

AVALIAÇÃO DA HETEROSE EM CRUZAMENTOS DO BICHO-DA-SEDA (*Bombyx mori* L.)¹

ANTONIO JOSÉ PORTO²

¹ Recebido para publicação em 16/09/04. Aceito para publicação em 14/12/04.

² Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Gália, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Caixa Postal 16, CEP 17450-000, Gália, SP.
E-mail: updgalia@ig.com.br

RESUMO: O experimento foi conduzido na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Gália-SP, APTA/SAA, em 2004, com o objetivo de avaliar a manifestação da heterose em gerações F1(s), resultantes de cruzamentos direcionados entre raças do bicho-da-seda. Oito raças de *Bombyx mori* L., sendo quatro de origem chinesa (C201, C202, C213 e C214) e quatro de origem japonesa (B101, B102, B103 e B109) foram cruzadas, conforme a origem, produzindo as gerações F1(s): C403 (C201 x C202), C427 (C213 X C214), B203 (B101 X B102) e B212 (B103 X B109). Quando se analisou o desempenho biológico e produtivo (peso de casulo-PC, peso de casca sérica-PCS, peso de crisálida-PCr e teor de seda líquido-TS) o híbrido simples B203 se destacou. No geral o caracter PCS apresentou maior grau de heterose. Com relação a heterose, calculada sobre a média dos pais (VMP) e sobre o melhor valor dos pais (MVP), foi observado valores mais elevados para o híbrido simples C403. O híbrido C427 apresentou o menor desempenho e valores mais baixos de heterose.

Palavras-chave: casulo, vigor híbrido, desempenho, sericicultura.

EVALUATION OF HETEROSIS IN SILKWORM CROSSES (Bombyx mori L.)

ABSTRACT: The experiment was developed at Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Gália-SP, APTA/SAA, on 2004, to evaluate the heterosis of generations F1(s), resulting of directed crosses. Eight *Bombyx mori* L. races, four of chinese origin (C201, C202, C213 e C214) and four of japanese origin (B101, B102, B103 e B109) were crossed, according to their origin, producing the generations F1(s): C403 (C201 x C202), C427 (C213 X C214), B203 (B101 X B102) and B212 (B103 X B109). When the biological and productive performance (cocoon weight-PC, cocoon shell weight-PCS, chrysalis weight-PCr and silk net purport-TS) was analysed, the simple hybrid B203 highlighted. In the main the character PCS presented greater degree of heterosis. With regard to heterosis, calculated over mid parent value (VMP) and better parent value, for the different characters, it was observed greater values for simple hybrid C403. The hybrid C427 presented smaller performance and smaller values of heterosis.

Key words: cocoon, hybrid vigour, performance, sericulture.

INTRODUÇÃO

Quando se realiza um cruzamento envolvendo indivíduos geneticamente mais distantes entre si que a média do grupo selecionado, este cruzamento tem por objetivo a produção de descendentes de qualidade fenotípica superior àquela normalmente encontrada nas populações parentais e, este aumento

de “adaptação” do indivíduo heterozigoto é denominado heterose (STANSFIELD, 1985). A descendência dos indivíduos de raças não relacionadas ou de diferentes espécies que se acasalam, frequentemente apresenta maior vigor do que os pais (VILLEE *et al.*, 1988).

Em sericicultura o efeito da heterose já é explo-

rado desde o início do século XX. O vigor híbrido da geração F1 foi demonstrado por TOYAMA (1906), quando acasalou duas linhagens geneticamente diferentes do *Bombyx mori* L. De acordo com KRISHNASWAMI *et al.* (1979), o cruzamento de diferentes raças japonesas, chinesas e européias do bicho-da-seda foi realizada no Japão por volta de 1914, resultando na produção de “ovos híbridos” que foram introduzidos no meio sericícola, proporcionando uma grande melhoria dos caracteres produtivos de importância econômica.

Conforme GOLDSMITH e NAGARAJU (2002), grande esforço tem sido empregado para o desenvolvimento de híbridos do bicho-da-seda, sendo que este esforço tem resultado na produção de muitas combinações de híbridos no Japão, China, Índia e outros países. Para NAGARAJU (2002), a heterose é utilizada como estratégia que gera variabilidade por hibridização de genótipos elites com linhagens selecionadas ou linhagens locais, direcionando para a seleção de recombinações genéticas desejáveis.

Os efeitos da heterose para diferentes caracteres biológicos e produtivos do *Bombyx mori* L. e sua importância para a produção de seda, têm sido enfatizados em vários estudos (CHANG *et al.*, 1981, PERIASAMY e RADHAKRISHNAM, 1984, MANO, 1984, DATTA, 1984, REDDY *et al.*, 1984, RAJU e KRISHNAMURTHY, 1993, RAJU e KRISHNAMURTHY, 1994, BANUPRAKASH *et al.*, 1994, ROY *et al.*, 1997, CIFUENTES, 2000, PORTO e OKAMOTO, 2003, PORTO *et al.*, 2004).

Uma importante ferramenta no processo de seleção e melhoramento é a quantificação da heterose. Conforme SIDDIQUI (1997), conhecer a extensão e magnitude da heterose auxilia na escolha dos melhores cruzamentos para formação de gerações mais avançadas, onde predominam combinações genéticas superiores. Quando valores de determinados caracteres, obtidos de gerações F1, são calculados sobre a média dos progenitores, dá-se o nome de heterose (SIDDIQUI, 1997) e quando são calculados sobre o melhor valor dos progenitores é denominado de heterobelitose (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992, SIDDIQUI, 1997). No bicho-da-seda alguns autores têm utilizado estes cálculos para medir o vigor híbrido nos cruzamentos (SUBBA RAO e SAHAI, 1989, SINGH *et al.*, 1990, SEN *et al.*, 1996, SINGH *et al.*, 1998).

Com o objetivo de avaliar a manifestação da heterose para alguns caracteres biológicos e produtivos de gerações F1(s), resultantes de cruzamentos

direcionados, conduziu-se o presente estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Gália-SP – APTA/Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA), no ano de 2004.

Oito raças do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.), sendo quatro raças de origem chinesa (C201, C202, C213 e C214) e quatro raças de origem japonesa (B101, B102, B103 e B109) foram obtidas do banco genético do Convênio SAA/Prefeitura Municipal de Gália-SP. Dados relacionados aos caracteres biológicos e produtivos foram coletados das oito raças e das gerações F1(s), originadas de acasalamentos direcionados, conforme sua origem. Assim, os acasalamentos entre as raças de origem chinesa originaram o que se convencionou chamar de “híbridos simples” C403 (C201 X C202) e C427 (C213 e C214) e os acasalamentos entre as raças de origem japonesas originaram os “híbridos simples” B203 (B101 X B102) e B212 (B103 X B109). O termo híbrido foi utilizado seguindo os conceitos da genética, o qual define como híbrido apenas o produto de acasalamentos de indivíduos geneticamente diferentes, sem ligação com os conceitos zoológicos ou zootécnicos, conforme exposto por THADEI (2003).

No presente estudo procurou-se inicialmente acasalar as raças conforme sua origem comum, de maneira a se fixar caracteres desejáveis, utilizando os princípios básicos da consanguinidade, o qual se considera a ocorrência de uma redistribuição da variância genética, levando a uma diferenciação genética entre linhas e uniformidade genética dentro delas (CONSANGUINIDADE E CRUZAMENTOS, 2003). É sabido que nestas condições a manifestação da heterose não é tão pronunciada, mas se for promovido o acasalamento de duas linhagens puras para determinados caracteres, porém bem diferentes entre si, o fenômeno da heterose poderá se manifestar com maior intensidade. De acordo com THADEI (2003), nos trabalhos onde se busca a potencialização dos efeitos do vigor híbrido é comum se efetuar inicialmente uma consanguinidade dentro da cada linhagem, para depois se promover o acasalamento entre elas.

As lagartas foram criadas seguindo os padrões de uma produção comercial, permanecendo até o

segundo ínstar em uma instalação denominada “chocadeira”, com condições ambientais controladas, sendo posteriormente levadas para uma sirgaria experimental e criadas em caixas de criação (0,80 x 0,70 x 0,03 metros), recebendo os manejos de criação, sanitário e alimentar necessários.

Após a confecção dos casulos, amostras foram coletadas das parcelas para determinação dos seguintes caracteres: peso unitário do casulo (PC), obtido pela pesagem de amostras de 30 casulos e posterior determinação do peso médio unitário em gramas; peso unitário da casca sérica (PCS), obtido pela pesagem das cascas séricas (30 cascas) após o corte dos casulos e retirada da crisálida e espólio, com posterior determinação do peso médio unitário em gramas; peso unitário da crisálida (PCr), obtido pela pesagem das crisálidas (30 crisálidas) e posterior determinação do peso médio unitário em gramas e teor de seda líquido (TS), obtido pela fórmula: % de seda bruta = peso de 30 cascas séricas / peso de 30 casulos x 100, descontando 24% (perda de fiação) do resultado.

O efeito da heterose dos híbridos simples sobre o valor médio dos pais (VMP) e sobre o melhor valor dos pais (MVP) foi calculado para todos os caracteres, utilizando as fórmulas descritas por SINGH *et al.* (1998).

$$VMP = \frac{F1 - VMP}{VMP} \times 100$$

$$MVP = \frac{F1 - MVP}{MVP} \times 100$$

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com doze tratamentos e quatro repetições. Os resultados foram analisados pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos caracteres, para as oito raças e quatro híbridos simples, resultantes dos acasalamentos, estão apresentados no Quadro 1.

Ao se analisar o caracter PC, que representa uma das primeiras medidas para se avaliar o desempe

Quadro 1. Valores médios de peso unitário de casulo (PC), peso unitário de casca sérica (PCS), peso unitário de crisálida (PCr) e teor de seda líquido (TS), para oito raças do bicho-da-seda e seus cruzamentos e respectivos coeficientes de variação

Raça e Híbrido	PC (gramas)	PCS (gramas)	PCr (gramas)	TS (%)
C201	1,155 abc *	0,247 ab	0,903 abc	16,24 ab
C202	1,065 c	0,238 b	0,823 c	17,01 a
C213	1,215 abc	0,256 ab	0,959 abc	15,99 ab
C214	1,093 bc	0,268 ab	0,825 c	17,10 a
B101	1,266 ab	0,276 ab	0,990 ab	16,58 ab
B102	1,270 ab	0,256 ab	1,013 a	15,36 b
B103	1,162 abc	0,248 ab	0,914 abc	16,23 ab
B109	1,076 c	0,236 b	0,841 bc	16,66 ab
C403	1,260 ab	0,286 ab	0,974 abc	17,25 a
C427	1,191 abc	0,257 ab	0,935 abc	16,37 ab
B203	1,306 a	0,294 a	1,012 a	17,11 a
B212	1,221 abc	0,264 ab	0,957 abc	16,46 ab
Média geral	1,190	0,260	0,929	16,53
C.V (%)	6,24	7,94	6,77	3,73

* Letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (P<0,05).

no produtivo do bicho-da-seda, pode-se observar que os casulos provenientes das raças B101 e B102 e dos híbridos simples C403 e B203, apresentaram maior peso em relação àqueles produzidos pelas raças C202 e B109. Ainda em relação à este caracter, o híbrido simples B203 produziu casulos com peso superior ao produzido pela raça C214. Entre os demais tratamentos não houve variação significativa.

Quanto ao PCS, que representa uma medida mais apurada da produção de seda, nota-se que o híbrido simples B203 apresentou valores superiores apenas em relação às raças C202 e B109.

O PCr é um dos caracteres onde se pode ter um indicativo das condições de rusticidade e sanidade

do bicho-da-seda, avaliando assim o seu desempenho biológico. Analisando este caracter, observa-se que a raça B102 e o híbrido simples B203 produziram crisálidas mais pesadas que as raças C202, C214 e B109, não variando em relação aos demais tratamentos. A raça japonesa B101 também produziu crisálidas mais pesadas que as raças C202 e C214.

O TS é um caracter calculado no momento da comercialização do casulo, como parâmetro para definição do preço do produto. As raças C202, C214 e os híbridos simples C403 e B203 apresentaram valores de TS superiores apenas em relação a raça B102.

Dos tratamentos em estudo, pode-se destacar o híbrido simples B203, cujas raças parentais (B101 e B102) apresentaram bom desempenho em relação as demais raças. As raças C202 e B109, com exceção para o caracter TS, apresentaram resultados inferiores à média geral.

PORTO e OKAMOTO (2003) estudando quatro raças do bicho-da-seda (C204, C205, B103 e B104) e seus cruzamentos, obtiveram valores numéricos de PC,

PCS e PCr (média geral) relativamente superiores ao observado no Quadro 1, sendo estes respectivamente: 1,360g, 0,290g e 1,060g. Quanto ao caracter TS, o valor obtido (16,01%) não apresentou grande variação em relação ao apresentado no Quadro 1(16,53%). Comparando os valores médios de PC (1,180g), PCS (0,240g) e PCr (0,920g) para a raça B103, pouca variação pode ser observada entre os dois trabalhos. Para o caracter TS no entanto, o valor apresentado (15,27%) foi ligeiramente inferior ao observado no presente estudo (16,23%).

No trabalho de PORTO *et al.* (2004) foi realizada uma caracterização de oito raças do bicho-da-seda. Destas, quatro raças foram comuns ao presente estudo, sendo duas de origem chinesa (C201 e C202) e duas de origem japonesa (B101 e B102). Os resultados obtidos para estas raças, em geral foram bem próximos nos dois trabalhos. As médias gerais para PCS (0,313g), PCr (1,035g) e TS (16,37%) apresentaram pouca variação em relação ao Quadro 1.

Os valores de heterose dos híbridos simples, calculados sobre o VMP e sobre o MVP, estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Valores de heterose sobre a média dos pais (VMP) e sobre o melhor valor dos pais (MVP), para caracteres biológicos e produtivos das gerações F1 (híbridos) do bicho-da-seda

Híbrido (F1)	Caracter					Heterose total
	PC	PCS	PCr	TS		
C403 (C201xC202)	VMP	+13,51	+17,94	+12,86	+3,76	+48,07
	MVP	+9,09	+15,79	+7,86	+1,41	+34,15
C427 (C213xC214)	VMP	+3,21	-1,91	+4,82	-1,06	+5,06
	MVP	-1,98	-4,10	-2,50	-4,27	-12,85
B203 (B101xB102)	VMP	+3,00	+10,53	+1,05	+7,14	+21,72
	MVP	+2,83	+6,52	-0,10	+3,20	+12,45
B212 (B103xB109)	VMP	+9,12	+9,09	+9,06	+0,09	+27,36
	MVP	+5,08	+6,45	+4,70	-1,20	+15,03

O grau de heterose variou para os diferentes caracteres em estudo, manifestando valores mais elevados para o caracter PCS, principalmente para os híbridos simples C403 e B203. Esta característica

é de grande relevância para os trabalhos de seleção e melhoramento uma vez que o PCS está diretamente ligado com a produção de seda. SINGH *et al.* (1990) quando estudaram a heterose para determinados

caracteres em diferentes híbridos do bicho-da-seda, observaram valores mais altos de heterose para o caracter peso de casca sérica (variação de +12,44 a +53,03 para VMP e -17,17 a +5,57 para MVP) e valores que oscilaram de +3,59 a +49,62 (VMP) e -16,19 a +5,22 (MVP) para peso de casulo. SEN *et al.* (1996) também encontraram valores mais elevados de heterose (calculada sobre VMP) para o caracter peso unitário da casca sérica (variação de +1,98 a +35,27), quando analisaram classes diferentes de híbridos do bicho-da-seda multivoltinos em quatro estações do ano. Quando avaliaram híbridos bivoltinos, o caracter que apresentou maior valor de heterose foi a porcentagem de sobrevivência (variação de +3,66 a +242,28), seguido pelo peso unitário da casca sérica (+0,75 a +68,36). SINGH *et al.* (1998), estudando o efeito da heterose para várias características quantitativas em diferentes cruzamentos do bicho-da-seda, encontraram valores para peso de casca sérica e peso de casulo (calculados sobre VMP e MVP) que variaram de +7,28 a +59,47 (VMP), -6,36 a +26,03 (MVP) e +3,14 a +51,42 (VMP), -21,30 a +43,21 (MVP), respectivamente.

De forma geral, a heterose é considerada maior para características de baixa herdabilidade (CONSANGUINIDADE E CRUZAMENTOS, 2003). O caracter TS foi o que apresentou os valores mais baixos de heterose, assim como uma maior manifestação de heterose negativa. Nos estudos de SUBBA RAO e SAHAI (1989) e SINGH *et al.* (1998) foram observados valores negativos de heterose para taxa de casca sérica, que é medida em porcentagem. A expressão heterose negativa, conforme THADEI (2003), não é aceita por determinados autores que consideram a heterose como aumento de vigor geral. No presente estudo considerou-se tanto a heterose positiva quanto a negativa (Quadro 2).

Quando se comparou os híbridos, embora o híbrido simples B203 tenha apresentado um bom desempenho em relação aos demais tratamentos (Quadro 1), no Quadro 2 é possível observar que os efeitos positivos da heterose (heterose total) foram mais pronunciados para o híbrido simples C403, principalmente em relação a heterose calculada sobre o MVP (+34,15). Analisando ainda o Quadro 1, pode-se notar que as raças parentais que originaram este híbrido (C201 e C202) apresentaram os valores dos caracteres, de certa forma distantes, quando comparados com os demais acasalamentos, sugerindo indivíduos geneticamente menos uniformes entre si. Segundo THADEI (2003), o fenômeno da heterose se

manifesta com maior intensidade quanto mais diferentes forem as linhagens e mais puras para estas diferenças.

Na Índia, quando se acasalaram fêmeas do bicho-da-seda de linhagens tropicais nativas com machos de linhagens temperadas exóticas, foi obtido um grau de vigor híbrido, em termos de sobrevivência e produção de casulo, de 40% sobre o VMP (NAGARAJU, 2003).

As maiores taxas de heterose negativa podem ser observadas no híbrido simples C427 (heterose total, MVP: -12,85), apresentando heterose positiva apenas para os caracteres PC e PCr, quando calculados sobre o VMP. Dentre os híbridos estudados, este híbrido simples foi o que apresentou os menores valores numéricos, para os caracteres analisados (Quadro 1). Neste caso é de se supor que o cruzamento das raças chinesas C213 e C214 gerou uma recombinação genética indesejável para estes caracteres.

CONCLUSÕES

Quanto ao desempenho biológico e produtivo, o híbrido simples B203 se destacou.

O caracter PCS em geral apresentou os valores mais elevados de heterose.

A heterose, calculada sobre o VMP e sobre o MVP, se manifestou com maior intensidade no híbrido simples C403.

Entre os híbridos estudados, o híbrido simples C427 apresentou menor desempenho e valores mais baixos de heterose.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANUPRAKASH, K.G.; GOVINDAN, R.; DEVAIAH, M.C. Heterosis observed in the hybrids between some improved multivoltines and bivoltines of *Bombyx mori*. Insect Sci. Applic, v.15, n. 2, p.313-312, 1994.
- CHANG, K.V.; HAN, K.S.; MIN, B.Y. Genetic studies on silkworm characters by diallel cross. II. Analysis of heterosis and combining abilities. Seric. J. Korea, v.22, n.2, p.127, 1981.

- CIFUENTES, C.A. Avances de la sericultura Colombiana en los últimos diez años. *Rev. Seric. Col.*, Pereira, n.35, p.7-17, 2000.
- CONSANGUINIDADE E CRUZAMENTO. Capturado em 02 de julho de 2003. Online. Disponível na Internet. <http://www.ufv.br/dzo/ZOO463/cruzamentos/ZOO463.htm>.
- DATTA, R.K. Improvement of silkworm races (*Bombyx mori* L.) in India. *Sericologia, La Mulatière*, v.24, n.3, p.393-415, 1984.
- GOLDSMITH, M.R.; NAGARAJU, J. Silkworm genomics-progress and prospects. *Cur. Sci.*, v.83, n.4, p.415-425, 2002.
- KRISHNASWAMI, S.; NARASIMHANNA, M.N.; SURYNARAYAN, S.K. et al. *Sericulture manual 2-Silkworm rearing*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979. 131 p.
- MANO, Y. Studies on the breeding of autosexing silkworm races in Japan. *Sericologia, La Mulatière*, v.24, n.3, p.389-392, 1984.
- NAGARAJU, J. Application of genetic principles for improving silk production. *Cur. Sci.*, v.83, n.4, 2002 (<http://www.cdfd.org.in/~swamy/jnag/409.pdf>)
- PERIASAMY, K.; RADHAKRISHNAN, S. Performance of an exotic chinese polyvoltine silkworm *Bombyx mori* L. (Guangnong-3) and its bivoltine hybrids in Tamil Nadu state. *Sericologia, La Mulatière*, v.24, n.3, p.383-388, 1984.
- PORTO, A.J.; OKAMOTO, F. Desempenho produtivo de quatro raças do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.) e seus cruzamentos. *B. Industr. Anim.*, Nova Odessa, v.60, n.2, p.179-184, 2003.
- PORTO, A.J.; OKAMOTO, F.; CUNHA, E.A. et al. Caracterização de oito raças do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.). *Ci. Rural, Santa Maria*, v.34, n.1, p.259-264, 2004.
- RAJU, P.S.; KRISHNAMURTHY, N.B. Breeding of two bivoltines, MG 511 and MG 512, of silkworm, *Bombyx mori* L., for higher viability and silk productivity. *Sericologia, La Mulatière*, v.33, n.4, p.577-587, 1993.
- RAJU, P.S.; KRISHNAMURTHY, N.B. Evolution of high yielding multivoltine races of silkworm *Bombyx mori* by selective hybridization. *Sericologia, La Mulatière*, v.24, n.3, p.430, 1984.
- REDDY, G.S.; KRISHNAMURTHY, N.B.; SUBRAMANYA, G. Synthesis of new multivoltine breeds of silkworm *Bombyx mori* for tropical climates. *Sericologia, La Mulatière*, v.24, n.3, p.432, 1984.
- ROY, G.C.; GHOSH, B.; DAS, S.K. et al. Comparative performance of multivoltine x bivoltine and bivoltine x multivoltine hybrids of *Bombyx mori* L. for commercial use in eastern India. *Sericologia, La Mulatière*, v.37, n.1, p.113-121, 1997.
- SEN, S.K.; NAIR, B.P.; DAS, S.K. et al. Relationship between the degree of heterosis and genetic divergence in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Sericologia, La Mulatière*, v.36, n.2, p.215-221, 1996.
- SIDDIQUI, A.A. Studies on heterosis and heterobeltiosis in the tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D. *Sericologia, La Mulatière*, v.37, n.1, p.59-65, 1997.
- SINGH, H.; NAGARAJU, J.; RAMAMOHANA RAO, P. et al. Heterosis analysis in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Sericologia, La Mulatière*, v.30, n.3, p.293-300, 1990.
- SINGH, H.; SUDHAKARA RAO, P.; KALPANA, G.V. et al. Studies on hybrid vigour in different crosses of the silkworm *Bombyx mori*. *Sericologia, La Mulatière*, v.38, n.1, p.155-158, 1998.
- STANSFIELD, W.D. *Genética*. 2. ed. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1985. 515 p.
- SUBBA RAO, G.; SAHAI, V. Combining ability and heterosis studies in bivoltine strains of the silkworm, *Bombyx mori* L. *Uttar Pradesh J. Zool*, v.9, n.2, p.150-164, 1989.
- THADEI, C.L. Fenômeno da heterose aproveitado na criação de animais. Capturado em 02 de julho de 2003. Online. Disponível na Internet. <http://www.saudeanimal.com.br/heterose.htm>-21k.
- TOYAMA, K. Studies on hybridology of insects in some silkworm crosses with special reference to Mendel's law of heredity. *Bull. Coll. Agric. Tokyo Univ.*, v.7, p. 259-293, 1906.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.
- VILLEE, C.A.; WALWER Jr., W.F.; BARNES, R.D. *Zoologia geral*. 6.ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988. 683 p.