

AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE ALGODOEIRO PARA RESISTÊNCIA À BROCA-DA-RAIZ (1)

IMRE LAJOS GRIDI-PAPP(2,4), EDIVALDO CIA(2,4),
MILTON GERALDO FUZATTO(2), EDERALDO JOSÉ CHIAVEGATO(2,4),
JOSÉ CARLOS SABINO(3,4) e ARY DE ARRUDA VEIGA(3)

RESUMO

Com base nos resultados de seleção, obtidos pela equipe de melhoramento do algodoeiro do Instituto Agrônômico (IAC), numa gleba naturalmente infestada pela broca-da-raiz, *Eutinobothrus brasiliensis* (Hambleton), da Estação Experimental de Tietê, em 1966-81, três índices de avaliação foram propostos para a resistência dessa planta à praga. O coeficiente de correlação simples entre as duas repetições dos testes anuais de progênies foi adotado como parâmetro para estudar a eficiência dos índices na seleção de progênies resistentes. Pelo estudo comparativo, escolheu-se, como o mais adequado, o índice obtido pela contagem de furos (galerias) observados na parte lenhosa, em corte oblíquo dos caules das plantas, feito na região do colo, no meio da parte hipertrofiada. Apresentam-se os coeficientes de correlação de 1972-81 e a discussão sobre a eficiência do índice escolhido que proporcionou, durante o período, um aumento gradual do coeficiente de correlação, significando um provável acúmulo de genes favoráveis à resistência nas progênies selecionadas. A prática de picar e enterrar a parte infestada dos caules, após a colheita dos dados, contribuiu para manter alta infestação da área pela broca. Aplicado, posteriormente, à avaliação de linhagens do programa de melhoramento do algodoeiro, o índice permitiu melhorar 50% o nível geral de resistência das linhagens em estudo.

Termos de indexação: broca-da-raiz, *Eutinobothrus brasiliensis*, melhoramento, índice de resistência.

(1) Trabalho parcialmente apresentado na II Reunião Nacional do Algodão, em Salvador, BA, em 13/8/82, com suporte financeiro da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Recebido para publicação em 31 de agosto de 1995 e aceito em 25 de janeiro de 1996.

(2) Seção de Algodão, Instituto Agrônômico (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

(3) Estação Experimental de Tietê, IAC.

(4) Com bolsa de pesquisa do CNPq.

ABSTRACT

PROGENY EVALUATION FOR RESISTANCE TO THE ROOT BORER IN COTTON

To evaluate cotton resistance to the Brazilian root borer, *Eutinobothrus brasiliensis* (Hambleton), three indexes were proposed, based on selection data obtained in progeny tests, on a naturally infested plot, situated at the Tietê Experiment Station, in the years of 1966 to 1981, by the cotton breeders of the Instituto Agronômico, State of São Paulo, Brazil. The simple correlation coefficient between the two repetitions of the yearly tests was used as a parameter to study the efficiency of the indexes in selecting resistant progenies throughout that period. The most adequate index for evaluating progenies was the one obtained by the number of holes ("galleries"). The "galleries index" was observed in the woody part through an oblique section in the middle of the gall, located near the basis of the main stem of the plant. The correlation coefficients obtained in the years of 1972 to 1981 are presented and the index efficiency is discussed. The use of this index resulted in a gradual increase of the correlation coefficient, probably due to a cumulative selection of favourable resistance genes in the progenies. A high level of infestation could be maintained by picking and incorporating to the soil, the infested parts of the stems, just after data had been taken. In subsequent years, the use of the index resulted in a 50% increase in the average resistance of the selected lines of the Cotton Breeding Program.

Index terms: root borer, *Eutinobothrus brasiliensis* (Hambleton), breeding, resistance index.

1. INTRODUÇÃO

A broca-da-raiz do algodoeiro, *Eutinobothrus brasiliensis* (Hambleton, 1937), vem merecendo a atenção de pesquisadores, extensionistas e produtores de algodão do Estado de São Paulo desde 1930/31 (Calcagnolo, 1965), por ser uma das pragas mais importantes dessa planta. Seu controle tem sido efetuado por medidas culturais profiláticas, eliminação de hospedeiros nas áreas vizinhas à plantação e pulverizações de inseticidas (Van Tol Filho, 1937; Sauer, 1948; Comissão Especial do Algodão, 1950; Schmidt et al., 1961; Almeida & Cavalcante, 1964; Calcagnolo, 1965). A partir de 1965, iniciou-se, no Instituto Agronômico (IAC), um trabalho de seleção para resistência ao inseto, em linhagens e variedades de algodoeiro, considerando-se o aumento alarmante dos prejuízos causados pela praga em algodoads do Paraná e do Oeste paulista. Verificou-se, posteriormente, que esse surto de infestações se deveu, provavelmente, ao desenvolvimento de resistência da broca aos inseticidas mais usados na época (Mello, 1968).

Ao início das seleções, não havia variedade comercial de algodoeiro reconhecidamente resistente

à broca, e não se conheciam genes de resistência à praga nem seu mecanismo de herança. Entretanto, segundo Hambleton (1937), a espécie selvagem *Gossypium trilobum* (Moç. & Sess.) Kearns possui certo grau de resistência, além das variedades Sea Island e egípcias, pertencentes à espécie *G. barbadense*. Na faixa de suscetibilidade, aquele incluiu os cultivares de *G. hirsutum* e as espécies *G. herbaceum* e *G. arboreum*. O Mocó do Nordeste, por sua vez, foi classificado como o mais suscetível. Gridi-Papp (1965) observou que *G. barbadense* var. *brasiliense*, um algodoeiro primitivo mais conhecido como Rim-de-boi, é resistente a esse inseto. Freire et al. (1982) apontaram-no como o mais resistente à broca entre diversos algodoeiros perenes estudados no Nordeste brasileiro. Parra (1972) também confirmou-lhe a superioridade em testes comparativos com linhagens do IAC.

O desafio dos melhoristas era selecionar e acumular genes de resistência à praga. Em condições de campo altamente infestado, efetuava-se o plantio, o estudo e a seleção de todas as variedades, linhagens e híbridos do programa de melhoramento do IAC. Painter (1951) e Marrewijk & Ponti (1975)

enfatazaram a importância dos testes em condições de campo e a técnica de avaliação do material testado para resistência. Assim, Bird et al. (1976) obtiveram progresso nos seus trabalhos de seleção de algodoeiros resistentes a adversidades múltiplas ("multi-adversity resistant cottons"), focalizando doenças e pragas. Com objetivo semelhante, realizaram-se, na Índia, seleções de linhagens resistentes à praga *Pempheris affinis* Fst., coleóptero de comportamento semelhante ao da broca-do-
-algodoeiro (Dastur et al., 1960).

Empregaram-se diferentes técnicas de avaliação, algumas com base em porcentagem de plantas atacadas, outras em escalas de notas. O objetivo do presente trabalho foi delinear uma técnica eficiente para avaliação da resistência de progênies de algodoeiro a *Eutinobothrus brasiliensis*, assim como verificar o progresso obtido pela sua utilização.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Semearam-se, em 1966, os cultivares de algodoeiro Auburn 56, IAC RM₃, IAC RM₄, IAC I2, IAC I2-2 e IAC I3, seus híbridos (anuais) com Rim-de-boi e com Mocó, e linhagens melhoradas, conferindo especial atenção aos cultivares paulistas e aos híbridos com o Rim-de-boi. Nos anos seguintes, estudaram-se as progênies das plantas selecionadas no ano anterior, realizando-se novas seleções de plantas. O cultivar RM₃ foi escolhido para servir de testemunha "resistente", por ter sido um dos melhores no teste do primeiro ano, conforme constatado por Gridi-Papp et al. (1984).

Para os trabalhos do primeiro ano, delimitou-se uma gleba de 1.600 m², em solo arenoso, com alta infestação natural da broca. Situada em baixada relativa, com leve inclinação e próxima a terras não cultivadas, cobertas por vegetação natural, a gleba pertence à Estação Experimental de Tietê, do Instituto Agronômico. Visando à manutenção, de ano em ano, de boa infestação e a mais uniforme possível, empregaram-se, na fiscalização das pragas, inseticidas que não controlavam a broca. Após a colheita dos dados, a parte aérea das plantas foi queimada fora da gleba do teste, enquanto as raízes e parte do caule foram picados, espalhados e enterrados por gradagem, na própria área do teste.

Os demais tratos foram os normalmente recomendados para a lavoura algodoeira.

O teste, de caráter permanente, compreendia parcelas de uma fileira de 5 m de comprimento, dispostas em duas repetições, com uma testemunha intercalada a cada oito parcelas.

Fez-se a avaliação com base, inicialmente, na porcentagem de plantas infestadas. Entretanto, a partir do terceiro ano, todas as parcelas passaram a apresentar freqüências de infestação acima de 90%, privando os dados de qualquer poder discriminatório. Tentou-se, então, um sistema de notas por aspecto, atribuídas por parcela, e um índice de tolerância com base no número de plantas com produção economicamente viável. A inconsistência desses parâmetros não permitia uma resposta razoável às seleções para resistência; sendo assim, a partir de 1972, a avaliação passou a ter como base o exame de corte oblíquo do caule de cada planta da parcela, efetuado na região do colo, no meio da parte hipertrofiada.

Estudaram-se, comparativamente, os índices abaixo definidos.

Índice de tolerância:

$$I_{tol} = n_2 / n_1$$

onde:

n_2 = número de plantas com três ou mais capulhos, na parcela;

n_1 = número de plantas deixadas no desbaste (estande inicial).

Índice de resistência 1:

$$I_{R1} = \Sigma^n [1/(y+1)] / n_1$$

onde:

n = número de plantas da parcela, na colheita;

y = número de furos observados na parte lenhosa do corte;

n_1 = número de plantas deixadas no desbaste.

Índice de resistência 2:

$$I_{R2} = \Sigma^n [1/(y+1)] / n_1$$

onde:

n = número de plantas da parcela, na colheita;

y = número de furos observados na casca;

n_1 = número de plantas deixadas no desbaste.

Observação: para mais de dez furos no cerne, ou na casca, tomou-se $y = 10$, em razão da dificuldade de contar.

Admitiu-se que a reação de resistência das plantas se manifestou por um desenvolvimento incompleto ou mais lento das larvas da broca, o que resultou em menos galerias na época da colheita dos dados, logo, menos furos nos caules. Os índices de resistência variaram entre os extremos de "zero" e "um", sendo "zero" a morte de todas as plantas e "um", a ausência de plantas mortas e de furos nos caules, na parcela.

Parra (1972) utilizou uma escala de notas, de 1 a 7, dadas pelo aspecto do corte do caule, comparativamente a padrões preestabelecidos. Preferiu-se a contagem de furos porque permitiu estimar

o número de galerias e obter dados com as características de uma variável contínua.

As melhores plantas foram selecionadas, anualmente, com base no número dos furos na casca e no cerne. Considerando que não foi observado nenhum caso de imunidade ao inseto, tolerou-se, na seleção, até um furo em cada região do corte. A figura 1 ilustra vários graus de infestação do caule do algodoeiro, mostrando corte sem furo no cerne e um furo na casca (0, 1), assim como cortes (0, 2), (2, 0), (2, 5), (5, 10) e (10, 10).

Ciclos anuais de seleção foram executados no material, a partir de 1971, semeando as progênies das plantas selecionadas no ano anterior e fazendo novas seleções individuais nessas progênies. Embora a variabilidade genética do material fosse estreitando, dessa maneira, de ano em ano, esperou-se acumular, ao mesmo tempo, genes favoráveis para a formação de populações resistentes à praga. O estudo comparativo dos índices propostos baseou-se nos dados obtidos de 1971-72 a 1980-81.

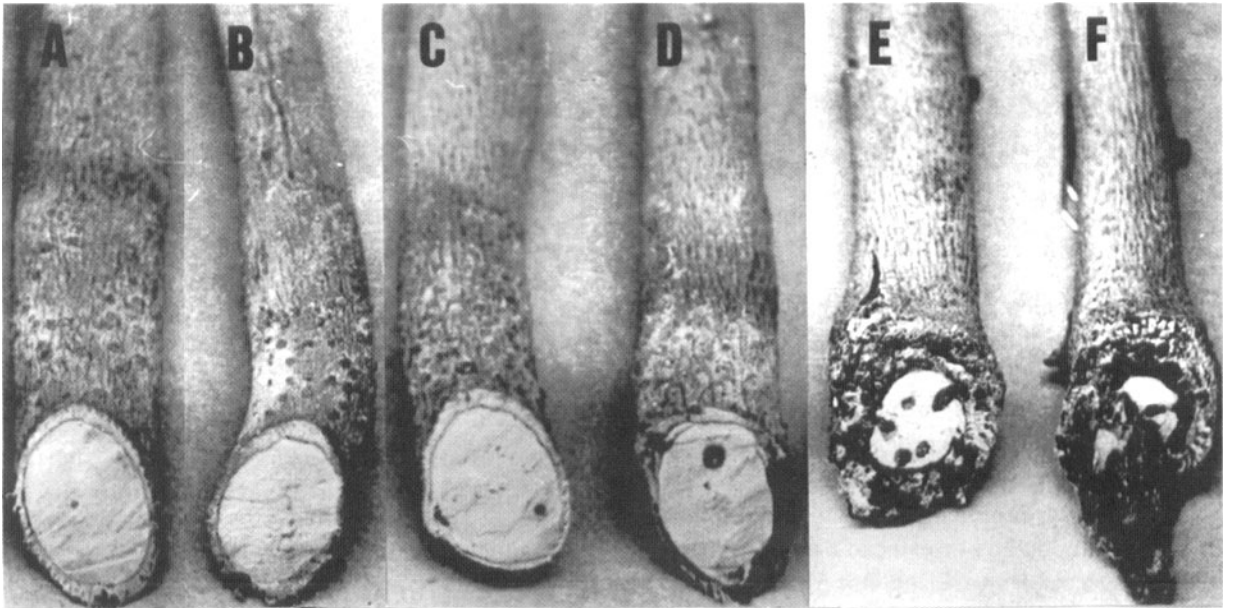


Figura 1. Caules de algodoeiro com diferentes números de furos no cerne e na casca: A = (0, 1) (cerne sem furo e um furo na casca); B = (0, 2); C = (2, 0); D = (2, 5); E = (5, 10) e F = (10, 10).

O parâmetro final, utilizado nas avaliações, foi o coeficiente de correlação simples entre os dados das duas repetições do ensaio, no ano em questão. Qualquer tendência para o estabelecimento de mecanismo de resistência, em nível de população, resultaria, com o passar dos anos, em aumento no valor do coeficiente de correlação. De fato, só foram estudadas, todo ano, as progênies de plantas selecionadas como resistentes no ano anterior. Logo, haveria duas possibilidades de ocorrência: (1) repetição do comportamento resistente da planta-mãe, em boa parte das progênies, por razões genéticas, ou seja, aparecimento de correlação entre as repetições do ensaio; (2) comportamento aleatório das progênies, em função da ausência de genes de resistência, que não resultaria em correlação entre as repetições. As correlações foram calculadas usando-se os índices relativos, obtidos dividindo-se o índice de determinada parcela pela média aritmética dos índices das duas testemunhas mais próximas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de correlação simples entre as duas repetições do ensaio, obtidos para as progênies de 1972-81, encontram-se no quadro 1.

O índice obtido na casca, I_{R2} , forneceu valores inconsistentes do coeficiente de correlação e foi descartado a partir de 1979. Os valores obtidos para

Quadro 1. Coeficientes de correlação entre as repetições do teste de progênies, obtidos para os índices I_{R1} , I_{R2} e I_{tol} , em 1972-81

Ano	I_{R1}	I_{R2}	I_{tol}
1972	0,070	0,545	0,171
1973	0,128	0,395	0,263
1974	0,170	-0,037	-0,009
1975	0,136	-0,070	0,279
1976	0,203	0,165	0,033
1977	-0,020	0,035	-0,040
1978	0,104	-0,135	-0,255
1979	0,078	-	-
1980	0,189	-	-
1981	0,518	-	-

o índice de tolerância, I_{tol} , tenderam a diminuir, apesar do objetivo de selecionar plantas resistentes. Por outro lado, os coeficientes de correlação tenderam a aumentar, usando o índice do cerne I_{R1} . O comportamento desses dois índices sugere uma relação inversa entre a resistência e a capacidade produtiva, considerando que o de tolerância reflete, por definição, essa característica das plantas. Por essa razão, o índice de tolerância continuou sendo levado em conta, no projeto de seleção. A avaliação do nível de resistência passou a ter como base o índice determinado na parte lenhosa dos cortes.

A adoção do estande inicial, n_1 , como referência nos índices, decorreu da dificuldade de determinar o número de plantas mortas pela broca. Índícios de infestação, encontrados numa planta morta e seca, não comprovam a morte pela infestação, haja vista que algumas plantas morreram em fase inicial do seu desenvolvimento sem deixar vestígio algum na época da colheita dos dados. Essa dificuldade poderia sugerir que a avaliação se deva limitar às plantas encontradas na colheita dos dados. Tal procedimento, porém, resultaria em níveis de resistência superestimados, o que seria indesejável.

O I_{R1} apresentou dois períodos de evolução: no primeiro, em 1972-76, o coeficiente de correlação aumentou de 0,070 para 0,203, aproximando-se do nível de significância de 5% (0,237). Em 1977 houve, aparentemente, uma volta à "estaca zero", com $r = -0,020$. Começou, então, o segundo período de aumentos, chegando o coeficiente ao valor de 0,518, em 1981, também próximo do nível de significância de 5% (0,666). Nenhuma ocorrência peculiar foi observada em 1977, na área do teste, a qual pudesse fornecer base para uma explicação. Houve, entretanto, uma relação inversa entre os valores anuais da correlação e a média dos índices das parcelas da testemunha, com uma defasagem de dois anos (ciclos).

A figura 2 ilustra a superposição da curva das correlações com a curva das médias das testemunhas obtidas dois anos antes. Como maiores médias correspondem a menores infestações pela broca, a baixa infestação diminuiu, aparentemente, a eficiência da seleção, reduzindo o coeficiente de correlação na segunda geração. Essa diminuição pode

Quadro 2. Médias dos índices relativos de resistência (I_R) à broca do algodoeiro, das linhagens avaliadas em 1981-90, calculados com os valores de I_{R1}

Ano	1981	82	83	84	85	86	87	88	89	90
I_R	0,738	—	0,840	1,022	0,972	0,928	0,967	0,997	1,008	1,110

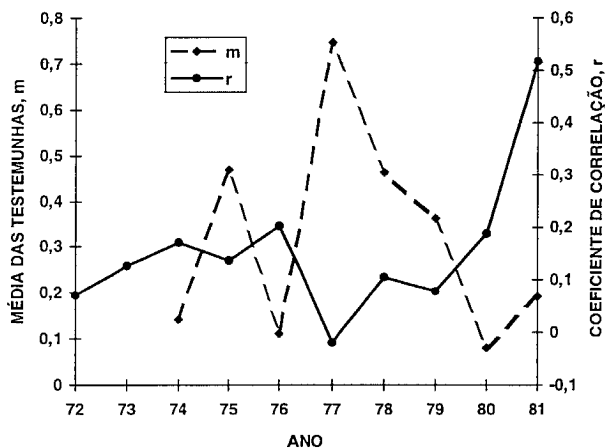


Figura 2. Curva das médias dos índices das testemunhas (m), obtidas nos anos de 1972 a 1979, sobreposta à curva dos coeficientes de correlação (r), entre repetições, correspondentes aos anos de 1972 a 1981.

ter ocorrido em função da seleção involuntária de plantas com heterose, em maior número nos anos de baixa infestação, por seu vigor aparente, e ao conseqüente aumento do número de genes segregantes nas populações descendentes.

Desconsiderando a falta de continuidade mencionada, houve, no período, aumento constante no valor da correlação, indicando que se obteve progresso no acúmulo de genes de resistência à broca, em algumas populações. O índice I_{R1} mostrou-se o mais adequado para detectar esse progresso. Globalmente, o progresso foi modesto, mas suficiente para tornar recomendável a técnica de avaliação utilizada. Também Bird et al. (1976) concluíram, após anos de estudos sobre resistência a vários fatores adversos, que a possibilidade de obter algodoeiro resistente a pragas e doenças era real; embora

o progresso verificado tivesse sido em níveis não marcantes, podia-se medi-lo.

A eficiência do índice I_{R1} foi confirmada em ensaios posteriores, em 1981-90, quando foi aplicado na avaliação da resistência à broca, de linhagens melhoradas, dentro do programa de resistência múltipla a doenças e pragas da Seção de Algodão do IAC. A resistência média das linhagens testadas, anualmente, aumentou 50% no período, passando de 0,738 para 1,110, em termos de índices relativos - Quadro 2.

O simples picar e enterrar as raízes e tocos das plantas, no final do ciclo, provocou, em dois anos, uma infestação até de 100%, nas plantas das parcelas, e contribuiu para manter essa porcentagem durante todos os anos de testes. Ao mesmo tempo, em campos de produção de sementes distantes de menos de 100 m do teste, onde se faziam o arrancamento e a queima dos restos da cultura, a infestação pela broca permaneceu em níveis normais, observados na região, com menos de 50% das plantas atacadas e raras mortas pela broca.

4. CONCLUSÕES

1. Dos índices comparados, aquele obtido pela contagem de galerias observadas na parte lenhosa, em corte oblíquo da base dos caules das plantas, mostrou-se o mais adequado para avaliar a resistência à broca-da-raiz de progênies do algodoeiro.
2. Durante o período considerado, esse índice proporcionou um aumento gradual do coeficiente de correlação entre as repetições do teste anual, sugerindo um acúmulo de genes de resistência no material.
3. Os coeficientes de correlação obtidos com o índice de tolerância tenderam a diminuir.

4. O uso posterior do primeiro índice, na seleção de linhagens resistentes, proporcionou um aumento de 50% na resistência média das linhagens estudadas.

5. O simples picar e enterrar das raízes e partes infestadas dos caules permitiu manter uma alta infestação da área do ensaio, pela broca, durante todo o período considerado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, P.R. & CAVALCANTE, R.D. Combate à broca do algodoeiro, *Eutinobothrus brasiliensis* (Hambl.). *O Biológico*, São Paulo, **30**:119-120, 1964.
- BIRD, L.S.; BUSH, D.L.; BOURLAND, F.M. & PERCY, R.G. Performance of multi-adversity resistant cottons in the presence of adversity progress for insect resistance. In: BELTWISE COTTON PRODUCTION RESEARCH CONFERENCE, Memphis, 1976. Proceedings. Memphis, 1976. p.28-30.
- CALCAGNOLO, G. Principais pragas do algodoeiro. In: *CULTURA e adubação do algodoeiro*. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1965. cap. 8, p.319-415.
- COMISSÃO ESPECIAL DO ALGODÃO. *Campanha contra as pragas do algodoeiro*. São Paulo, Bolsa de Mercadorias de São Paulo, 1950. 5p.
- DASTUR, R.H.; ASANA, R.D.; SAWHNEY, K.; SIKKA, S.M.; VASUDEVA, R.S.; QUADIRUDDIN KHAN; RAO, V.P. & SETHI, B.L. *Cotton in India: A monograph*. Bombay, Indian Central Cotton Committee, 1960. v.II, 339p.
- FREIRE, E.C.; VIEIRA, F.V.; SANTOS, J.H.R. dos; ALVES, J.F. & ALBUQUERQUE, J.J.L. de. *Resistência de variedades e tipos do algodoeiro arbóreo (Gossypium spp.) ao ataque da broca (Eutinobothrus brasiliensis, Hambleton 1937)*. Campina Grande, EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, 1982. 24 p. (Boletim de Pesquisa, 10)
- GRIDI-PAPP, I.L. Botânica e genética. In: *CULTURA e adubação do algodoeiro*. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1965. cap.3, p.117-160.
- GRIDI-PAPP, I.L.; FUZZATTO, M.G.; CAVALERI, P.A.; CIA, E.; SILVA, N.M.; FERRAZ, C.A.M.; SCHMIDT, W.; NEVES, O.S.; RODRIGUES FILHO, F.S.O.; CHIAVEGATO, E.J.; SABINO, N.P.; MARTINELLI, E.S.; LAZZARINI, J.F.; CORREA, F.A. & GROSSI, J.M.M. Melhoramento do algodoeiro no Estado de São Paulo: obtenção das variedades IAC RM₃, IAC RM₄, IAC 16 e IAC 17. *Bragantia*, Campinas, **43**(2):405-423, 1984.
- HAMBLETON, E.J. A broca do algodoeiro do Brasil, *Gasterocercodes brasiliensis* Hambleton (Col. Curcul.). *Arquivos do Instituto Biológico*, São Paulo, **8**:47-106, 1937.
- MARREWIJK, G.A.M. van & PONTI, D.M.B. de. *Possibility and limitations of breeding for pest resistance*. Gent, Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit, Gent, 1975. 40 p.
- MELLO, E.J.R. Constatação de resistência da broca do algodoeiro à ação de inseticidas clorados ciclodienos nas condições de laboratório. *O Biológico*, São Paulo, **34**:257-261, 1968.
- PAINTER, R.H. *Insect resistance in crop plants*. New York, McMillan, 1951. 520 p.
- PARRA, J.R.P. *Comportamento de genótipos de algodoeiro (Gossypium spp.) em relação a Eutinobothrus brasiliensis (Hambleton, 1937) (Coleoptera - Curculionidae), e influência da precipitação pluvial e do tipo do solo nos danos causados*. Piracicaba, 1972. 90 p. Dissertação (Mestrado) - ESALQ-USP, 1972.
- SAUER, H.F.G. O combate às pragas e o aumento da produção das lavouras algodoeiras de São Paulo. *O Biológico*, São Paulo, **14**(2):23-37, 1948.
- SCHMIDT, W.; AGUIAR, H.C. & FREIRE, E.S. Ensaios sobre a época de desbaste na cultura do algodoeiro. *Bragantia*, Campinas, **20**:373-387, 1961.
- VAN TOL FILHO, P.L. *A broca do algodoeiro: Instruções práticas para o conhecimento e combate dessa praga*. São Paulo, Secretaria da Agricultura, Departamento de Fomento da Produção Vegetal, 1937. 11p.