

Adaptabilidade e estabilidade de produção e estratificação de ambientes com base na classificação de variedades de milho em trinta e um locais.

Cleso Antônio P. Pacheco¹, Hélio Wilson Lemos de Carvalho², Lauro José M. Guimarães¹, Paulo Evaristo de O. Guimarães¹, Walter F. Meirelles¹, Adelmo R. da Silva¹ e Sidney N. Parentoni¹

¹Embrapa Milho e Sorgo, CP. 151, CEP 35701-970, Sete Lagoas - MG. cleso@cpatc.embrapa.br

²Embrapa Tabuleiros Costeiros, CP. 44, CEP 49025-040, Aracaju - SE.

Palavras chave: seleção, variedades, correlação, desvios da regressão, redes de avaliação.

A avaliação de cultivares em ambientes representativos das regiões produtoras é condição *sine qua non* para a recomendação ou posicionamento da cultivar no mercado. A escolha desses ambientes num país com as dimensões do Brasil é um pouco mais complicada quando se considera a cultura do milho, porque envolve cultivos nos mais diversos biomas e regiões, implicando em diversos níveis tecnológicos, diversas épocas de semeadura e diversos graus de riscos de produção, potencializando os efeitos da interação dos genótipos com os ambientes.

O zoneamento agrícola tem dado notável contribuição para a diminuição dos efeitos dos riscos climáticos na produtividade por meio do estabelecimento de práticas agrícolas adequadas como época de semeadura, tipo de solo e cultivar. Uma maior integração das redes de avaliação de cultivares com os trabalhos de zoneamento agrícola poderia, além de facilitar a validação dos dados, permitir um melhor posicionamento das cultivares e estratificação dos ambientes, de modo aumentar a eficiência e reduzir os custos das redes de avaliação.

Entre as técnicas disponíveis para estudar a interação genótipos x ambientes estão a análise de adaptabilidade e estabilidade da produção e a estratificação de ambientes. As primeiras podem ajudar o melhorista a conhecer melhor o comportamento de uma determinada cultivar frente a variação ambiental e tomar decisões sobre o seu posicionamento no mercado, de modo que os agricultores possam explorar ao máximo seu potencial genético. As últimas podem ajudar o melhorista a identificar uma série de ambientes que permita representar experimentalmente a variação ambiental a que uma dada cultivar precisa ser submetida antes de ser liberada para a comercialização.

Na Zona litorânea e do Agreste de grande parte da Região Nordeste, o milho é semeado no mês de maio, num período que se pode denominar de terceira safra, porque é muito cedo para incluir os materiais que irão compor os ensaios da primeira safra e muito tarde para testar os materiais que compuseram os ensaios da segunda safra ou safrinha. Entre os locais que compuseram a rede de Ensaios de variedades de milho da região sudeste centro oeste 2006/2007 está o município de Frei Paulo, representativo do Agreste de Sergipe, onde foram conduzidos dois ensaios.

Os objetivos desse trabalho foram de avaliar a representatividade do Agreste Nordestino na discriminação de trinta e quatro variedades de milho e avaliar a possibilidade de utilização da ordem de classificação (rank) das cultivares em cada ambiente como característica auxiliar na estratificação de ambientes e estimação dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de cultivares.

A rede de Ensaios de variedades da região sudeste centro oeste tem como objetivos reunir e avaliar o comportamento de variedades comerciais e pré-comerciais desenvolvidas em todo o país.

Ano após ano, o ensaio vem crescendo tanto no número de materiais avaliados como na quantidade de ambientes utilizados. Na safra 2006/2007 foi composto por 35 ensaios conduzidos em diversas regiões do Brasil em condições de safra e de safrinha. Foram avaliadas 34 variedades e dois híbridos duplos (BR 201 e BRS 2020) como testemunhas, em látice simples 6x6, em parcelas de duas fileiras de 4,0 m.

Com a baixa germinação das sementes de uma das variedades o ensaio foi analisado em blocos ao acaso com 35 tratamentos. Após as análises individuais foram eliminados os dados de quatro ambientes cujos quadrados médios dos resíduos (QMR) eram maiores que sete vezes o menor QMR. Foram analisadas as características Produção de grãos em kg/ha e a Posição ou “rank” dos materiais, estabelecida pela ordem decrescente de classificação por produtividade em cada repetição do ensaio.

Para a característica Posição dos materiais, uma transformação de dados foi necessária, utilizando-se do artifício de somar aos dados de posicionamento de cada parcela em cada repetição em cada ambiente o valor equivalente ao posicionamento do próprio ambiente ou índice ambiental, de modo que o rank de uma cultivar poderia variar de 1+1 (primeira colocada no ambiente mais favorável) até 35+31 (última colocada no ambiente mais desfavorável).

Com os dados assim transformados foram refeitas as análises de variância, seguidas das análises de adaptabilidade e estabilidade, segundo metodologia de Eberhart e Russell. Para as análises de estratificação de ambientes, segundo algoritmo de Lin, descrito por Cruz e Regazzi (1994), foram acrescentados ao arquivo de dados, as médias gerais do ensaio para as duas características, como se fosse o ambiente 32 ou a+1, para verificar a proximidade de cada ambiente com a média geral. Todas as análises foram feitas por meio do aplicativo computacional GENES (1997).

As variedades apresentaram grande amplitude de variação para produtividade com diferença de 1700 kg/ha entre a mais produtiva (AL 25) e a menos produtiva (BRS Caatingueiro). A AL 25 foi a única variedade que conseguiu equiparar a produtividade do BR 201, que superou as demais variedades mesmo sendo considerado um híbrido muito antigo, está no mercado desde 1987. O outro híbrido duplo, BRS 2020, mesmo apresentando baixos rendimentos, em função de um sério problema de estande resultante do baixo vigor das sementes utilizadas no ensaio, ainda conseguiu competir com as variedades superprecoces, que apresentaram os piores rendimentos médios (Tabela 1).

Entre os dez materiais mais produtivos pode-se identificar quatro candidatas a genótipo ideal pela metodologia de Eberhart e Russell, com adaptabilidade ampla ($B_0 = 1,0$) e estabilidade de produção (desvios da regressão não significativos), entre as quais a BRS 4103, que já é uma variedade comercial (Tabela 1). Interessante destacar nesse grupo o CMS Sintético P, feito com linhagens eficientes na utilização de fósforo, reforçando a importância da seleção em ambientes com estresse ambiental na obtenção de cultivares com boa estabilidade de produção (Pacheco, et alii, 2002).

A correlação entre os B_0 das duas características analisadas foi de -0,99, indicando que a posição ou rank dos materiais leva a resultados equivalentes, o mesmo se podendo dizer sobre a correlação de 0,85 entre os B_1 estimados, levando à conclusões semelhantes sobre a adaptabilidade dos materiais. No entanto, a análise de adaptabilidade e estabilidade usando a posição ou rank permitiu identificar como genótipos ideais pela metodologia de Eberhart e Russell a SHS 500 e a AL 34, que estão entre os cinco materiais mais produtivos do ensaio, além de confirmar os genótipos ideais identificados entre os dez mais produtivos na análise feita para produtividade.

Apesar das semelhanças citadas, as diferenças entre as análises para as duas características aparecem quando se faz comparações entre os desvios da regressão (S^2_d) e os coeficientes de determinação (R^2), com coeficientes de correlação de 0,52 e 0,43, respectivamente. Ainda que pequenas diferenças não significativas sejam suficientes para posicionar um genótipo em relação ao outro, a análise de posição ou rank consegue complementar a informação ao mostrar por exemplo que, mesmo

com média de produção (B0) ligeiramente acima da média do BR 201, a AL 25 esteve na primeira posição do ranking com uma frequência ligeiramente menor. Entretanto, os S²d dos dois materiais mostram que o híbrido apresentou maior variação no posicionamento em função da variação ambiental.

Se a análise do posicionamento no ranking foi coadjuvante importante na análise de adaptabilidade e estabilidade, na análise de estratificação modificada foi fator principal. A incorporação da média geral ou ambiente de número 32 (a+1) ao arquivo dos dados originais facilitou a interpretação e o entendimento da análise de agrupamento. A média geral ou ambiente 32 entrou em terceiro lugar no grupo 1, indicando que os 19 ambientes que compuseram esse grupo permitiram discriminar os genótipos de maneira semelhante à média dos 31 ambientes (Tabela 2). Interessante mencionar que, a exceção de Sinop (MT), em que o ensaio conduzido na safrinha ficou no mesmo grupo do ensaio conduzido na safra, o agrupamento com base na posição ou rank, discriminou muito bem os ensaios conduzidos nesses dois tipos de ambientes.

Como era esperado e desejável, pelas altas correlações com os ambientes, a média geral ou ambiente 32 também entrou na formação dos grupos 2, 3, 4 e 5. Esses 5 grupos apresentaram duas características consideradas importantes para a análise de estratificação ambiental: a) o ambiente 32 foi comum aos cinco grupos, além de ter entrado sempre em posição privilegiada em todos eles, b) à exceção do ambiente 32, nenhum outro ambiente apareceu mais de uma vez em um desses 5 grupos (Tabela 2). Foi verificado ainda que, além dos 5 primeiros grupos, a metodologia propiciou o agrupamento dos ambientes em vários outros grupos pequenos, de dois ou três ambientes, formados com apenas um representante de cada um dos cinco grupos principais de cada vez.

A análise de estratificação de ambientes modificada apresentou uma formação de grupos com grande coerência com as correlações entre cada ambiente e a média geral (Tabela 2) facilitando a interpretação e seleção de ambientes e permitiu verificar que, dependendo da época de semeadura, os resultados obtidos no Agreste Sergipano, na estação experimental de Frei Paulo, foram representativos da primeira safra (Frei Paulo, SE - 2^a época) e da segunda safra ou safrinha (Frei Paulo, SE - 1^a época).

As razões pelas quais a modificação da análise de estratificação de ambientes não funcionou para a produtividade de grãos (kg/ha) serão investigadas em outra ocasião.

Agradecimentos

A todos os pesquisadores cooperadores dos Ensaio de variedades da região sudeste centro oeste pela participação na condução dos ensaios e obtenção dos dados que permitiram a redação desse trabalho, especialmente ao Dr. Everton Diel Souza que conduziu oito ensaios em Mato Grosso.

Referências

- Cruz CD (1997) **Programa Genes**. Editora UFV, Viçosa, 442 p.
- Cruz CD and Regazzi AJ (1994) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária. 390 p.
- Pacheco, CAP; Santos MX, Cruz, CD, Guimarães PEO, Parentoni SN and Gama EEG (2002) Topics on the genetics of maize yield stability. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 2: 345-354.

Tabela 2. Estratificação dos 31 ambientes com base nas características Produtividade (kg/ha) e Posição ou rank por ordem decrescente de produtividade dos 35 tratamentos avaliados no Ensaio de Variedades sudeste centro oeste, na 2006/2007.

	Ambientes	Produtividade (kg/ha)					Posição ou rank				
		Média	Índice	Grupo	Ordem	r	Média	Índice	Grupo	Ordem	r
4	Campo Grande (MS) - I	6031	887	1	11	0,74	29,0	-5	1	1	0,71
5	Campo Grande (MS) - II	6043	899	1	21	0,62	28,0	-6	1	2	0,58
	Média Geral	5144	0	1	2	1,00	34,0	0	1	3	1,00
27	Frei Paulo (SE) - 2ª época	6718	1574	0		0,76	22,0	-12	1	4	0,78
6	Londrina (PR) - CNPSO	6629	1485	0		0,82	24,0	-10	1	5	0,80
11	Ataliba Leonel (SP)	5762	619	1	17	0,74	30,0	-4	1	6	0,67
25	Sete Lagoas (MG) - Orgânico II	3636	-1507	1	23	0,70	41,0	7	1	7	0,72
1	Planaltina (DF)	7831	2688	2	1	0,77	20,0	-14	1	8	0,78
10	Itaocara (RJ)	6151	1007	2	2	0,62	27,0	-7	1	9	0,58
9	Campos dos Goytacazes (RJ)	4984	-160	2	3	0,66	36,0	2	1	10	0,69
3	Inhauma (MG)	6647	1504	1	16	0,62	23,0	-11	1	12	0,64
2	Guarda Mor (MG)	6174	1031	1	18	0,55	26,0	-8	1	13	0,59
23	Sete Lagoas (MG) - Alta adubação	5486	342	1	10	0,61	33,0	-1	1	13	0,63
30	Boa Vista (RR)	5516	373	1	12	0,67	32,0	-2	1	14	0,62
21	Sinop (MT) - safrinha	3382	-1762	1	5	0,33	43,0	9	1	15	0,38
7	Londrina (PR) - Iapar	7508	2364	0		0,73	21,0	-13	1	16	0,68
14	Sinop (MT)	4779	-365	1	9	0,59	38,0	4	1	17	0,65
12	Cáceres (MT)	4811	-332	1	22	0,75	37,0	3	1	18	0,71
13	Rondonópolis (MT)	2161	-2982	1	1	0,66	49,0	15	1	19	0,71
8	Assentamento Zumbi (RJ)	5724	580	1	13	0,67	31,0	-3	1	20	0,64
20	Cáceres (MT)- safrinha	3473	-1671	1	6	0,47	42,0	8	2	1	0,50
26	Frei Paulo (SE) - 1ª época	8665	3521	0		0,60	19,0	-15	2	3	0,59
19	Ataliba Leonel (SP) - safrinha	3131	-2013	1	4	0,46	46,0	12	2	4	0,45
29	Vilhena (RO) safrinha	3344	-1800	1	3	0,38	44,0	10	2	5	0,39
18	Londrina (PR) - CNPSO safrinha	3847	-1296	1	7	0,46	40,0	6	3	1	0,48
15	Tangará da Serra (MT)	5295	151	0		0,39	35,0	1	3	3	0,35
17	Dourados (MS) - CPAO safrinha	3110	-2033	1	14	0,32	47,0	13	3	4	0,35
28	N.Sra. das Dores (SE)	4741	-402	1	8	0,14	39,0	5	3	5	0,19
31	Mucajá (RR)	3004	-2139	1	15	0,41	48,0	14	4	1	0,32
16	São Raimundo das Mangabeiras (MA)	6288	1144	1	20	0,11	25,0	-9	4	3	0,11
22	Tangará da Serra (MT) - safrinha	3284	-1860	1	19	-0,03	45,0	11	5	1	0,00
24	Dourados (MS) - Neca safrinha	5295	152	0		0,36	34,0	0	5	3	0,32

Onde: Grupo mostra os grupos formados na análise de estratificação para cada característica e Ordem mostra a ordem de entrada de cada ambiente no respectivo grupo, sendo que nos grupos 2,3,4, e 5, o número 2 faltante se refere à ordem de entrada da média geral no grupo; r é o coeficiente de correlação dos ambiente com a média média geral;

Tabela 1. Análise de adaptabilidade e estabilidade para as características Produtividade em kg/ha e Posição ou rank, de 33 variedades e dois híbridos duplos em 31 ambientes na safra 2006/2007.

	Genótipo	Produtividade (kg/ha)								Posição ou rank									
		B0	B1	t (B1=1)	Probab	S ² d	Probab	R ² (%)	B0	B1	t (B1=1)	Probab	S ² d	Probab	R ² (%)				
1	AL 25	5722	1.04	0.66	51.71	NS	286645	0.04	**	84.13	27.79	1.15	1.26	20.57	NS	16.24	5.06	*	69.10
13	BR 201	5712	1.15	2.55	1.06	**	189970	0.83	**	88.73	27.74	1.29	2.47	1.32	*	28.09	0.51	**	69.57
26	SHS 500EX	5577	1.10	1.80	6.78	NS	221702	0.33	**	87.20	28.58	1.07	0.63	53.47	NS	15.69	5.56	NS	66.46
2	AL 34	5516	1.13	2.23	2.44	*	-45462	100.00	NS	94.24	29.53	1.14	1.20	22.69	NS	-0.25	100.00	NS	76.68
16	BRS Caimbé	5499	1.10	1.78	7.16	NS	136296	3.39	*	89.24	29.61	1.08	0.70	50.75	NS	35.15	0.11	**	59.10
14	CMS Sintético P	5459	1.03	0.55	58.86	NS	50851	21.32	NS	90.31	30.50	1.06	0.53	59.98	NS	7.00	21.04	NS	70.14
30	CEPAF 2	5458	1.05	0.82	58.22	NS	-13055	100.00	NS	92.41	30.13	0.97	-0.27	78.13	NS	6.38	22.81	NS	66.43
6	AL Ipiranga	5431	1.11	1.90	5.43	NS	143010	2.87	*	89.19	30.89	1.24	2.02	4.14	*	34.23	0.13	**	65.68
11	CMS VSL FB 33	5427	1.07	1.19	23.40	NS	-27651	100.00	NS	93.10	30.58	1.09	0.79	56.60	NS	5.58	25.27	NS	72.02
32	BRS 4103	5424	1.10	1.68	8.82	NS	448	46.38	NS	92.67	30.24	1.20	1.69	8.66	NS	-0.51	100.00	NS	78.52
35	MC 20	5390	1.24	4.13	0.01	**	44866	23.70	NS	93.18	31.32	1.44	3.75	0.03	**	13.88	7.54	NS	78.71
5	AL Manduri	5385	1.00	0.06	95.05	NS	-117173	100.00	NS	95.20	31.06	0.92	-0.68	50.68	NS	-5.14	100.00	NS	71.45
10	CMS Sintético 256 L	5365	0.93	-1.23	21.53	NS	-85316	100.00	NS	93.23	30.89	0.68	-2.70	0.70	**	1.62	39.75	NS	52.78
4	AL Bandeirante	5362	1.02	0.38	70.88	NS	-31559	100.00	NS	92.63	31.23	1.00	0.03	97.62	NS	4.16	30.04	NS	69.22
17	BRS Eldorado	5351	1.19	3.29	0.12	**	64320	16.60	NS	92.21	31.90	1.43	3.67	0.04	**	9.15	15.62	NS	80.18
3	CMS Sintético RxS Spod	5341	0.98	-0.28	77.78	NS	99963	7.95	NS	87.95	31.21	0.78	-1.85	6.15	NS	21.23	2.03	*	48.67
7	AL Piratininga	5334	1.04	0.77	55.29	NS	82960	11.44	NS	89.62	31.89	1.06	0.50	62.54	NS	20.87	2.18	*	63.53
22	Fundacep 34	5334	0.92	-1.38	16.35	NS	30161	30.27	NS	88.86	31.16	0.80	-1.67	9.06	NS	19.24	2.95	*	50.88
29	CMS Sintético 1 X	5232	1.04	0.78	55.85	NS	124439	4.52	*	88.49	33.39	1.00	0.00	99.40	NS	19.55	2.79	*	61.45
33	BR 106 A	5195	1.13	2.31	1.99	*	375215	0.00	**	84.42	33.65	1.20	1.69	8.63	NS	38.75	0.05	**	62.78
34	UFV 8	5148	1.04	0.70	51.12	NS	66100	16.05	NS	90.02	33.92	1.04	0.33	74.06	NS	17.95	3.74	*	63.93
23	Fundacep 35	5113	0.98	-0.30	76.25	NS	14259	38.48	NS	90.59	35.23	0.98	-0.15	87.75	NS	15.56	5.68	NS	62.44
20	SCC 154 - Fortuna	5108	0.96	-0.72	51.98	NS	-65833	100.00	NS	92.92	35.00	0.92	-0.66	51.68	NS	-7.59	100.00	NS	73.29
27	Sindentado	5083	0.90	-1.78	7.15	NS	11141	40.21	NS	89.05	35.08	0.66	-2.90	0.39	**	5.92	24.19	NS	48.19
8	BR 106 c9	4930	1.11	1.85	6.09	NS	39999	25.76	NS	91.74	37.77	1.30	2.59	0.96	**	10.12	13.57	NS	76.65
25	Missões	4896	0.96	-0.61	54.64	NS	196768	0.68	**	84.61	36.68	0.97	-0.27	78.63	NS	35.81	0.09	**	53.44
24	CMS Sintético SP1	4843	0.92	-1.48	13.42	NS	-29980	100.00	NS	90.92	38.39	0.89	-0.95	65.59	NS	7.25	20.35	NS	62.01
21	CPATC 4	4830	0.92	-1.38	16.35	NS	65266	16.31	NS	87.64	38.23	0.95	-0.46	64.77	NS	17.94	3.74	*	59.50
18	BRS PLANALTO	4810	0.84	-2.86	0.44	**	196278	0.69	**	80.53	37.03	0.70	-2.59	0.94	**	7.16	20.60	NS	50.08
31	CMS Sintético Nacional	4722	0.98	-0.41	68.82	NS	313219	0.02	**	81.73	38.74	0.96	-0.31	75.65	NS	35.48	0.10	**	53.31
9	CMS VSL 142 C 60	4593	0.83	-2.89	0.40	**	-3875	100.00	NS	88.16	40.71	0.64	-3.09	0.22	**	-0.62	100.00	NS	50.89
19	BRS Sol da manhã	4559	0.86	-2.41	1.54	*	-28822	100.00	NS	89.84	41.34	0.77	-1.96	4.73	*	4.02	30.52	NS	57.07
28	CMS Sint QPM Sul 2	4455	0.88	-2.04	3.88	*	71467	14.45	NS	86.47	42.85	0.99	-0.11	91.02	NS	6.86	21.44	NS	67.05
12	BRS 2020	4410	0.75	-4.41	0.00	**	637262	0.00	**	62.48	41.06	0.95	-0.43	67.36	NS	4.99	27.17	NS	66.37
15	BRS Caatingueiro	4009	0.70	-5.25	0.00	**	351442	0.01	**	68.23	44.68	0.67	-2.81	0.51	**	17.56	4.01	*	42.64