provavelmente atuam na dissolução dos tecidos do inseto, rompendo a cutícula larval e liberando os poliedros (HAWTIN et al., 1997).

No mundo, os países que criam bicho-da-seda sofrem perdas significativas da produção devido à infecção pelo NPV. Nos últimos 50 anos, vários estudos tiveram como objetivo a investigação das características do NPV, vias de infecção, métodos de controle da disseminação, genes de resistência do bicho-da-seda e a herança genética da resistência, a fim de criar métodos direcionados para desenvolver raças altamente resistentes ou tolerantes (YAO et al., 2003; RAHMAN e GOPINATHAN, 2004).

As características de hereditariedade da resistência do bicho-da-seda para NPV são controladas, em parte, por genes dominantes. Desta forma, Yao et al. (2003), propuseram que uma das alternativas para investigar esta característica genética consistia na utilização de marcadores moleculares RAPD. Desta forma, a seleção assistida por meio destes marcadores poderia então identificar genes ou alelos relacionados à resistência, evitando a dificuldade de administração do vírus, eliminando os artefatos causados por fatores ambientais.

Estudos realizados por Khurad et al. (2004), buscaram determinar a transmissibilidade de BmNPV dos pais para progênie, que é uma das condições mais importantes para a indústria de sericultura, indicando que a transmissão vertical ocorre, sendo desfavorável o uso de lagartas sobreviventes à infecção pelo nucleopolyhedrovirus para produção de ovos para comercialização.

O nucleopolyhedrovirus é o principal patógeno que ataca o bicho-da-seda. Este se tornou uma das principais preocupações econômicas no setor sericícola nas regiões tropicais. Nenhum agente terapêutico encontra-se disponível para o controle da infecção do NPV, sendo a prevenção a única solução. Uma vez descoberta a infecção por nucleopolyhedrovirus, as lagartas devem ser descartadas, a fim de evitar a disseminação, bem como a propagação do vírus no ambiente.

## Melhoramento genético do *Bombyx mori*

Para obter uma grande produção de seda com fios de qualidade é necessária a seleção de raças resistentes a doenças, que suportem as condições do campo e que tragam em seu código genético informações que possibilitem a produção de altos teores de seda.

O melhoramento de *B. mori*, compreende desde a obtenção de cultivares de amoreira (*Morus alba* L.) com elevado teor de nutrientes e mais produtivas, até a obtenção de raças puras e híbridos do bicho-da-seda com as características desejadas, tais como, casulos com elevados teores de seda e lagartas resistentes às doenças (NAGARAJU, 2000; ARNAUT DE TOLEDO et al., 2002).

Uma das maneiras de verificar o comportamento genético do bicho-da-seda é por meio do estudo de suas características produtivas, ou seja, ganho ou perda de vigor híbrido. Em geral, essas características compreendem informações relacionadas ao peso do casulo, ao teor da seda e a média da taxa de mortalidade (ARNAUT DE TOLEDO et al., 2002; PORTO, 2004; ZANATTA, 2006). Aliado às características produtivas, pode-se explorar as ferramentas moleculares, que fornecem dados da diversidade genética, utilizados na seleção de matrizes parentais com características desejáveis para o desenvolvimento de híbridos de elite (REDDY et al., 1999; NAGARAJU et al., 2001; NAGARAJU e GOLDSMITH, 2002).

Além dos métodos tradicionais utilizando os cruzamentos entre diferentes raças para o melhoramento do *B. mori*, as ferramentas moleculares têm várias vantagens sobre marcadores fenotípicos. Diversos marcadores moleculares são empregados para o estudo de características produtivas e de resistência e susceptibilidade ao NPV, neste inseto: RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphisms), RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA), SSR (Simple Sequence Repeat), ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) e microsatélite (REDDY et al., 1999; NAGARAJU, 2002; YAO et al., 2003; LI et al., 2005).

A fim de tornar a sericultura uma atividade economicamente viável, Nagaraju e Goldsmith (2002) estudaram genes que afetam a taxa de crescimento, a rentabilidade, a qualidade da fibra e resistência ao vírus, utilizando marcadores moleculares para construção rápida de mapas, bem como a identificação e a obtenção de raças e de híbridos geneticamente superiores. Nagaraju et al. (2001) relataram que existem aproximadamente 3000 raças do bicho-da-seda, o que representa um repertório de ampla variação genética, para diversas características como o comprimento do fio de seda, o crescimento larval e resistência a doenças. Análise genética do *B. mori*, usando marcadores de DNA para características desejáveis, favorece o manejo e, conseqüentemente, a melhoria econômica da atividade.

Estudos realizados por Chatterjee e Mohandas (2003), utilizando marcadores moleculares ISSR, teve por objetivo o entendimento básico das características genéticas ligadas ao rendimento de seda. A identificação destes genes favorece o estudo da herança genética dessas características, por meio da análise da progênie e da segregação dos padrões de rendimento.

Várias sequências dos genes de *B. mori* que codificam proteínas estão disponíveis nos bancos de dados Gen-

Bank e NCBI. Atualmente os estudos envolvendo este inseto estão focalizados na produção de transgênicos, buscando aprimorar a qualidade e a quantidade de seda por casulo, bem como a coloração da seda, a resistência do fio, entre outras características.

Estudos conduzidos por Porto (2004), no Brasil, avaliaram os dados relacionados aos caracteres biológicos e produtivos em oito raças do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.), sendo quatro delas de origem chinesa e as outras japonesas. Inicialmente seu estudo se deteve em acasalar as raças conforme sua origem comum, fixando caracteres desejáveis, utilizando os princípios básicos da consanguinidade (THADEI, 2009).

Apesar dos diversos estudos envolvendo o bicho-da-seda e sua base genética, existem muitos genótipos cujas informações ainda não se encontram disponíveis. Assim sendo, tal fato limita o uso destes na produção de raças puras e a obtenção de híbridos, a fim de melhorar a qualidade e a produtividade da seda, bem como aprimorar as fontes de resistência às doenças (FERNANDEZ et al., 2005). Além disso, muitas características fenotípicas dos bichos-da-seda embora pareçam semelhantes, podem ser dotadas com características genéticas distintas. Reciprocamente, o mesmo genótipo pode variar de acordo com as condições climáticas, dando origem a características fenotípicas diferentes (NAGARAJU e SINGH, 1997).

## Considerações Finais

Apesar das dificuldades enfrentadas pelo setor sericícola, esta atividade é de suma importância uma vez que apresenta baixo impacto ambiental, fácil manuseio e renda praticamente mensal. A criação do bicho-da-seda possibilita aos pequenos agricultores o aumento de renda, sendo um trabalho familiar que contribui para a diminuição do êxodo rural. Algo relevante desta atividade é que o investimento financeiro inicial é baixo quando comparado a outras práticas agrícolas e a venda dos casulos é garantida, uma vez que a própria empresa que fornece as lagartas para a criação é a responsável pela compra dos casulos.

Os problemas enfrentados nesta atividade estão basicamente relacionados ao controle de patógenos e medidas de higiene, a fim de evitar possíveis contaminações que ocorrem principalmente pela ingestão de alimento contaminado. Além das doenças adquiridas via alimentação, outras como as causadas por fungos, ocorrem pelo contato com o tegumento do inseto.

Quem deseja trabalhar com essa atividade pode obter informações básicas na EMATER, IAPAR e outros órgãos estaduais e federais. Os profissionais ligados a esta prática irão realizar visitas em locais para instalação de barracões e fornecimento de mudas de amoreira. Assim também quando houver alguma dificuldade na criação, estes estarão auxiliando para resolver os problemas.

Os resultados gerados pelos sericultores e empresas vão desde a obtenção de fios de seda de primeira linha que são transformados em tecidos, roupas, cosméticos, até a criação de fios para o uso de membranas biológicas e fios para o uso cirúrgico. Nesta atividade praticamente tudo é aproveitado, desde a crisálida utilizada na fabricação de ração para animais até os casulos defeituosos que são utilizados para a

fabricação de fios de segunda e terceira linha que são matéria prima na fabricação de cachecóis e outros artigos artesanais.

## Referências

- ABRASSEDA, 2007. **Seda, um tecido nobre**. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/setorial/is11seda.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2007.
- ACHARYA, A. et al. *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus: molecular biology and biotechnological applications for large-scale synthesis of recombinant proteins. **Current Science**, v. 83, n. 4, p. 455-465, 2002.
- ARNAUT DE TOLEDO, J. O. TAKAHASHI, R.; MALHEIROS, E. B. Desenvolvimento biológico das raças puras e dos híbridos do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.), após o 5º instar, em duas estações do ano. **Acta Scientiarum**, v. 24, p. 869-874, 2002.
- BILIMORIA, S. L. **The biology of nuclear polyhedrosis viruses. Viruses of invertebrates**. New York: Marcel Dekker, 1991. 72 p.
- BLISSARD, G. W.; ROHRMANN, G. P. Baculovirus diversity and molecular biology. **Annual Review of Entomology**, v. 35, p. 127-155, 1990.
- BRANCALHÃO, R. M. C. Vírus entomopatogênicos no bicho-da-seda. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 24, p. 54-58, 2002.
- BUSCH, A. P. B. **Sericicultura**. Disponível em: <[http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/seda\\_2010\\_11.pdf](http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/seda_2010_11.pdf)>. Acesso em: 12 jul. 2011.
- CHATTERJEE, S. N.; MOHANDAS, T. P. Identification of ISSR markers associated with productivity traits in silkworm, *Bombyx mori* L. **Genome**, v. 46, n. 3, p. 438-447, 2003.
- DAIMON, T.; KATSUMA, S.; SHIMADA, T. Mutational analysis of active site residues of chitinase from *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus. **Virus Research**, v. 124, p. 168-175, 2007.
- ENGELHARD, E. K. et al. The insect tracheal system - a conduit for the systemic spread of *Autographa californica* M. nuclear polyhedrosis. **Proceedings of the National Academy of Science of USA**, v. 91, p. 3224-3227, 1994.
- FEDERICI, B. A. Baculovirus pathogenesis. In: MILLER, L. K. **The baculoviruses**. New York: Plenum Press, 1997. p. 33-59.
- FERNANDEZ, M. A. et al. A utilização da biotecnologia na sericicultura brasileira. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 35, p. 52-57, 2005.
- FONSECA, A. S.; FONSECA, T. C. **Cultura da amoreira e criação do bicho-da-seda**. São Paulo: Nobel, 1986. 191 p.
- FUJII, H. **Genetical stocks and mutations of *Bombyx mori***: important genetic resources. Fukuoka. Japão: Kyushu Univ., 1998. 54 p.
- GOMI, S.; MAJIMA, K.; MAEDA, S. Sequence analysis of the genome of *Bombyx mori* Nucleopolyhedrovirus. **Journal of General Virology**, v. 80, n. 5, p. 1323-1337, 1999.
- GRANADOS, R. R.; WILLIAMS, K. A. In vivo infection and replication of baculoviruses. In: GRANADOS, R.R.; FEDERICI, B. A. **The biology of baculoviruses**. Boca Raton: CRC, 1986. p. 89-108.
- HABIB, M. E. M.; ANDRADE, C. F. S. Bactérias entomopatogênicas. In: ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1998a. p. 383-446.
- HABIB, M. E. M.; ANDRADE, C. F. S. Fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S.B. (Ed.). **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1998b. p. 289-381.
- HANADA, Y.; WATANABE, J. K. **Manual de criação do bicho-da-seda**. Curitiba: Cocamar, 1986. 224 p.
- HAWTIN, R. E. et al. Liquefaction of *Autographa californica* nucleopolyhedrovirus-infected insects is dependent on the integrity of virus-encoded chitinase and cathepsin genes. **Virology**, v. 238, n. 2, p. 243-253, 1997.
- HOLANDA, P. R. H.; MATA, S. F.; LIMA, A. G. B. Propriedades físicas e secagem de casulos do bicho-da-seda em leito fixo: uma investigação teórica e experimental. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 6, n. 2, p. 101-114, 2004.
- HORTON, M. H.; BURAND, J. P. Saturable attachment sites for polyhedron-derived baculovirus on insect cells and evidence for entry via direct membrane fusion. **Journal of Virology**, v. 67, n. 4, p. 1860-1868, 1993.
- KAMITA, S. G. et al. A baculovirus-encoded protein tyrosine phosphatase gene induces enhanced locomotory activity in a lepidopteran host. **Proceedings of the National Academy of Science of USA**, v. 102, n. 7, p. 2584-2589, 2005.
- KHURAD, A. M. et al. Vertical transmission of nucleopolyhedrovirus in the silkworm, *Bombyx mori* L. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 87, p. 8-15, 2004.
- KURIN, R. "The Silk Road: Connecting Cultures, Creating Trust". *Talk Story*, Fall. **Smithsonian Center for Folklife and Cultural Heritage**, v. 21, p. 1-11, 2002.
- LI, M. et al. Genetic diversity among silkworm (*Bombyx mori* L., Lep., Bombycidae) germplasms revealed by microsatellites. **Genome**, v. 48, n. 5, p. 802-810, 2005.

- MARTINS, E. S. **Clonagem, expressão e análise da patologia de proteínas Cry, derivadas de *Bacillus thuringiensis*, em insetos-praga**. 2005. 126. f. Dissertação (Mestrado em Patologia Molecular) - Programa de Pós-Graduação em Patologia Molecular, Faculdade de Medicina, Universidade de Brasília, 2005.
- MARUNIAK, J. E. Baculovirus structural proteins and protein synthesis. In: GRANADOS, R. R.; FEDERICI, B. A. **The biology of baculoviruses**. Boca Raton: CRC, 1986. p. 129-146.
- MASMUDUR, R. M. D; GOPINATHAN, K. P. *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus-based surface display system for recombinant proteins. **Journal of General Virology**, v. 84, n. 8, p. 2023-2031, 2003.
- MONDAL, M.; TRIVEDI, K.; KUMAR, S. N. The silk proteins, sericin and fibroin in silkworm, *Bombyx mori* Linn. **Caspian Journal of Environmental Sciences**, v. 5, n. 2, p. 63-76, 2007.
- MURPHY, F. A. et al. **Virus taxonomy: classification and nomenclature of viruses**. New York: SPRINGER-VERLAG WIEN, 1995. p. 104-113.
- NAGARAJU, J. Application of genetic principles for improving silk production. **Current Science**, v. 83, n. 4, p. 409-414, 2002.
- NAGARAJU, J.; SINGH, L. Assessment of genetic diversity by DNA profiling and its significance in silkworm, *Bombyx mori*. **Electrophoresis**, v. 18, p. 1676-1681, 1997.
- NAGARAJU, J. Recent advances in molecular genetics of the silk moth, *Bombyx mori*. **Current Science**, v. 78, n. 2, p. 746-747, 2000.
- NAGARAJU, J. et al. Comparison of multilocus RFLPs and PCR-based marker systems for genetic analysis of the silkworm, *Bombyx mori*. **Heredity**, v. 86, p. 588-597, 2001.
- NAGARAJU, J.; GOLDSMITH, M. R. Silkworm genomics-progress and prospects. **Current Science**, v. 83, p. 415-425, 2002.
- POLANCZYK, R.; ALVES, S. *Bacillus thuringiensis* uma breve revisão. **Agrociência**, v. 7, n. 2, p. 1-10, 2003.
- PORTO, A. J. Avaliação da heterose em cruzamentos do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.). **Boletim de Indústria Animal**, v. 2, p. 135-140, 2004.
- RAHMAN, M. M.; GOPINATHAN, K. P. Systemic and in vitro infection process of *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus. **Virus Research**, v. 101, p. 109-118, 2004.
- RAHMAN, M. M.; GOPINATHAN, K. P. Characterization of the gene encoding the envelope fusion glycoprotein GP64 from *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus. **Virus Research**, v. 94, p. 45-57, 2003.
- REDDY, K. D.; NAGARAJU, J.; ABRAHAM, E. G. Genetic characterization of the silkworm *Bombyx mori* by simple sequence repeat (SSR) - anchored PCR. **Heredity**, v. 83, p. 681-687, 1999.
- SANTOS, S. A. et al. Conserved baculoviral ORFs 10 and 14 from *Bombyx mori* multiple nucleopolyhedrovirus. **Genetics and Molecular Research**, v. 9, n. 1, p. 457-470, 2010.
- SEHGAL, D.; GOPINATHAN, K. P. Recombinant *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus harboring green fluorescent protein. **BioTechniques**, v. 25, n. 6, p. 997-1006, 1998.
- SENGUPTA, K. et al. **Handbook on pest and disease control of mulberry and silkworm**. Bangkok: United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 1990. 88 p.
- SUMMERS, M. D. et al. Physical maps of *Autographa californica* and *Rachiplusia ou* nuclear polyhedrosis virus recombinants. **Journal of Virology**, v. 34, n. 3, p. 694-703, 1980.
- THADEI, C. L. Fenômeno da heterose aproveitado na criação de animais. Disponível em: <<http://www.saudeanimal.com.br/heterose.htm-21k>>. Acesso em: 02 jun. 2009.
- TORQUATO, E. F. B. et al. *Nucleopolyhedrovirus*: scanning electron microscopy technique. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 6, p. 787-790, 2006.
- VOLKMAN, L. E.; KEDDIE, B. A. Nuclear polyhedrosis virus pathogenesis. **Seminars in Virology**, v. 1, p. 249-256, 1990.
- WATANABE, J. K.; YAMAOKA, R. S.; BARONI, S. A. **Cadeia produtiva da seda: diagnósticos e demandas atuais**. Londrina: IAPAR, 2000.
- WATANABE, H. Genetic resistance of the silkworm, *Bombyx mori* to viral diseases. **Current Science**, v. 83, n. 4, p. 493-446, 2002.
- YAO, Q. et al. Screening of molecular markers for NPV resistance in *Bombyx mori* L. (Lep., Bombycidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 127, n. 3, p. 134-136, 2003.
- YAOI, K. cDNA cloning and expression of *Bacillus thuringiensis* Cry1Aa toxin binding 120 kDa aminopeptidase N from *Bombyx mori*. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1444, n. 1, p. 131-137, 1999.
- ZANATTA, D. B. **Identificação de marcadores RAPD em linhagens de *Bombyx mori***. 2006. 59. f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá,

Maringá, 2006.

ZANETTI, R. **Bicho-da-seda, notas de aula de ENT 100 – sericicultura**. DEN/UFLA, Lavras. Disponível em: <<http://www.den.ufla.br/Professores/Ronald/Disciplinas/Notas%20Aula/Sericicultura%20bichodaseda.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2008a.

ZANETTI, R. **Doenças e pragas do bicho-da-seda, notas de aula de ENT 100 – sericicultura**. DEN/UFLA, Lavras. Disponível em: <<http://www.den.ufla.br/Professores/Ronald/Disciplinas/Notas%20Aula/Sericicultura%20doencasbicho.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2008b.

ZANETTI, R. **Manejo da criação do bicho-da-seda**. Disponível em: <<http://www.den.ufla.br/Professores/Ronald/Disciplinas/Notas%20Aula/Sericicultura%20manejo.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2011.

---

Recebido em: 12/07/2010

Aceito em: 24/06/2011