

## ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE DOS CULTIVARES SINTÉTICOS E HÍBRIDOS DE MILHO <sup>1</sup>

RENATO RUSCHEL <sup>2</sup>

### Sinopse

No presente trabalho são analisadas as produções de cultivares comerciais de milho, cuja síntese se processa nos programas de melhoramento realizados nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná.

Foram utilizados, para este estudo, 68 ensaios do Projeto EPE 5.2.12 (Ensaio Nacional de Milho) executados de 1963/64 a 1967/68. Confrontaram-se as produções obtidas pelos cultivares — híbridos e sintéticos — na região centro-sul e na região nordeste e litoral leste, tomando-se as médias anuais dos híbridos como termo de comparação.

As análises feitas levaram às seguintes conclusões: a) os rendimentos médios alcançados pelos cultivares na região centro-sul foram superiores aos rendimentos observados na região nordeste e litoral leste; b) entre estas duas regiões, em média, a queda de rendimento mostrou-se mais acentuada para os híbridos; c) na região nordeste e litoral leste, os sintéticos ultrapassaram, em média, a produtividade dos híbridos; d) melhores cultivares estão sendo testados, anualmente, nos ensaios do projeto EPE 5.2.12; e) a variação em produtividade dos sintéticos tem sido menor do que a dos híbridos; f) na região centro-sul, os rendimentos máximos foram sempre alcançados pelos híbridos.

### INTRODUÇÃO

A necessidade de alimentar anualmente uma população maior e sempre em crescimento, leva o homem a uma contínua procura de melhores rendimentos unitários das plantas que lhe servem de subsistência. Uma das maneiras usadas para alcançar esta meta tem sido o melhoramento genético dessas plantas, atividade que tem acompanhado o homem desde que se tornou agricultor. Sem dúvida, o milho (*Zea mays* L.) foi um dos cereais que mais se beneficiou pela seleção, através dos tempos. Mas, foi nos últimos 100 anos que os processos empregados para o melhoramento genético do milho sofreram as mais drásticas transformações. Sprague (1955) fez revisão destes processos, que inicialmente se basearam na simples seleção massal, passando posteriormente à hibridação intervarietal, à seleção de espigas por fileiras e culminando na descoberta simultânea do método do milho híbrido por Shull e East, na primeira década deste século, o que determinou

acentuado aumento na produtividade destes cultivares.

Em resumo, o método do milho híbrido emprega os seguintes passos: seleção, pelas características desejáveis, de plantas em populações ou variedades de polinização aberta; autofecundação destas plantas por várias gerações, visando o isolamento de linhagens puras; cruzamento destas linhagens, assim restabelecendo o vigor perdido no processo de endogamia.

Aparentemente, Hayes e Garber sugeriram, pela primeira vez, em 1919, a formação de cultivares, partindo-se de um maior número de linhagens cruzadas em todas as combinações possíveis e nem sempre em grau elevado de pureza, cultivares estes mantidos posteriormente sem controle de polinização. As variedades criadas desta forma foram denominadas variedades sintéticas. Já em 1944, Hayes *et al.* fizeram menção a uma variedade sintética, formada com 8 linhagens selecionadas, que produziu mais do que um bom híbrido usado como testemunha, em seus estudos.

Sprague e Jenkins (1943) observaram que os sintéticos são de valor considerável, especialmente nas áreas situadas fora das regiões produtoras de milho, que não podem manter uma custosa indústria de semente híbrida. No México, Wellhausen (1950), orientou os primeiros passos do programa de melhora-

<sup>1</sup> Recebido 17 out. 1969, aceite 22 dez. 1969.

Boletim Técnico n.º 95 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS). Estudo efetuado com dados do arquivo da Seção de Estatística Experimental e Análise Econômica, devidamente autorizado pelo Sr. Diretor do EPE.

<sup>2</sup> Eng.º Agrônomo da Seção de Fitotecnia e Genética do IPEACS, Km 47, Campo Grande, GB. ZC-26, e Coordenador da Comissão Nacional do Milho.

mento de milho desenvolvido pela Fundação Rockefeller naquele país, no sentido da formação de sintéticos, que os agricultores pudessem multiplicar nas suas próprias fazendas. Nos últimos anos, a criação de sintéticos tem sido a meta inicial a ser alcançada nos novos programas de melhoramento, em especial nos países e áreas cuja agricultura é menos desenvolvida.

A preocupação em manter populações de milho como reserva de germoplasma para posteriores trabalhos de melhoramento fez com que os pesquisadores voltassem sua atenção para os sintéticos. Recentemente, antigos métodos de melhoramento, que empregavam a simples seleção massal, foram reformulados, e com a luz dos conhecimentos atuais foi possível a obtenção de progressos constantes em populações de milho possuidoras de maior variabilidade genética. Ao contrário de um híbrido, que tem sua produtividade máxima fixada como resultante da combinação de quatro genótipos, um cultivar sintético, com sua ampla base genética, serve de ponto de partida para a obtenção de outros cultivares ainda melhores. Lonnquist (1949) descreve um esquema de seleção recorrente para capacidade geral de combinação, que permite o melhoramento de sintéticos por ciclos sucessivos de seleção.

Atualmente, no Brasil, os cultivares comerciais de milho já não se originam unicamente pelo método do milho híbrido, como era a situação da semente melhorada há dez anos atrás. Os centros brasileiros de pesquisa agrícola, além de estudarem novos processos de melhoramento de milho, têm empregado, com sucesso, diferentes métodos de seleção (Paterniani 1965, 1966), obtendo cultivares sintéticos tão produtivos quanto alguns bons híbridos comerciais (Miranda 1966).

No presente trabalho é feita uma análise da produtividade dos híbridos e variedades sintéticas criadas, nos últimos anos, nos centros de melhoramento de milho dos Estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Como os cultivares aí sintetizados têm larga difusão por todo o território nacional, a análise é também feita em regiões que, por não possuírem ainda suas próprias sementes selecionadas, utilizam cultivares daqueles centros.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo foram usados dados de 68 ensaios de competição de cultivares do Projeto EPE 5.2.12, Ensaio Nacional de Milho, que o Ministério da Agricultura coordena através da Equipe de Fitotecnia em todo o território nacional, contando com a colaboração dos institutos de pesquisa agrícola

federais e estaduais, as escolas de agronomia e as companhias produtoras de semente. Neste projeto, anualmente competem 25 cultivares de milho, escolhidos pela Comissão Nacional do Milho, entre os melhores em comércio no País. O teste visa a avaliação da capacidade produtiva dos cultivares. As sementes necessárias para o preparo dos experimentos são anualmente fornecidas à Equipe de Fitotecnia do Escritório de Pesquisas e Experimentação (EPE), pelos estabelecimentos oficiais e companhias produtoras que desejam incluir seus cultivares nesse teste.

O esquema experimental adotado para a análise deste Projeto é o látice 5 x 5 com 4 repetições e controle intercalar. A parcela é formada de uma única fileira de 10 metros com 40 plantas, equivalendo a uma densidade de 40.000 plantas por hectare. A critério dos respectivos executores, os ensaios podem ser adubados de maneira uniforme.

Neste estudo, apenas foram aproveitados resultados de ensaios dos cinco últimos anos agrícolas, de 1963/64 a 1967/68, cujas análises de variância acusaram coeficientes de variação inferiores a 20%. Os dados de peso de espigas por parcela foram corrigidos para "stand" ideal de 40 plantas, pelo emprêgo da fórmula de Zuber (1942):

$$PCC = PC \frac{H - 0,3F}{H - F}$$

onde PCC = peso de campo corrigido; PC = peso observado no campo; H = "stand" ideal; F = número de falhas. Esta fórmula leva em consideração a competição entre plantas de uma parcela. O ajuste conseguido adiciona 0,7 da produção média por planta para cada falha e considera que a fração restante (0,3) é recuperada pelo aumento de produtividade das plantas vizinhas à falha. O peso de espigas, corrigido desta maneira, foi transformado em peso de grãos, uma vez que se conhece, para cada cultivar, a percentagem do peso das sementes sobre o peso das espigas. As produções médias por parcela foram transformadas em produções correspondentes a quilogramas por hectare, por cultivar e por ano. Todos os confrontos entre cultivares foram feitos através das produções médias assim obtidas.

Dos cultivares ensaiados, foram eliminados alguns ainda em estágio experimental, sendo apenas aproveitados, para este estudo, aqueles considerados comerciais, e que haviam sido criados em programas de melhoramento situados na região centro-sul, denominada aqui de região A, que compreende o norte do Estado do Paraná, o Estado de São Paulo, o oeste do Estado de Minas Gerais e o sul do Estado de Goiás (Fig. 1). Este critério foi adotado uma vez que se



FIG. 1. Região Centro-Sul (Região A) com a localização e o número dos ensaios testados.

procurou analisar o comportamento, dentro de uma determinada região climática, de cultivares selecionados na região, e o desempenho destes cultivares em condições climáticas diferentes. A segunda região em estudo, denominada região B, compreendeu os Estados do nordeste brasileiro e litoral leste que vai da Bahia ao Rio de Janeiro (Fig. 2).

Climaticamente estas duas regiões apresentam certas particularidades. A região B, considerada de clima tropical, com isotermas anuais entre 22° e 24°C, é caracterizada por ter somente duas estações: o verão quente e chuvoso e o inverno menos quente e mais seco. A região A, tem clima tropical de altitude, com isotermas anuais entre 16° e 22°C, apresentando as mesmas características gerais do tipo tropical, porém com as temperaturas moderadas em função da altitude. Apenas ensaios localizados dentro destas regiões foram aproveitados no presente estudo. Para a região A, foram computados resultados de 51 ensaios e para a região B, de 17 ensaios. As Fig. 1 e 2 mostram a localização geográfica e o número dos ensaios estudados, nas duas regiões descritas.

A fim de estabelecer um confronto entre os híbridos e os sintéticos, foram calculadas médias das produções por ano agrícola, em ambas as regiões (Quadro 1). Para melhor análise dos sintéticos, estão incluídas as produções apresentadas individualmente por estes cultivares. Não foi possível completar os dados para a região B, em dois anos agrícolas (1965/66 e 1966/67) por falta dum número suficiente de



FIG. 2. Região Nordeste e litoral leste (Região B) com a localização e o número dos ensaios estudados.

ensaios que permitisse o cálculo de médias representativas. O termo de comparação usado foi a produção média anual dos híbridos, tomada como índice 100.

Partindo-se da produtividade média dos híbridos e sintéticos, calcularam-se, para os três anos agrícolas, com dados de ambas as regiões, as reduções em produtividade que as duas classes de cultivares sofreram na região B em relação à região A, sendo esta redução de 19,8% para os híbridos, e de 13,9% para os sintéticos.

Para melhor visualização da produtividade relativa das duas classes de cultivares nos cinco anos de execução dos ensaios foram traçados diagramas com as produções médias, máximas e mínimas dos cultivares híbridos e sintéticos (Fig. 3), apenas para a região A.

Foram calculados os acréscimos de produtividade dos cultivares confrontando-se as produções médias destes para cada ano agrícola, em relação ao primeiro.

## DISCUSSÃO

O presente trabalho apenas compara produções médias, não pretendendo analisar as existentes interações cultivares x anos. Com exceção do ano agrí-

QUADRO 1. *Produções médias corrigidas para "stand" ideal e expressas em quilogramas de grãos por hectare, alcançadas pelos cultivares sintéticos e híbridos na região centro-sul, e no nordeste e litoral leste, no período de 1963/64 a 1967/68*

Cultivares	Região centro-sul					Região nordeste e litoral leste		
	1963/64(8L)*	1964/65(8L)	1965/66(9L)	1966/67(10L)	1967/68(19L)	1963/64(4L)	1964/65(5L)	1967/68(8L)
Astecca	4081(102,6)	5026(104,9)	4535( 88,6)	—	—	3662(113,6)	4323( 99,7)	—
Maia	—	5730(119,8)	5353(104,5)	5285(102,8)	5437( 97,8)	—	4764(109,9)	4746(107,7)
IAC 1	—	—	4720( 92,3)	5047( 98,2)	5134( 92,3)	—	—	4018( 91,2)
Maia x IAC 1	—	—	—	—	5819(104,7)	—	—	4710(106,9)
Comp. Cadeis	4691(102,8)	—	—	—	—	3755(116,5)	—	—
Comp. V. Crus	4238( 92,9)	—	—	—	—	3590(111,5)	—	—
Am. Central	4264( 93,5)	4264( 89,0)	—	4726( 91,9)	—	3413(105,9)	4260( 98,3)	—
Piramex	4699(103,0)	5182(108,2)	5113( 99,8)	5452(100,0)	5075( 91,3)	4070(126,2)	4757(109,7)	4853(110,1)
Centralmex	—	—	5495(107,3)	5482(106,6)	5481( 98,6)	—	—	5067(115,0)
Sintéticos (médias)	4515( 98,9)	5052(105,5)	5044( 98,5)	5198(101,1)	5389( 96,9)	3690(114,7)	4526(104,4)	4679(106,2)
Híbridos (médias)	4562(100,0)	4789(100,0)	5121(100,0)	5141(100,0)	5560(100,0)	3224(100,0)	4335(100,0)	4407(100,0)
Número de híbridos	(11 Hib.)	( 8 Hib.)	(13 Hib.)	(11 Hib.)	(11 Hib.)	(11 Hib.)	( 8 Hib.)	( 9 Hib.)

\* Número de localidades que entraram no cômputo da média.

cola 1963/64, que foi desfavorável na região A, os demais correram favoráveis para a cultura do milho.

Geralmente, a condução de ensaios é feita em condições ideais de cultivo, razão pela qual as produções aí obtidas são bem superiores aos rendimentos médios alcançados nas lavouras comuns, que a estatística revela serem inferiores a 2.000 kg/ha para esta região. Os melhores tratamentos culturais (cultivos, defesa sanitária, adubações) proporcionados aos experimentos, tendem a reduzir o efeito devido a anos, amenizando certas condições desfavoráveis que influem, de forma acentuada, na lavoura comum.

A correção das falhas nas parcelas resultou num acréscimo sobre a produtividade, verificando-se produções médias dos cultivares cerca de 7% superiores às reais. Como as falhas observadas nos experimentos foram poucas e ocorreram de maneira generalizada para todos os tratamentos, as produções médias apresentadas podem ser comparadas entre si, com certa margem de segurança.

A análise das médias apresentadas no Quadro 1 possibilita um confronto entre as duas regiões. Rendimentos melhores são sempre obtidos na região A. Podem-se sugerir, para explicar este fato, as condições melhores de solo, ou mesmo, tratamentos culturais mais eficientes proporcionados aos ensaios conduzidos nesta região, ou ainda, o que é muito provável, o fato de estes cultivares, com "nicho ecológico" na região A, terem sua capacidade produtiva prejudicada, ao serem cultivados em locais de condições climáticas diferentes.

Comparando-se a queda da produção observada da região A para a B, constata-se que esta é maior para

os híbridos (19,8%) do que para os sintéticos (13,9%). Esta maior estabilidade na produção em diferentes condições ambientais, demonstrada pelos sintéticos, já foi constatada por Ruschel (1968) ao analisar, na Região Centro-Sul brasileira, o grau de interação com o meio, apresentado por cultivares com diferentes bases genéticas. Esta observação está ainda de acordo com Sprague e Federer (1951) que, ao analisarem uma série de ensaios de milho, mostraram que a interação com o meio é menor em material com variabilidade genética maior.

O melhor desempenho relativo dos sintéticos na região B pode ser analisado pelos índices médios de produção em relação à média dos híbridos. Enquanto na região A estes índices estiveram entre 96,9% e 105,5%, na região B variaram de 104,4% a 114,7%, sendo que, nesta região, os sintéticos, em média, mostraram-se superiores aos híbridos.

Pela Fig. 3, pode ser melhor apreciada a capacidade produtiva dos cultivares selecionados e testados na região A, nos últimos cinco anos. Nesta figura, as linhas da produção média dos híbridos e dos sintéticos são ascendentes, indicando um acréscimo quase constante no rendimento médio destas duas classes de cultivares. Tomando-se o ano agrícola 1963/64 como base, em 1967/68 os híbridos foram 21,8% melhores do que os híbridos daquele primeiro ano, e os sintéticos foram 19,3% melhores do que os primeiros testados. Uma vez que os cultivares estudados foram aqueles liberados pelos produtores ao comércio de sementes, conclui-se que atualmente está sendo oferecida aos agricultores semente de melhor qualidade genética. Outra observação que vem corro-

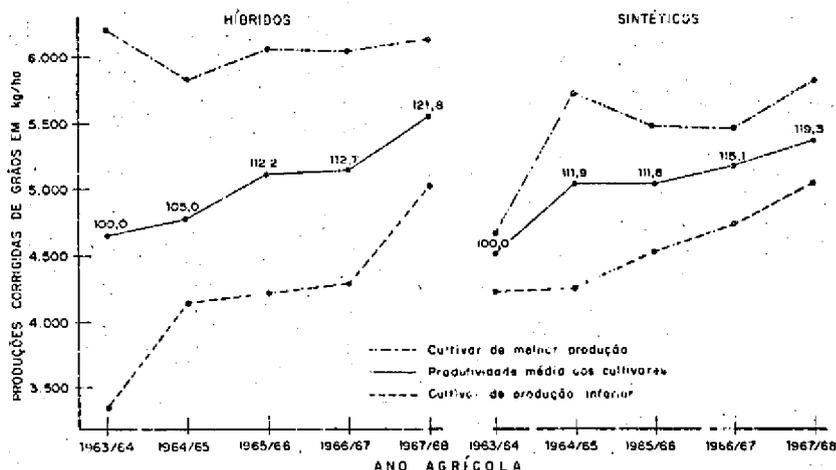


FIG. 3. Diagramas das produções médias, máximas e mínimas alcançadas pelos cultivares híbridos e sintéticos, na região Centro-Sul, durante o período de anos agrícolas compreendido entre 1963/64 e 1967/68.

borar este fato são os dados apresentados por Groszmann (1957) que, ao analisar 99 ensaios de milho conduzidos em Minas Gerais no período de 1947 a 1956, dá como média para o melhor híbrido neste período de 10 anos, a produção de 3.378 kg/ha, que é bem inferior às produções alcançadas nestes ensaios. Também Miranda (1966), analisando em São Paulo, no período de 1948 a 1958, a produtividade dos híbridos produzidos, assevera que o Instituto Agrônomo de Campinas tem conseguido cada vez melhores híbridos.

A linha (Fig. 3) referente ao rendimento do melhor híbrido indica que a produtividade máxima alcançada nesta classe de cultivares foi sempre superior ao melhor sintético, permanecendo nos 6.000 kg/ha (produções corrigidas para "stand" ideal). O aumento anual da produção média dos híbridos deve-se, por conseguinte, ao aparecimento de um maior número de melhores híbridos, sendo isto um indicio de que os híbridos inferiores, paulatinamente, estão sendo eliminados dos testes. A produção máxima verificada na classe dos sintéticos foi de 5.819 kg/ha (produção corrigida para "stand" ideal), alcançada pelo cultivar Maya x IAC 1 que, apesar de tratar-se de um híbrido entre cultivares, foi incluído entre os sintéticos dada a base ampla de seu germoplasma. Este fato merece destaque e revela um futuro promissor reservado aos híbridos entre sintéticos.

Os diagramas das produções máximas e mínimas dos sintéticos (Fig. 3) revelam ainda que, entre estes, a variação da produtividade é menor do que a observada entre híbridos, devido à afinidade da base genética dos sintéticos estudados. Alguns dos sintéticos

analisados neste trabalho foram submetidos a sucessivos ciclos de melhoramento pelos processos de seleção recorrente e de espigas por fileira. Assim, o aumento da produtividade média dos sintéticos, verificado quase que anualmente, não se deve apenas à substituição de cultivares, mas também ao melhoramento destes.

## CONCLUSÕES

Pela discussão e análise dos resultados deste trabalho, chega-se às seguintes conclusões:

- os rendimentos apresentados pelos cultivares nos ensaios localizados na região centro-sul foram superiores, em média, aos observados nos ensaios situados no nordeste e litoral leste;
- em média, a queda de rendimento observada no nordeste e litoral leste em relação à região centro-sul, foi menor para os sintéticos do que para os híbridos estudados;
- na região nordeste e litoral leste, em média, os sintéticos estudados superaram os híbridos em produtividade;
- os cultivares comerciais testados no projeto "Ensaio Nacional de Milho" têm sido, em média, sempre melhores, nos últimos cinco anos;
- entre os cultivares sintéticos, a variação na produção foi menor do que entre os híbridos;
- durante o período estudado, na região centro-sul, os rendimentos máximos foram sempre alcançados por híbridos.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos colegas que, pela cuidadosa condução dos ensaios nas diversas localidades, forneceram a valiosa soma de dados que possibilitou a realização deste estudo. Pela impossibilidade de relacionar todos os executores dos experimentos aqui analisados, é feita apenas menção aos membros da Comissão Nacional do Milho, responsáveis pela condução do Projeto nas regiões estudadas, Engenheiros Agrônomos Bartolomeu F. Uchoa (IPEANE); Jairo Silva (IPEACO); Luiz T. Miranda (IAC); Ernesto Paterniani (ESALQ) e Gladstone Drummond (Agrocere).

## REFERÊNCIAS

- Groszmann, A. 1957. Dez anos de experimentação com milho híbrido no Estado de Minas Gerais. Tese, Esc. Nac. Agronomia, Rio de Janeiro.
- Hayes, H.K. & Garber, R.J. 1959. Synthetic production of high protein corn in relation to breeding. *J. Am. Soc. Agron.* 11:309-319.
- Hayes, H.K., Rinke, E.H. & Tsiang, Y.S. 1944. The development of a synthetic variety of corn grown from inbred lines. *J. Am. Soc. Agron.* 36:998-1000.

- Lonnquist, J.H. 1949. The development and performance of synthetic varieties of corn. *Agron. J.* 41:153-156.
- Miranda, L.T. 1966. Híbridos e variedades, p. 153-173. In *Cultura e adubação do milho*, Cia. bras. Potassa, S. Paulo.
- Paterniani, E. 1965. Seleção recorrente para capacidade geral de combinação em milhos da América Central. *Ciência e Cultura*, S. Paulo, 17:555-559.
- Paterniani, E. 1966. Genética e melhoramento do milho, p. 109-151. In *Cultura e adubação do milho*, Cia. bras. Potassa, S. Paulo.
- Ruschel, R. 1968. Interação genótipos x localidades na região Centro-Sul em milho (*Zea mays* L.). Tese, Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, S. Paulo.
- Sprague, G.F. 1955. Corn breeding, p. 221-292. In *Sprague G.F. (ed.) Corn and corn improvement* Academic Press Inc., N. York.
- Sprague, G.F. & Federer, W.T. 1951. A comparison of variance components in corn yield trials: location x variety and variety components. *Agron. J.* 43:535-541.
- Sprague, G.F. & Jenkins, M.T. 1943. A comparison of synthetic varieties, multiple crosses and double crosses in corn. *J. Am. Soc. Agron.* 35:137-147.
- Wellhausen, E.J. 1950. El programa de mejoramiento del maíz en México. La primera asamblea latinoamericana de fitogenetistas. *Of. Est. Esp. Foll. n.º 3:119-149*, México.
- Zuber, M.S. 1942. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniformity trials data. *J. Am. Soc. Agron.* 34:30-47.

## PRODUCTION OF SYNTHETIC VARIETIES AND HYBRIDS OF CORN

*Abstract*

An analysis of yield in commercial plantings of hybrid corn from the corn improvement program of the State of São Paulo, Minas Gerais and Paraná is presented. Sixty eight trials were conducted between 1963/64 and 1967/68. Corn hybrids and synthetic varieties were compared in two distinct climatic regions using average annual production as a basis for the comparison. These regions were (1) south-central region and (2) northeast and eastern coastal regions.

The following conclusions were reached:

1. The average yields attained by the varieties in the south-central region were superior to the yields observed in the northeast and eastern coastal region.
2. Reduction of yields in both regions was greater for hybrids than for synthetic varieties.
3. In the northeast and eastern coastal regions the synthetics were superior on the average to the hybrids.
4. Each year better varieties have been tested.
5. Variation in production of the synthetics has been less than for the hybrids.
6. In the south-central region maximum yields were always obtained with the hybrids.