

## ANÁLISE DOS COMPONENTES DA VARIÂNCIA DE DUAS CLASSES DE CULTIVARES DE MILHO E ESTIMATIVA DO PROGRESSO GENÉTICO MÉDIO EM ENSAIOS DE PRODUÇÃO<sup>1</sup>

RENATO RUSCHEL<sup>2</sup> e ALBERTO DE FIGUEIREDO PENTEADO<sup>3</sup>

### Sinopse

Foram analisados os componentes da variância devidos às interações de cultivares de milho com localidades e anos, utilizando-se dados fornecidos por 81 experimentos do Projeto EPE-1 (Ensaio Nacional de Milho), conduzidos entre os anos agrícolas 1962/63 e 1967/68. Esta análise mostrou que o efeito da localidade sobre a variação de produção dos cultivares foi maior do que o efeito do ano.

No estudo foram analisados híbridos e variedades como dois grupos distintos, levando-se em consideração a diferente amplitude da base genética dos seus cultivares. Maior variação na produção foi encontrada entre os cultivares classificados como variedades. Os híbridos mostraram-se mais homeostáticos do que os cultivares de base genética mais ampla, agrupados na classe das variedades, sendo estes últimos menos influenciados pela variação das condições climáticas em anos sucessivos na mesma localidade.

Foi estimado o Progresso Genético Médio para a produção, concluindo-se que a segurança dos resultados nos ensaios é dada de forma mais notável pelo número de localidades nas quais os ensaios se repetem.

Com base na discussão dos resultados foram feitas considerações sobre os Ensaios Nacionais de Milho, e a análise de seus resultados.

### INTRODUÇÃO

A tarefa de escolher, dentre dezenas de diferentes cultivares, aqueles capazes de proporcionar melhores rendimentos em cada localidade ou região, tem sido uma das principais metas da experimentação agrícola pelo benefício direto que leva à agricultura. A simples opção correta do cultivar a ser semeado resulta em acréscimos consideráveis na produção, em se tratando de lavouras extensivas. Esta opção entre cultivares baseia-se nas pequenas diferenças da capacidade produtiva destes, e a mensuração destas diferenças só é possível por meio de testes nos quais os diversos genótipos ou cultivares são confrontados em condições as mais uniformes possíveis. Assim, em milho, a produtividade dos híbridos e variedades é avaliada

em experimentos que permitem sejam tomadas conclusões dentro de certos níveis de segurança através da análise da variância.

Os esquemas experimentais têm como condição básica a repetição da comparação entre os cultivares, e qualquer disparidade na resposta relativa destes nas repetições tende a diminuir a precisão do ensaio. Uma vez que a produtividade das plantas depende das condições do meio ambiente, mudanças nestas condições tendem a refletir-se na produção, com intensidade variável, dependendo da carga genética que confere aos cultivares uma maior ou menor capacidade de produzir sob diferentes condições externas. Para evitar incorreções na seleção torna-se imperiosa a repetição do ensaio em localidades que apresentem diferentes condições de clima ou solo. Um comportamento relativo diverso, entre os cultivares testados em duas localidades, na análise da variância conjunta dos ensaios, é detectado pela componente devida à interação cultivar x localidade, quando esta for significativa. Quando os mesmos cultivares são ensaiados por mais de um ano no mesmo local é possível detectar, por um processo semelhante de análise, qualquer efeito proveniente da variação das condições climá-

<sup>1</sup> Recebido 8 set. 1969, aceito 16 fev. 1970.

Boletim Técnico n.º 100 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS). Realizado na vigência de uma bolsa do Conselho Nacional de Pesquisas, do primeiro autor.

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

<sup>3</sup> Eng.º Agrônomo, Chefe da Seção de Estatística Experimental e Análise Econômica do Escritório de Pesquisas e Experimentação (EPE), Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26.

ticas ocorridas nos diferentes anos. Silva *et al.* (1963), analisando uma série de ensaios de milho conduzidos por vários anos no Estado de São Paulo, constataram que o efeito de localidades era maior do que o efeito de anos sobre os cultivares. Sprague e Federer (1951), baseados em ensaios com milho em Iowa, nos Estados Unidos, chegaram a um resultado contrário, possivelmente por se tratar, no Estado de Iowa, de uma região mais uniforme em condições de clima e solo quando comparada ao Estado de São Paulo. Sempre que índices significativos forem encontrados para as interações, a extrapolação das conclusões dos ensaios no espaço ou no tempo fica limitada, obrigando os experimentadores a multiplicar o número de ensaios.

Com a principal finalidade de manter informados os produtores de semente genética de milho sobre a capacidade de rendimento de seus cultivares, orientando-os na liberação dos melhores ao mercado de sementes e beneficiando desta forma o agricultor, mantém o Escritório de Pesquisa e Experimentação (EPE) o Projeto EPE-1, Ensaio Nacional de Milho, que coordena, em âmbito nacional, testes uniformes de cultivares comerciais de milho em produção por entidades públicas e privadas. Ensaios deste Projeto têm sido conduzidos com sucesso na grande maioria dos Estados, concentrando-se na região Centro-Sul. Grande número de informações foram acumuladas no decorrer da existência deste Projeto, iniciado em 1961, e que anualmente cresce e se aprimora.

Com dados colhidos de 81 Experimentos do Projeto EPE-1<sup>4</sup>, no presente trabalho compararam-se dois tipos de cultivares de milho muito difundidos, os híbridos e as variedades. O confronto destas duas classes é feito através das oscilações relativas de produção que sofrem os híbridos e as variedades quando cultivadas em condições diferentes de clima e solo. A magnitude da oscilação da produção nestas condições é um sintoma do grau de adaptação do cultivar; assim, aqueles que revelam produção boa e estável em diferentes ambientes podem ser considerados como tendo boa adaptação, externada pelo poder de homeostase que possuem. A aferição destas oscilações foi feita, neste estudo, através das estimativas das variâncias das interações dos cultivares, híbridos ou variedades, com as localidades em que foram conduzidos os ensaios e também das interações dos cultivares com anos, quando os mesmos tratamentos foram repetidos em 2 anos sucessivos no mesmo local.

No trabalho de Sprague e Federer (1951), a capacidade homeostática de um cultivar está relacionada

à amplitude da base genética do mesmo. Assim, quanto maior a variabilidade genética do cultivar, maior é a sua capacidade de adaptação.

Os dois grupos de cultivares aqui analisados podem ser perfeitamente classificados pela amplitude da base genética. Os híbridos caracterizam-se pela base genética restrita, resultantes que são da síntese de poucas linhagens em elevado estado de homozigose, e as variedades são consideradas de base genética ampla pela grande variação fenotípica proveniente dos diferentes genótipos das plantas do mesmo cultivar.

O presente trabalho permitiu extrair conclusões úteis como contribuição para uma orientação futura ao Projeto EPE-1.

O número razoavelmente grande de experimentos analisados possibilitou ainda o cálculo do Progresso Genético Médio estimado para a produção dos cultivares de milho deste Projeto.

## MATERIAL E MÉTODOS

Nos ensaios do Projeto EPE-1 são comparados anualmente 25 cultivares de milho em 4 repetições, sob delineamento látice simples. A parcela é formada de uma fileira de 10 metros de comprimento com 40 plantas, equivalendo a uma densidade de plantio de 40.000 plantas por hectare. Para a presente análise, o peso de espigas em kg por parcela, fornecido pelos executores do Projeto, foi transformado para "stand" ideal pelo emprêgo da fórmula de Zuber (1942) para correção de falhas.

Foi feita ainda uma seleção dos ensaios levando-se em consideração a boa produtividade média dos cultivares, e a satisfatória execução do teste, detectada pelo baixo coeficiente de variação da análise. Aproveitaram-se resultados de 81 ensaios conduzidos entre os anos agrícolas 1962/63 e 1967/68 (Quadro 1), que permitiram análises conjuntas anuais pela semelhança dos quadrados médios residuais das análises individuais.

Para a estimativa da variância da interação cultivar x localidade foram aproveitados na sua íntegra 67 ensaios analisados em 6 conjuntos anuais de 6 a 21 ensaios (Quadro 1). Para o estudo da interação cultivar x ano foram analisados apenas os tratamentos repetidos em dois anos sucessivos na mesma localidade. Uma vez que no Projeto EPE-1 poucos cultivares permanecem em teste por mais de dois anos, o aproveitamento de ensaios executados em dois anos sucessivos foi a única maneira encontrada para estimar a interação cultivar x ano, com número razoável de tratamentos.

<sup>4</sup> Refere-se a dados arquivados na SEEA do EPE, cuja utilização foi autorizada (Proc. MA 040-1391/68).

QUADRO 1. Localização dos ensaios do Projeto EPE-1, analisados em conjunto

Localidades	Ano agrícola					
	1962/63	1963/64	1964/65	1965/66	1966/67	1967/68
Barbalba (CE)			+ <sup>a</sup>			
Surubim (PE)		o-----o+ <sup>b</sup>				
Caruaru (PE)		+				
União dos Palmares (AL)		+ <sup>c</sup> -----o+				
Goianésia (GO)						+
Goiânia (GO)						+
Ceres (GO)						+
Patos (MG)		+ <sup>c</sup> -----o+				+
Uberlândia (MG)				+		
Capinópolis (MG)					+ <sup>c</sup> -----o+	
Nova Baden (MG)			+			
Sete Lagoas (MG)				+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+	
Lavras (MG)					+ <sup>c</sup> -----o	
Linhares (ES)						+
Juparanã (RJ)		+				+
Itaguaí (RJ)				+ <sup>c</sup> -----o	o	+ <sup>c</sup> -----o+
Paracambi (RJ)						+
Jardinópolis (SP)					+ <sup>c</sup> -----o+	
Sertãozinho (SP)				+		
São Simão (SP)					+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+
Rib. Preto (SP)	+		+		+	+
Pindorama (SP)	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+	o	+		+
Avaré (SP)						+
Campinas (SP) <sup>c</sup>	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+
Campinas (SP) <sup>d</sup>					+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+
Piracuba (SP)	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+
Botucatu (SP)					+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+
Ataliba Leonel (SP)	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+		+
Jacarézinho (PR)		o	+ <sup>c</sup> -----o+	+ <sup>c</sup> -----o+		
Cambará (PR)						+
Passo Fundo (RS)			+ <sup>c</sup> -----o	o		
Não me Toque (RS)					o	o
Verganópolis (RS)					o	o
Monte Bonito (RS)				+		
Piratini (RS)				o		
Pelotas (RS)	+		+			

- <sup>a</sup> + = Ensaios utilizados na análise da variável localidade.  
<sup>b</sup> o - o = Pares de ensaios utilizados na análise da variável ano.  
<sup>c</sup> Ensaios conduzidos pelo Inst. Agronômico.  
<sup>d</sup> Ensaios conduzidos pela Companhia Sementes Seleccionadas Sementec.

Nas análises conjuntas, pelo desdobramento dos graus de liberdade para cultivares, estes foram divididos em dois grupos, que separaram os híbridos dos demais cultivares aqui considerados como variedades. No primeiro grupo figuraram de 12 a 18 híbridos duplos por análise conjunta, e apenas 4 a 8 por análise, para a interação híbrido x ano. O grupo das variedades reuniu 7 a 13 tratamentos para a primeira análise e 4 a 8 para a segunda. Nesta classe foram alinhados, além de variedades locais e variedades sintéticas, alguns compostos do Banco de Germoplasma de Milho.

Para o cálculo das estimativas da variância dos cultivares e da interação cultivar x localidade foi adotado

o modelo matemático (1), de Cochran e Cox (1950), no qual Y corresponde à produção observada na parcela  $ijk$  de qualquer experimento de média  $\mu$ ;  $c$  corresponde ao efeito do cultivar;  $l$ , ao efeito da localidade;  $r$ , ao efeito da repetição, sendo  $e$  o efeito atribuído ao acaso, e ficando as interações do cultivar  $i$  com a localidade  $j$  representadas por  $(cl)ij$ :

$$(1) Y_{ijk} = \mu + c_i + l_j + (cl)_{ij} + r_{ki} + lik$$

Para o cálculo da estimativa das variâncias dos cultivares, das interações cultivar x ano e cultivar x localidade x ano foi empregado o modelo matemático (2), onde  $a$  corresponde ao efeito do ano, permanecendo

os outros efeitos os mesmos do modelo (1) sendo a interação da 2.<sup>a</sup> ordem (cla)ijn:

$$(2) Y_{ijkl} = \mu + ci + lj + an + (cl)ij + (ca)ln + (cla)ijn + rkjn + lkjn$$

As esperanças matemáticas dos quadrados médios para estes dois tipos de análises encontram-se respectivamente nos esquemas 1 e 2 do Quadro 2. As

estimativas dos componentes da variância do erro ( $\sigma_e^2$ ), dos cultivares ( $\sigma_c^2$ ), e das interações cultivar x localidade ( $\sigma_{cl}^2$ ), cultivar x ano ( $\sigma_{ca}^2$ ) e cultivar x localidade x ano ( $\sigma_{cla}^2$ ) são dadas respectivamente por  $s_e^2$ ,  $s_c^2$ ,  $s_{cl}^2$ ,  $s_{ca}^2$  e  $s_{cla}^2$ . As estimativas de  $s_e^2$  e  $s_c^2$  (Quadro 3), foram calculadas para 6 análises con-

QUADRO 2. Indicação das causas de variação e da esperança matemática dos quadrados médios de interesse dos modelos matemáticos adotados

Causas de variação	GL	QM	Esperança matemática do Q.M.
<b>Esquema 1</b>			
Cultivar	(I-1)	M <sub>1</sub>	$\sigma_e^2 + K \sigma_{cl}^2 + JK \sigma_c^2$
Int. Cult. x Local	(I-1) (J-1)	M <sub>2</sub>	$\sigma_e^2 + K \sigma_{cl}^2$
Erro	(K-1) (I-1)	M <sub>3</sub>	$\sigma_e^2$
<b>Esquema 2</b>			
Cultivar	(I-1)	M <sub>1</sub>	$\sigma_e^2 + K \sigma_{cla}^2 + KN \sigma_{cl}^2 + KJ \sigma_{ca}^2 + KJN \sigma_c^2$
Int. Cult. x ano	(I-1) (N-1)	M <sub>2</sub>	$\sigma_e^2 + K \sigma_{ca}^2 + KJ \sigma_{cna}^2$
Int. Cult. x Local	(I-1) (J-1)	M <sub>3</sub>	$\sigma_e^2 + K \sigma_{cl}^2 + KN \sigma_{cla}^2$
Int. Cult. x Local x ano	(I-1) (J-1) (N-1)	M <sub>4</sub>	$\sigma_e^2 + K \sigma_{cla}^2$
Erro	(I-1) (K-1) JN	M <sub>5</sub>	$\sigma_e^2$

QUADRO 3. Resumo das análises de variância conjuntas dos ensaios de produção com indicação das estimativas das variâncias de interesse e as relações  $\hat{b}_p$  e  $\hat{d}_p$ , para os cultivares em geral, híbridos e variedades

Ano agrícola	Exp. (caract.)		Erro		Cultivar x localidade			Cultivar			Relação de variância p/erro	
	Trat.	Loc.	GL	S <sup>2</sup> e	GL	QM	S <sup>2</sup> cl	GL	QM	S <sup>2</sup> c	$\hat{b}_p$	$\hat{d}_p$
<b>Cultivares</b>												
1962/63	25	6	432	0,5794	120	1,4379++	0,2146	24	28,2541++	1,1173	0,3674	1,9195
1963/64	25	8	576	0,7796	168	1,3524++	0,1432	24	13,9305++	0,3931	0,1822	0,5025
1964/65	25	12	864	0,5723	264	1,3893++	0,2042	24	31,9594++	0,6369	0,3554	1,1103
1965/66	25	10	720	0,7737	216	2,2768++	0,3758	24	13,1095++	0,2708	0,4837	0,3490
1966/67	25	10	720	0,7815	216	1,2878++	0,1266	24	20,1440++	0,4714	0,1908	0,6015
1967/68	25	21	1512	0,7725	480	1,6510++	0,2196	24	50,5707++	0,5824	0,2836	0,7539
Médias	25	11,17	804	0,7098	244	1,5659	0,2140	24	26,3280	0,5786	0,3055	0,8728
<b>Híbridos</b>												
1962/63	15	6			70	1,2118++	0,1581	14	26,7747++	1,0651	0,2704	1,8298
1963/64	15	8			98	1,1630++	0,0958	14	8,9471++	0,2432	0,1216	0,3109
1964/65	14	12			142	1,1835++	0,1478	13	13,9908++	0,2666	0,2571	0,4648
1965/66	18	10			153	1,8785++	0,2762	17	13,7634++	0,2969	0,3553	0,3827
1966/67	15	10			126	1,1064++	0,0812	14	21,3481++	0,5060	0,1029	0,6457
1967/68	12	21			130	1,2191++	0,1116	11	16,5279++	0,1822	0,1439	0,2359
Médias	14,8	11,17			135	1,2904	0,1451	13,8	16,8853	0,4267	0,2085	0,6450
<b>Variedades</b>												
1962/63	10				45	1,8015++	0,3055	9	8,7893++	0,2912	0,5236	0,5000
1963/64	10				63	1,1773+	0,0904	9	20,7926++	0,6130	0,1262	0,7836
1964/65	11				110	1,4082++	0,2090	10	45,2420++	0,9132	0,3638	1,5920
1965/66	7				54	1,2703++	0,1596	6	10,3777++	1,0958	0,2037	1,4124
1966/67	10				81	1,3254++	0,1360	9	17,4983++	0,4043	0,1728	0,5159
1967/68	13				240	1,5596++	0,1955	12	68,1022++	0,7922	0,2537	1,0241
Médias	10,2	11,17			98,8	1,4235	0,1842	9,2	28,4071	0,6849	0,2740	0,9713

juntas baseando-se no esquema 1 do Quadro 2. Para o isolamento destas estimativas tomaram-se as fórmulas (3) e (4) onde M corresponde aos valores do quadrado médio:

$$(3) s_o^2 = \frac{1}{rl} (M_1 - M_2)$$

$$(4) s_{ot}^2 = \frac{1}{r} (M_3 - M_4)$$

Da mesma forma para estimar as variâncias  $s_o^2$ ,  $s_{ca}^2$  e  $s_{cla}^2$  usaram-se as fórmulas (5), (6) e (7), com valores de M obtidos pelo esquema 2 do Quadro 2:

$$(5) s_c^2 = \frac{1}{rla} (M_1 - M_2 - M_3 + M_4)$$

$$(6) s_{ca}^2 = \frac{1}{rl} (M_3 - M_4)$$

$$(7) s_{cla}^2 = \frac{1}{r} (M_4 - M_5)$$

No Quadro 4 estão transcritas as estimativas das variâncias obtidas pelas fórmulas (5), (6) e (7). Processo idêntico foi adotado para estimar os componentes das variâncias para híbridos e variedades (Quadros 3 e 4), usando-se para tanto os quadrados médios correspondentes obtidos nos desdobramentos das análises conjuntas. Partindo-se das estimativas das variâncias, por fórmulas (8), (9), (10) e (11) de Federer (1951) foram obtidas as relações destas para

a estimativa do erro, sem os efeitos sistemáticos, relações estas necessárias ao cálculo do Progresso Genético Médio:

$$(8) \hat{b}_p = \frac{gl-2}{gl} \left[ \frac{s_{ot}^2}{s_o^2} - \frac{2}{r(gl-2)} \right]$$

$$(9) \hat{b}_y = \frac{gl-2}{gl} \left[ \frac{s_{ca}^2}{s_o^2} - \frac{2}{r(gl-2)} \right]$$

$$(10) \hat{e} = \frac{gl-2}{gl} \left[ \frac{s_{cla}^2}{s_o^2} - \frac{2}{r(gl-2)} \right]$$

$$(11) \hat{d}_p = \frac{gl-2}{gl} \left[ \frac{s_c^2}{s_o^2} - \frac{2}{r(gl-2)} \right]$$

A fórmula (11) foi usada para os modelos matemáticos (1) e (2), sendo que, para o segundo modelo,  $\hat{d}_p$  passou a ser  $\hat{d}_y$ . Nestas fórmulas o elemento nêvo,  $gl$ , representa graus de liberdade do erro.

A fim de concluir da importância relativa que assumem o número de repetições, localidades e anos para a eficiência de ensaios do tipo do Projeto EPE-1, foi calculado o Progresso Genético Médio (PGM) dado pela equação (12) de Federer para análises em que  $\sigma^2_{cla}$  é diferente de zero:

$$(12) P.G.M. = \frac{\bar{d} \cdot \bar{x}_m}{\sqrt{\frac{l}{rla} + \frac{\bar{b}_p}{l} + \frac{\bar{b}_y}{a} + \frac{\bar{e}}{al} + \bar{d}}}$$

QUADRO 4. Resumo das análises de variância conjuntas dos ensaios de produção executados em dois anos consecutivos com indicativo das estimativas das variâncias de interesse e as relações  $\hat{b}_y$ ,  $\hat{b}_p$  e  $\hat{e}$  para cultivares em geral, híbridos e variedades

Ano agrícola	Erro		Cultivar x ano			Cult. x loc. x ano			Cultivar			Relações de variância para erro		
	GL	S <sup>2</sup> <sub>e</sub>	GL	QM	S <sup>2</sup> <sub>ca</sub>	GL	QM	S <sup>2</sup> <sub>la</sub>	GL	QM	S <sup>2</sup> <sub>c</sub>	$\hat{b}_y$	$\hat{b}_p$	$\hat{e}$
<b>Cultivares</b>														
1962/63-1963/64	288	0,8216	12	2,6437+	0,0924	36	1,1649	0,0858	12	23,7984++	0,6581	0,1099	0,7953	0,1020
1963/64-1964/65	402	0,6102	11	2,6356++	0,0598	66	0,9614++	0,0878	11	21,2431++	0,3238	0,0965	0,5283	0,1422
1964/65-1965/66	330	0,6073	11	4,3550++	0,1562	44	1,2099++	0,1506	11	14,1659++	0,2238	0,2541	0,3662	0,2449
1965/66-1966/67	360	0,7555	10	4,8783++	0,1578	50	1,0889+	0,0833	10	11,9742++	0,0953	0,2063	0,1254	0,1082
1966/67-1967/68	720	0,6624	10	2,9320++	0,0404	110	0,9927++	0,0826	10	18,1350++	0,1446	0,0601	0,2177	0,1237
Médias	432	0,6914	10,8	3,4849	0,1013	60,8	1,0636	0,0980	10,8	17,8673	0,2391	0,1454	0,4066	0,1442
<b>Híbridos</b>														
1962/63-1963/64			7	4,0449++	0,1906	21	0,9954	0,0434	7	22,3348++	0,5687	0,2286	0,6873	0,0507
1963/64-1964/65			5	4,2723+	0,1101	30	1,1901++	0,1450	5	15,1616++	0,1799	0,1786	0,2935	0,2355
1964/65-1965/66			6	4,2968+	0,1445	24	1,4057++	0,1996	6	21,4321++	0,4214	0,2350	0,6897	0,3251
1965/66-1966/67			4	6,6736++	0,2373	20	0,9787	0,0558	4	21,2584++	0,2722	0,3109	0,3893	0,0721
1966/67-1967/68			3	4,2001+	0,0637	33	1,1424++	0,1200	3	15,1813++	0,1039	0,0952	0,1564	0,1800
Médias	432	0,6914	5	4,6975	0,1492	25,6	1,1425	0,1128	5	19,0736	0,3092	0,2097	0,4370	0,1724
<b>Variedades</b>														
1962/63-1963/64			4	0,7064	-0,0549	12	1,5848	0,1908	4	20,7469++	0,6609	-0,0681	0,7988	0,2289
1963/64-1964/65			5	1,4993	0,0299	30	0,6630	0,0132	5	25,1848++	0,4216	0,0477	0,6064	0,0204
1964/65-1965/66			4	2,2683	0,0628	16	1,0164	0,1023	4	4,8015+	0,0508	0,1009	0,0929	0,1659
1965/66-1966/67			5	2,4308+	0,0634	25	0,9085	0,0395	5	3,8965+	0,0023	0,0821	0,0030	0,0493
1966/67-1967/68			6	1,9604+	0,0245	66	0,7882	0,0314	6	5,9607+	0,0301	0,0362	0,0453	0,0466
Médias	432	0,6914	4,8	1,7742	0,0251	29,8	0,9924	0,0752	4,8	12,1181	0,2343	0,0398	0,3093	0,1022

onde  $\bar{x}_m$  corresponde ao valor médio do maior desvio de uma amostra de tamanho  $m$  que apresenta distribuição normal (Tippett 1925), que é de 1,9653 para 25 tratamentos; onde  $\bar{d}$  é a média ponderada das  $\bar{d}_p$  e  $\bar{d}_y$ ;  $\bar{d}_p$  é a média aritmética dos  $\bar{b}_p$ ;  $\bar{b}_y$  é a média dos  $\bar{b}_y$ , sendo  $\bar{e}$  a média dos  $\bar{e}$ . Fazendo-se variar,  $r$ ,  $l$  e  $a$ , respectivamente repetições, locais e anos, estimou-se o PGM dado em unidades positivas padronizadas. No Quadro 5, acham-se as estimativas do PGM obtidas para cultivares em geral, híbridos e variedades em ensaios de 25 tratamentos e 400 parcelas com diferentes combinações de repetições, localidades e anos.

### DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As análises conjuntas dos ensaios por ano agrícola (Quadro 3), revelaram efeitos das interações tratamento x localidade pelo teste de F, não apenas para cultivares de milho em geral, como também para híbridos e variedades, nos seis anos analisados. Estes resultados poderiam ser esperados, considerando-se a variação pronunciada nas condições climáticas e de solo das localidades nas quais os ensaios foram conduzidos. Interações foram constatadas, mesmo nos dois últimos anos agrícolas do estudo, quando foram agrupados apenas ensaios conduzidos nos Estados da região centro-sul-oeste. Silva *et al.* (1963) encontraram valores altamente significativos para este componente da variância na análise conjunta de experimentos conduzidos em área geográfica menor, compreendida pelo Estado de São Paulo. Dos resultados aqui encontrados deduz-se que uma maior regionalização dos ensaios do Projeto EPE-1 pode ser adotada, o que naturalmente se fará necessário à medida que forem criados novos cultivares com adaptações específicas a determinados microclimas. A análise em grupo de experimentos conduzidos dentro de limites geográficos ainda menores, seria outra solução para a eliminação da interação cultivar x localidade com vistas à conclusões mais seguras para determinadas regiões específicas com características ecológicas próprias.

A presença constante de valores significativos para as interações cultivar x localidade leva a crer que os resultados anuais do Projeto EPE-1, apresentados em conjunto, com rigor não poderiam ser utilizados para recomendações generalizadas. Porém, tendo em vista a escassez de meios da experimentação agrícola, e desde que não sejam discriminados tratamentos com rendimentos muito semelhantes, o bom senso permite que se aponte o grupo dos melhores cultivares e o grupo dos cultivares inferiores, nos dois extremos da gama de classificação por produtividade. Este proce-

dimento, já adotado, foi responsável por uma visível melhoria do nível dos cultivares em teste neste Projeto (Ruschel 1969).

Relações das estimativas das variâncias das interações tratamento x localidade para as estimativas das variâncias do erro, valores  $\bar{b}_p$ , foram extraídos para cultivares em geral, híbridos e variedades (Quadro 3). O confronto entre os índices médios desta relação (índice  $\bar{b}_p$ ) encontrados para híbridos (0,2085) e para variedades (0,2740) sugere maior capacidade homeostática para os híbridos, pela maior estabilidade relativa de seus cultivares em condições diferentes de meio. Estes resultados não estão em harmonia com outros encontrados em pesquisas anteriores. Sprague e Federer (1951), confrontando híbridos simples, duplos e "top-crosses" de milho, estimaram valores médios da relação  $\bar{b}_p$  superiores para híbridos simples, que no caso apresentavam base genética considerada como a mais restrita dos cultivares ali comparados. Ruschel (1968), analisando diferentes grupos de cultivares de milho, encontrou valores para a relação  $\bar{b}_p$  maiores para o grupo dos cultivares de menor base genética.

Os resultados aqui encontrados levam a crer que outros fatores, além da amplitude da base genética, influíram na capacidade adaptativa dos cultivares, podendo ser um deles a pronunciada seleção para condições locais exercida em certos cultivares tradicionais. Assim, o índice  $\bar{b}_p$  maior para variedades poderia ser devido à seleção feita, por mais de 50 anos, em cultivares que deram origem às variedades locais. Por outro lado, seriam responsáveis pelo menor índice médio  $\bar{b}_p$  do grupo dos híbridos, híbridos comerciais saídos dos testes anteriores com comprovada capacidade produtiva e ampla adaptação, necessária a cultivares destinados a uma agricultura dispersa dos moldes da agricultura brasileira.

Para a análise da variabilidade encontrada entre cultivares tomaram-se as relações das estimativas da variância genética para as estimativas das variâncias dos respectivos erros, valores médios  $\bar{d}_p$ , do Quadro 3, obtidos a partir de um maior número de tratamentos. Estes índices médios foram, para híbridos, 0,6450, e para variedades, 0,9713. A acentuada variabilidade encontrada entre as variedades pode ser aceita ao analisar-se o material heterogêneo reunido nesta classe, que incluiu, além de variedades locais, comumente de baixa produtividade, variedades sintéticas de rendimentos superiores e populações do Banco de Germoplasma de Milho de comportamento bastante variável. Para as interações tratamento x ano (Quadro 4), encontraram-se valores significativos pelo teste de F, para cultivares em geral e híbridos, po-

rém, para o grupo das variedades, foram estimados valores não significativos ou no limite da significância. Confrontando-se, para este componente da variância, as duas classes de cultivares estudadas pelos seus índices médios  $\bar{b}_y$ , constata-se que as variedades apresentaram um índice bem menor, o que indica que suas produções foram mais estáveis em anos sucessivos na mesma localidade. A análise deste componente da variância permite, pois, concluir que a variação climática entre anos teve uma ação desigual sobre os cultivares e influiu com maior intensidade na produtividade dos híbridos.

Analisando-se ainda as estimativas médias  $\bar{b}_p$  e  $\bar{b}_y$  para as duas classes de cultivares, observa-se que para híbrido estas foram da mesma magnitude ( $\bar{b}_p = 0,2085$ ;  $\bar{b}_y = 0,2097$ ), denotando igual sensibilidade dos híbridos para condições climáticas e de solo diferentes nos locais e em anos sucessivos. Para a segunda classe estes índices divergiram bastante ( $\bar{b}_p = 0,2740$ ;  $\bar{b}_y = 0,0398$ ), caracterizando uma maior adaptação local para as variedades.

Analisando os cultivares sem a preocupação de separá-los em tipos, o índice  $\bar{b}_p$  (0,3055) foi também superior ao índice  $\bar{b}_y$  (0,1454), deduzindo-se que o efeito da localidade foi maior do que o efeito do ano sobre os cultivares, concordando neste particular com dados apresentados por Silva *et al.* (1963).

O número relativamente elevado de ensaios aqui analisados permitiu estimar o Progresso Genético Médio (PGM) para produção, em experimentos de cultivares de milho nas condições de Projeto EPE-1. Sendo o PGM um índice que está ligado à heritabilidade do caráter varia com a intensidade em que o caráter é influenciado pelas condições ambientais. Quando o caráter não é influenciado pelo meio ambiente, a herdabilidade é máxima e o PGM é igual

ao diferencial de seleção. O PGM diminui com a redução da heritabilidade, o que ocorre com o aumento da influência do meio sobre o caráter. Uma das maneiras de melhor estimar o PGM consiste em aumentar o número de itens que apresentam maior interação. Quanto melhor estimado o PGM maior é a segurança nas conclusões, e no caso presente na escolha dos melhores cultivares.

Neste estudo estimaram-se valores do PGM para 25 tratamentos, em 400 parcelas, para combinação das variáveis: repetição, localidade e ano (Quadro 5). Dos valores aqui encontrados conclui-se que, para cultivares de maneira geral e para variedades de forma acentuada, é a localidade a variável que estima melhor o PGM, obtendo-se desta forma maior segurança nas conclusões dos resultados com a elevação do número de localidades nas quais os ensaios se repetem. Para híbridos, no presente trabalho, as variáveis localidade e ano tiveram efeito da mesma grandeza, como é possível constatar no Quadro 5. A análise do quadro permite ainda concluir que para cultivares de maneira geral e nas condições do Projeto EPE-1, a segurança nas conclusões com base em grupos de ensaios depende principalmente do número de localidades, vindo depois a variável ano, e por último, o número de repetições dentro de ensaios.

Das discussões e resultados apresentados no decorrer do capítulo, as seguintes considerações ao Projeto EPE-1 podem ser feitas:

1) os resultados anuais dos Ensaio Nacionais de Milho, tomados em conjunto, têm sua utilidade na seleção dos melhores cultivares, sendo, porém, questionável a recomendação generalizada de cultivares feita com base nos resultados gerais, uma vez que foram significativos os índices para as interações cul-

QUADRO 5. Valores do PGM obtidos para cultivares em geral, híbridos e variedades, a partir da combinação de localidade, anos e repetições calculados para experimentos de 400 parcelas

Comb.	Loc.	An.	Rep.	Cultivares		Híbridos		Variedades	
				PGM	Class.	PGM	Class.	PGM	Class.
1	8	2	1	1,414	1.º	1,246	2.º	1,430	1.º
2	8	1	2	1,350	5.º	1,184	5.º	1,457	2.º
3	4	4	1	1,413	2.º	1,268	1.º	1,457	2.º
4	4	2	2	1,376	3.º	1,211	3.º	1,443	3.º
5	4	1	4	1,312	7.º	1,120	8.º	1,415	4.º
6	2	8	1	1,307	4.º	1,246	2.º	1,404	5.º
7	2	4	2	1,349	6.º	1,211	3.º	1,396	6.º
8	2	2	4	1,309	8.º	1,163	4.º	1,378	7.º
9	2	1	8	1,242	10.º	1,075	7.º	1,344	8.º
10	1	8	2	1,259	9.º	1,154	5.º	1,302	9.º
11	1	4	4	1,238	11.º	1,129	6.º	1,290	10.º
12	1	2	8	1,109	12.º	1,075	7.º	1,209	11.º

tivar x localidade, e principalmente se o F calculado pela razão entre Q.M. do tratamento e o Q.M. da interação tratamento x localidade não fôr significativo;

2) um maior número de ensaios por ano pode ser recomendado; mesmo que se repitam dentro da mesma área ecológica, pois permitirão maior segurança nas conclusões;

3) maior regionalização dos ensaios do Projeto EPE-1 pode ser ainda adotada;

4) visando a eliminação da interação cultivar x localidade, o agrupamento para análises conjuntas, de ensaios conduzidos sob condições ecológicas semelhantes é preferível.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos colegas que, pela cuidadosa condução dos ensaios do Projeto EPE-1, nas diversas localidades estudadas, forneceram a valiosa soma de dados que tornou possível a realização deste estudo. Pela impossibilidade de relacionar, sem exceção, todos os executores dos experimentos aqui analisados, é feita apenas menção aos membros

da Comissão Nacional do Milho responsáveis pela condução do Projeto nas localidades estudadas: Engenheiros Agrônomos Bartolomeu F. Uchôa (IPEANE), Jairo Silva (IPEACO), Edmundo Heidrich Sobrinho (IPEAS), José Veríssimo (SARS), Luiz T. Miranda (IAC), Ernesto Paterniani (ESALQ), Cladston Drummond (Agrocere) e Waldemar Jensen (Sementec).

#### REFERÊNCIAS

- Cochran, W.C. & Cox, G.M. 1950. *Experimental designs*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Federer, W.T. 1951. Evaluation of variance components from a group of experiments with multiple classifications. *Res. Bull.* 380, Agric. Exp. Stn, Ames, Iowa.
- 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.
- Ruschel, R. 1969. Análise da produtividade dos cultivares sintéticos e híbridos de milho. *Pesq. agropec. bras.* 5:345-350.
- Silva, W.J. da, Miranda L.T. & Viégas G.P. 1963. Estimativa do progresso genético médio em ensaios de cultivares de milho. *Bragantia* 22:247-258.
- Sprague, G.F. & Federer, W.T. 1951. A comparison of variance components in corn yield trials. II. Error, year x variety components. *Agron. J.* 43:533-541.
- Tippett, L.C.H. 1925. On the extreme individuals and the range of samples taken from a normal distribution. *Biometrika* 17:364.
- Zuber, M.S. 1942. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniformity trials data. *J. Am. Soc. Agron.* 34:30-47.

#### COMPONENTS OF VARIANCE ANALYSES FOR TWO CLASSES OF CULTIVARS AND AVERAGE GENETIC ADVANCE ESTIMATED IN CORN YIELD TRIALS

##### Abstract

This report checks the cultivar x location and cultivar x year interactions, utilizing information furnished by 81 Corn Yield Trials, Project EPE-1 (National Corn Trials), conducted between the crop years 1962/63 and 1967/68. The analysis shows that the effect of location on corn variability was greater than year effect.

Hybrids and varieties were analysed in two different groups, according to the more or less wide genetic bases. A major variability in yield was found among varieties. The hybrid yields showed more stability in the different locations than variety yield, which had a wider genetic base. The varieties showed small variability in different years in the same location.

The average genetic gain was estimated for production, and it was concluded that the number of locations where the trials were conducted, were the most important factor in the insurance of the results of Project EPE-1.

This paper also considers the National Corn Trials and their results.