

- FINLAY, K. W. & WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Aust. J. Agric. Vol. 14 – 742–754. 1963.
- GAMA, E. E. G. & HALLAUER, A. R. Stability of hybrids produced from selected and unselected lines of maize. Crop Science. Vol. 20. 623–626. 1980.
- LIANG, G.H.L., HEYNE, E. G. & WALTER, T.L. Estimates of variety environment interactions in yield teste of three small grains and their significance on the breeding programs – Crop Science. Vol. 6 – 135–139 – 1966.
- ROBINSON, H.F. & MOLL, R.H. Implications of environmental effects on genotypes in relation to breeding. Hybrid corn industry research conf. A.S.T.A. 14:24–31. 1959.
- RUSSELL, W.A. & EBERHART, S.A. Testcrosses of one and two-ear types of corn belt maize inbreds. II Stability performance in different environments. Crop science. Vol. 8 248–251 – 1968.
- SCOTT, G.E. Selecting for stability of yield in maize. Crop Science Vol. 7 549–551 – 1967.

PROGRESSO GENÉTICO EM VINTE ANOS DE MELHORAMENTO DO MILHO NO BRASIL⁺

R. Vencovsky (++)
A. R. Moraes (+++)
J. C. Garcia (+++)
N. M. Teixeira (+++)

RESUMO

Esta pesquisa objetivou avaliar os efeitos do melhoramento genético do milho, tal como eles se manifestaram sobre as cultivares, híbridas ou não, utilizadas pelos produtores rurais, nos últimos vinte anos. As produtividades de espigas, em kg/ha, dos materiais avaliados na rede de experimentos do Ensaio Nacional do Milho (CNPMS-EMBRAPA), serviram como fonte básica de dados desta pesquisa. O ponto de partida foi o ano agrícola 1963/64. Utilizou-se processo estatístico que avalia o progresso genético, refletindo nas novas cultivares periodicamente lançadas, eliminando-se os efeitos devidos às diferentes condições de clima e solo, de um ano para outro. Tomando M como a produtividade média de todos os materiais ensaiados em 1963/64, num dado local; G_T o acréscimo de

-
- (+) *Pesquisa apoiada pelo CNPMS/EMBRAPA, e decorrente de projeto integrante do PNP Milho.*
- (++) *Prof. Adjunto, Departamento de Genética, ESALQ, Caixa Postal 83, 13400 Piracicaba-SP.*
- (+++) *Pesquisadores do CNPMS/EMBRAPA, Caixa Postal 151, 37700 Sete Lagoas-MG.*

produtividade, acumulado nos 20 anos, devido à introdução de novos materiais, de modo global, e G_H o acréscimo de produtividade acumulado, somente devido ao lançamento de novos híbridos comerciais, foram obtidas as seguintes quantidades: 1) Campinas (SP): $M = 6785$, $G_T = 2232$; $G_H = 1925$; 2) Jacarezinho (PR): $M = 5352$, $G_T = 2198$; $G_H = 1950$; 3) Sete Lagoas (MG): $M = 4461$, $G_T = 2111$, $G_H = 413$. Verificou-se que, só o progresso genético G_T conseguido, equivale grosso modo, à produtividade média das lavouras de milho do País. Em relação a M esses progressos foram de 1,6%; 2,0% e 2,4% ao ano, para as três localidades. Nos híbridos o progresso foi sempre inferior indicando que, em média, o esforço de melhoramento foi maior nas populações, via seleção recorrente. Houve indicação que os híbridos tem adaptação mais restrita, pois na região de Sete Lagoas, não ideal para os tipos de milho usuais, o progresso devido aos híbridos foi só de 0,46% ao ano. Nas localidades do Nordeste brasileiro, aqui investigados, o progresso médio anual foi sempre inferior. Na média das três localidades mencionadas, observou-se durante durante o período estudado um impulso do progresso genético total $G_T(j)$, do início até meados da década de 70. Detectou-se depois uma estagnação dos progressos, com posterior retomada nos anos 80.

CONTRIBUTION OF BREEDING TO YIELD OF CORN DURING A PERIOD OF TWENTY YEARS IN BRAZIL

ABSTRACT

The contribution of breeding to the performance of Brazilian corn was investigated, covering a period of twenty years. Hybrid cultivars and open pollinated populations were included in the evaluations. Yield data of the National Corn Yield Trials (NCYT; CNPMS-EMBRAPA) were taken to estimate the average realized genetic progress, from 1963/64 to 1983/84. The estimation procedure permitted a measurement of increases in yield, expected in cultivars or populations which periodically were included in the NCYT, eliminating the confounding environmental year effects, within locations. Considering M as the mean yield of the whole set of materials tested in 1963/64, in a given location; G_T as the accumulated increase in yield potential, over the period, disregarding the type of cultivar; G_H the corresponding accumulated progress due to successively new released commercial hybrids, the following estimates were obtained, in kg of ears per ha: 1) Campinas (SP): $M = 6785$, $G_T = 2232$; $G_H = 1925$; 2) Jacarezinho (PR): $M = 5352$, $G_T = 2198$, $G_H = 1950$; 3) Sete Lagoas (MG): $M = 4461$, $G_T = 2111$, $G_H = 413$. Results indicated that total progress itself, in these locations (G_T), is about equivalent to the average yield of corn throughout the country. In relation to M , G_T progress per year was equal to 1.6%, 2.0% and 2.4%, in these localities. Average improvement was always less in commercial hybrids than in populations. Estimates suggest that released hybrids have narrower range of adaptation, as indicated by the G_H value found for Sete Lagoas, where environmental stress is more pronounced. There, gain per year for hybrids was equal to 0.45% only. In localities of the northeast of Brazil, also investigated, average gain per year was substantially smaller. In average terms, for the there indicated localities, it could be verified that breeding activities, as measured through G_T , had an initial impulse which lasted until the mid 70's. A plateau followed this period and a new impulse in progress occurred in the 80's.

INTRODUÇÃO

A quantificação dos avanços tecnológicos conseguidos para a cultura do milho em nosso País é, sem dúvida, de grande importância. Através dela consegue-se, entre outros aspectos, avaliar o retorno das atividades de pesquisa e geração de tecnologia e tem-se subsídios para traçar estratégias necessárias para sanar inadequações por ventura existentes.

A produtividade do milho no Brasil é sabidamente baixa, como conseqüência de um complexo conjunto de fatores. Trata-se de uma das espécies mais estudadas e pesquisadas, e, a despeito dessa baixa produtividade, VENCOVSKY e GARCIA (1983) detectaram uma taxa anual de aumento de rendimento por área de 1,7%. Tal taxa se deveu à melhoria do nível tecnológico das culturas. Tanto os fatores intrínsecos das cultivares como as causas extrínsecas devem ser consideradas como responsáveis por esse incremento na produtividade. No referido trabalho, não foi possível dizer quanto o melhoramento genético participou nesse avanço.

Para alguns países a literatura é bastante elucidativa a esse respeito, todavia. Conforme citado por VIEGAS e MIRANDA FILHO (1978), Hallauer estimou um aumento médio anual de 99 kg/ha de grãos, para o período 1930/70, sendo desses, 33 kg devidos ao progresso genético. DUVICK (1984), por sua vez, estimou o ganho genético em 92 kg/ha/ano, na faixa anos entre 1950/80. WELLHAUSEN (1978) relata os avanços devidos ao melhoramento genético no Brasil, de 1946 a 1974, tomando a antiga variedade Cateto como referência (100) e indicando valores relativos de até 180 no final do período estudado.

Através dos dados da rede de experimentos do Ensaio Nacional do Milho (ENM), iniciado formalmente em 1960, os técnicos têm podido avaliar o resultado dos seus esforços de melhoramento. Para tanto, anualmente cultivares testemunhas foram utilizadas como material de referência. Tendo por base esse fato, e como estímulo o grande potencial de informações contido no ENM, desenvolveu-se esta pesquisa. Seu fim precípuo foi o de quantificar a produtividade do milho no Brasil, tal como manifestado em vinte anos, a partir do ano agrícola 1963/64.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de produtividade de espigas das cultivares ensaiadas no Ensaio Nacional do Milho, desde 1964/65 até 1983/84. As avaliações do progresso foram feitas para diferentes localidades, tendo se dado preferência àquelas em que se manteve maior continuidade dos experimentos ao longo dos anos. Para atender os objetivos da pesquisa, considerou-se o fato de que, de um ano para o imediatamente seguinte, uns tantos tratamentos foram mantidos e uns tantos outros substituídos por materiais novos. Assim, gradualmente, os novos tratamentos, por hipótese, deveriam ser iguais ou superiores aos que se excluíram da rede de ensaios, no que respeita ao seu potencial. Esta suposição, convém lembrar, deve ser válida para cultivares de uso comercial. Mas não é necessariamente aplicável em se tratando de populações experimentais, em que o interesse maior foi o simples conhecimento de seu comportamento. Por essa razão, o estudo foi subdividido, dando-se atenção em separado aos híbridos comerciais com denominação clara da instituição ou empresa por eles responsáveis. Da mesma forma, a manutenção de aprocíavel número de tratamentos comuns, de um ano para o seguinte, foi considerado como meio razoavelmente seguro para mensurar a diferença ambiental ocorrida entre os anos agrícolas, em cada localidade.

Foi adotado modelo linear, em que, por exemplo, Y_1 é a média geral do ensaio, num dado local, no ano 1. Nesse sentido tomou-se

$$\bar{Y}_1 = m + a_1 + \bar{g}_1 + \bar{e}_1$$

em que m é uma média geral, representando um ponto básico de referência, a_1 é o efeito ambiental do ano 1, comum a todos os tratamentos, \bar{g}_1 o potencial genotípico médio de todos os materiais ensaiados neste ano e \bar{e}_1 um desvio que inclui o erro experimental contido na média \bar{Y}_1 e mais a média das interações dos tratamentos com o ano 1. Semelhantemente, para o ano 2

$$\bar{Y}_2 = m + a_2 + \bar{g}_2 + \bar{e}_2.$$

O interesse foi estimar a diferença $\bar{g}_2 - \bar{g}_1$, observada num ano, em relação ao anterior. O contraste

$\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1 = (a_2 - a_1) + (\bar{g}_2 - \bar{g}_1) + (\bar{e}_2 - \bar{e}_1)$, confunde as diferenças genotípicas com as de ambiente.

Isolando os tratamentos comuns (c) aos dois anos, calcularam-se as médias destas, ou seja,

$$\bar{Y}_{C(1)} = m + a_1 + \bar{g}_{12(c)} + \bar{e}_{1(c)}$$

$$\bar{Y}_{C(2)} = m + a_2 + \bar{g}_{12(c)} + \bar{e}_{2(c)}$$

$$\bar{Y}_{C(2)} - \bar{Y}_{C(1)} = (a_2 - a_1) + [\bar{e}_{2(c)} - \bar{e}_{1(c)}]$$

De modo que

$$dg_{21} = (\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1) - \bar{Y}_{C(2)} - \bar{Y}_{C(1)} = (\bar{g}_2 - \bar{g}_1) + (\bar{e}_2 - \bar{e}_1) - [(\bar{e}_{2(c)} - \bar{e}_{1(c)})]$$

Sendo aleatórios os efeitos de erros experimentais e os devidos às interações de tratamentos x anos e fixos os efeitos genotípicos, tem-se, em termos de esperança matemática $E(dg_{21}) = (g_2 - g_1)$. Portanto, dg_{21} , pode ser tomado como estimador da modificação genotípica média ocorrida no ano 2 em relação ao ano 1, em decorrência dos novos materiais incluídos nesse ano 2.

O mesmo processo foi aplicado separadamente para os híbridos comerciais.

Para cada seqüência de anos obteve-se, pois, $dg_{21}, dg_{32}, \dots, dg_{n, n-1}$. Para avaliar o progresso acumulado ao longo dos anos, tomou-se a quantidade

$$G_T(j) = dg_{21} + dg_{32} + \dots + dg_{j, j-1}; j = 2, 3, \dots, 20$$

quando todos os tratamentos (T) foram considerados. Semelhantemente obteve-se a quantidade $G_H(j)$, para os híbridos (H).

A soma de todos os valores dg , simbolizados por G_T ou G_H , representam o acréscimo no rendimento de espigas, do início ao fim do período, devido à melhoria genética dos materiais ao longo dos anos estudados. O acréscimo médio por ano foi obtido dividindo-se G_T ou G_H pelo número de anos do período (G/ano). Este último valor foi, em seguida, dividido pela média geral do ensaio (M) verificada no primeiro ano do período estudado, em cada localidade.

Paralelamente, calculou-se como informação adicional, a taxa de substituição de tratamentos, de um ano para outro. Essa quantidade mede a proporção de novos tratamentos incluídos em cada ano.

Nos locais em que estavam disponíveis dados de peso de espigas (PE) e mais de peso de grãos (PG), calculou-se o quociente (PG/PE), em cada ano. Fez-se isto para avaliar eventual alteração quanto à contribuição do sabugo no peso global da espiga.

RESULTADOS

Englobando todas as cultivares, e a seqüência de anos em que foi possível o seu cálculo, o quociente PG/PE foi de 0,839 em Sete Lagoas (CNPMS); de 0,821 em Patos de Minas; de 0,806 em Terezina (PI), de 0,780 em Milagres (CE); de 0,834 em Barbalha (CE), de 0,804 em Piracicaba (SP), de 0,823 em Jacarezinho (PR), de 0,840 em Jucuruaba (ES) e de 0,812 em Campinas (SP). Os valores desses quocientes variaram pouco de ano para ano, sem evidência de alteração sistemática ou linear.

O número de tratamentos nos ensaios começou com 25, passando posteriormente a 30, depois a 36 e finalmente a 42. Na seqüência de anos em que o tamanho do ensaio foi o mesmo, sem alteração, foi possível calcular a taxa de substituição de tratamentos. Essa taxa em média foi de 61,0% para a Região Centro, com os valores variando entre 35,7% e 76,0%.

Outros resultados estão apresentados na tabela 2, abrangendo diversas localidades, mas cobrindo períodos diferentes, já que nestas não foi mantida uma seqüência constante de experimentos em ENM, ao longo dos anos.

DISCUSSÃO

Houve interesse especial em verificar se o quociente PG/PE sofreu alguma alteração sistemática, ao longo dos anos. Isto, porém, não ocorreu. Observou-se variação anual neste parâmetro, como em Sete Lagoas, em que a amplitude foi de 0,813 a 0,860, em torno da média 0,839. Em Jacarezinho a amplitude foi de 0,802 a 0,847 e em Campinas, de 0,749 a 0,830. A ausência de modificação linear no referido quociente, com o avanço dos anos, permite dizer que, em média, a contribuição relativa dos grãos e do sabugo, no peso da espiga, não foi alterada.

A taxa de substituição de tratamentos nos ensaios, de certo modo, reflete a vitalidade dos programas de melhoramento. Uma taxa média de 61,0%, então, sugere atividade bastante intensa, já que, a cada ano em média, quase dois terços dos tratamentos foram substituídos. Por outro lado, se 39,0% dos tratamentos foram mantidos de um ano para outro, a presente pesquisa foi favorecida, pois esse número de tratamentos constantes serviu como fonte segura para avaliar os efeitos ambientais. Igualmente, levou a uma maior segurança na estimação dos progressos, pela conseqüente redução dos confundimentos provocados pelos erros experimentais e pelas interações de tratamentos com anos. De fato, este trabalho, pouco valor teria tido se apenas algumas testemunhas constantes tivessem sido utilizadas para avaliar os efeitos de anos.

Em relação ao objetivo principal deste trabalho, pode-se dizer que ele é perfeitamente passível de críticas. De fato, o ideal seria se se tivesse instalado um conjunto de ensaios em diferentes localidades, durante alguns anos, com sementes renovadas das principais cultivares lançadas nos vários períodos da história do melhoramento do milho no Brasil. Essa alternativa, contudo, também tem seus inconvenientes, pois, requereria alto investimento de recursos, além do fato de já não se ter mais em disponibilidade as linhagens componentes dos principais híbridos utilizados pelos agricultores no passado.

Outra crítica possível é dizer-se que os materiais ensaiados no ENM não refletem a realidade brasileira, não representam as sementes melhoradas de milho que os agricultores realmente utilizam. Por isso, fez-se uma separação na análise dos dados, dando-se atenção particularizada aos híbridos comerciais. Mesmo isso, no entanto, não é totalmente satisfatório, visto que as diferentes marcas de sementes não participam com igual proporção no mercado de venda de sementes aos agricultores. Nesse caso, a alternativa seria subdividir o estudo, acompanhando a evolução dos híbridos de cada instituição ou empresa, em separado. Tal alternativa seria perfeitamente factível. Optou-se, porém, por uma avaliação

global, ficando a mencionada particularização para um estudo posterior.

Pelos resultados dos progressos genéticos globais, tal como se vê nas tabelas 1 e 2, pode-se notar que estes foram consideráveis e semelhantes aos estimados por DUVICK (1984) para os Estados Unidos da América do Norte. Aliás, detectaram-se aumentos de potencial genético médio, englobando todos os materiais, da ordem de 106 a 112 kg de espigas por ano (Tabela 1). Tomando-se um quociente aproximado de PG/PE igual a 0,82, os acréscimos referidos, em termos de grãos, correspondem a 87 kg e 92 kg por ha e por ano.

TABELA 1. Aumentos no rendimento de espigas, em kg/ha devidos ao melhoramento genético estimados para o conjunto dos materiais (G_T) e os híbridos comerciais (G_H), em três localidades. Valores de G acumulados progressivamente nos quadriênios. M: média geral do ensaio no início do período (ENM; CNPMS/EMBRAPA).

Quadriênio	Campinas		Jacarezinho		Sete Lagoas		Média	
	$G_T(j)$	$G_H(j)$	$G_T(j)$	$G_T(j)$	$G_T(j)$	$G_H(j)$	$G_T(j)$	$G_H(j)$
1964/67	370	335	1248	1362	1240	- 87	953	537
1968/71	898	577	1688	1693	1656	206	1414	825
1972/75	2078	1457	1588	1338	1567	- 11	1744	928
1976/79	1655	1073	2116	2314	1464	- 10	1745	1126
1980/83	2232	1925	2198	1950	2110	413	2180	1427
M	6785		5352		4461		5533	
(G/ano)	112	96	110	98	106	21	109	72 = 1,75
(G/ano)/M%	1,6	1,4	2,0	1,8	2,4	0,5	2,0	1,3 = 1,6

Pelos dados da tabela 2, por outro lado, nota-se que esses progressos foram menores para localidades do nosso Nordeste. É bem verdade que os dados dessa tabela não são tão abrangentes e representativos, já que abrangem diferentes períodos e não envolvem os grandes polos produtores de grãos, daquela imensa região. De qualquer forma, pode-se inferir que o esforço de melhoramento para adaptação do milho às condições representadas pelas localidades da tabela 2, foi menor do que o dispendido na Região Centro ou Centro-Oeste.

Quanto aos progressos manifestados nos híbridos comerciais (G_H , tabela 1) nota-se que foram inferiores aos progressos envolvendo todos os materiais. Como os híbridos estão incluídos nas medidas G_T , deduz-se que os avanços do melhoramento genético, em média, foi menor nos materiais híbridos do que nas populações. A esse respeito pode-se levantar algumas conjecturas ou hipóteses tais como:

a) visto que os híbridos têm, em média, níveis de rendimento superiores aos das populações, é de esperar que os avanços sejam mais difíceis no melhoramento deles; b) a despeito do melhoramento continuado das populações, que leva a um aprimoramento das mesmas, essas ainda ficam a desejar, como fontes de linhagens, visto que a depressão endogâmica em muitas delas, é considerável; muito significativo a esse respeito é o resul-

tado mostrado por NASPOLINI e VENCOVSKY (1982), na cultivar BR-105. A população que originou esta cultivar foi gerada por seleção recorrente entre progenies S₁, com alta intensidade seletiva. Sua base foi, pois, estreita desde o início e já tinha sido submetido a endogamia por vários ciclos. A despeito disso, e das seleções posteriores, a cultivar BR-105 apresentou depressão endogâmica de 64%, na produtividade de grãos, após duas gerações de autofecundação. Tal fato indica ser realmente difícil reduzir a carga de genes deletérios de uma população, via seleção recorrente. E é essa carga que dificulta a extração de linhagens superiores, principalmente quando os alelos desfavoráveis afetam a viabilidade das plantas, como aconteceu com a cultivar mencionada. c) muitos híbridos comerciais não exploram o potencial da heterose entre linhagens, como deveria se esperar. Isto seria possível se eles não fossem híbridos legítimos de materiais homozigóticos ou se os novos híbridos lançados com diferentes denominações, em verdade fossem versões pouco diferentes dos anteriormente existentes; d) o fluxo de populações melhoradas dos programas de seleção recorrente para os programas de obtenção de linhagens e híbridos não vem ocorrendo com a desejada e necessária intensidade.

TABELA 2. Progressos genéticos totais (G_T) acumulados em diferentes períodos e diversas localidades. Dados em kg de espigas por ha. M: média do ensaio no início do período.

Localidade	Período	G _T	M	(G _T /ano) kg)	(G _T /ano)/ M %
Barbalha (CE)	1965/73	178,8	6108	19,9	0,3
Terezina (PI)	1973/82	822,3	4940	82,2	1,7
Jucuruaba (ES)	1975/82	1369,1	4590	102,8	3,7
Milagres (CE)	1980/82	65,2	1140	21,7	1,9
Andará (PR)	1974/82	1575,6	3557	175,1	4,9
Piracicaba (SP)	1965/81	2269,7	7589	133,5	1,8
Patos (MG)	1964/77	1030,0	4809	73,6	1,5
				86,93	2,25

Outras conjecturas são possíveis. A verdade é que os avanços nos híbridos comerciais deve poder se acelerar mais, bastando, para isso, considerar os valores G_T obtidos.

Outro fato sugerido pelos dados da tabela 1 diz respeito ao ambiente para os quais os híbridos, como um todo, foram selecionados. Nas condições de Sete Lagoas, sujeitas sobretudo ao veranico, nenhum progresso foi detectado de 1964 a 1979.

Ainda, considerando a tabela 1, e reunindo-se os dados de Campinas, Jacarezinho e Sete Lagoas, referentes a todos os materiais incluídos nos ensaios, [G_{T(j)}], nota-se um impulso inicial que prosseguiu até 1975. Após isso, houve um período de estagnação e uma retomada do progresso no último quadriênio.

Tal resultado pode ser o reflexo da introdução de germoplasmas novos, no quadriênio 1976/79, e postos à disposição dos melhoristas.

Observe-se, também em adição, que só os progressos acumulados em kg de espigas/ha, nas localidades constantes da tabela 1 são semelhantes à produtividade média das lavouras de milho brasileiro.

Esta pesquisa deve, evidentemente, ser ampliada para incluir também outras regiões do País.

Óbvio é, ainda, que a pesquisa também deverá se estender, para incluir outros caracteres, principalmente os ligados ao tipo de planta, pois melhoramento não se avalia somente pelo rendimento de grãos.

CONCLUSÕES

Sumarizadamente pode-se concluir dessa pesquisa que a atividade de melhoramento genético do milho no Brasil, teve reflexos substanciais no rendimento de espigas. Nas áreas mais favoráveis ao milho, da região Centro, o aumento médio anual de rendimento equipara-se aos estimados para países como a América do Norte. Os nossos acréscimos, todavia poderiam ser maiores, pois, nossos tetos de produtividade são inferiores aos daquele país.

Parece necessária uma reflexão sobre o melhoramento de híbridos comerciais, tendo em vista que o progresso médio com esses materiais foi inferior ao conseguido pelos programas de seleção recorrente em populações. Além disso, é passível de reflexão a necessidade maior de desenvolvimento de híbridos para condições não inteiramente favoráveis ao milho.

Em termos gerais, ou seja, independentemente da natureza genética dos materiais, há, também, a necessidade de incrementarem-se as atividades de melhoramento do milho no Nordeste brasileiro.

Germoplasmas novos introduzidos a partir dos meados da década de 70 podem ter sido os responsáveis pelo maior impulso dos progressos detectados nos anos seguintes.

REFERÊNCIAS

- DUVICK, D. N. 1984. Genetic contributions to yield gains of U. S. hybrid maize, 1930 to 1980. In Genetic Contributions to Yield Gains of Five Major Crop Plants. ASA, CSSA, Madison, p. 15-47.
- NASPOLINI FILHO, V. N. e VENCOVSKY, R. 1982. Avaliação de duas mil progênies S_2 da cultivar de milho BR-105. Resumos XIV Congr. Bras. Milho e Sorgo. Londrina, p. 25.
- VENCOVSKY, R. e Garcia, J. C. 1983. Situação e distribuição da cultura do milho no País. Anais Simp. Prod. Milho no Brasil Londrina, IAPAR, p. 5-19.
- VEIGAS, G. P. e MIRANDA FILHO, J. B. 1978. Milho Híbrido. In: E Paternian (ed.) Melhoramento e Produção do Milho no Brasil. Edição da Fundação Cargill, p. 257-309.
- WELLHAUSEN, E. J. 1978. Recent developments in Maize Breeding in the Tropics. In: David B. Walden (ed.) Maize Breeding and Genetics. John Wiley and Sons, New York, p. 59-84.