

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS DE ARROZ DE SEQUEIRO TESTADAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS¹

ANDRÉ LUIZ ATROCH²

ANTÔNIO ALVES SOARES³

MAGNO ANTONIO PATTO RAMALHO⁴

RESUMO - Uma das etapas mais trabalhosas e onerosas dos programas de melhoramento genético é a avaliação de linhagens antecedendo a recomendação de novas cultivares. Isso porque exige a condução de experimentos numa grande amplitude de condições ambientais e com a maior precisão possível. No Estado de Minas Gerais, o programa de melhoramento genético do arroz de sequeiro é conduzido em vários locais durante três anos, em dois sistemas de cultivo, sequeiro tradicional e sequeiro irrigado por aspersão. Dessa forma, é esperada a ocorrência da interação genótipos por ambientes. Este trabalho teve como objetivos avaliar a adaptabilidade e estabilidade de nove linhagens de arroz de sequeiro testadas no triênio 1993/94, 1994/95 e 1995/96, em quatro locais, bem como quantificar as interações genótipos x variáveis ambientais e verificar quais dentre elas contribuem mais para a interação genótipos x ambientes. Para isso, foram realizadas as

análises de variância individuais e conjunta dos materiais testados no período. Para avaliação da adaptabilidade e estabilidade, utilizaram-se os métodos de Lin e Binns (1988), Cruz, Torres e Vencovsky (1989) e Annicchiarico (1992). A interação genótipos por sistemas foi não-significativa, não havendo necessidade de testar as novas linhagens nos dois sistemas. A opção é que elas sejam avaliadas no sistema de sequeiro tradicional por sua maior similaridade com o sistema de cultivo predominante entre os produtores de arroz da região central do Brasil. A magnitude da variância da interação genótipos por locais foi maior do que a magnitude da variância da interação genótipos por anos, sugerindo que as avaliações sejam realizadas em um maior número de locais. Os materiais diferiram quanto à estabilidade da produtividade de grãos, com destaque para a cultivar Canastra e a linhagem CNA 6975-2. Por outro lado, as cultivares Maravilha e Confiança e a linhagem CNA 7911 mostraram-se instáveis.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Adaptabilidade, estabilidade, arroz.

ADAPTABILITY AND STABILITY OF LINEAGES OF UPLAND RICE EVALUATED IN MINAS GERAIS

ABSTRACT - The evaluation of lineages is one of the most difficult and onerous stages of genetic improvement programs, because it demands the conduction of experiments in a great variety of environments, with great precision. In Minas Gerais, the upland rice genetic breeding program has been conducted in several places for a period of three years, in two cultivation systems, traditional upland rice system and aspersation-irrigated rice system. The present work had as objectives, to evaluate the adaptability and stability of the nine rice cultivars tested in the three-years period 1993/94, 1994/95 and 1995/96, in four

locations, as well as to quantify the genotypes x environmental variables interaction and to verify which among them contribute most to the genotypes x environment interaction. For that, the individual analyses of variance and joint analyses by three-years period have been accomplished. For evaluation of the adaptability and stability it was used the methods of Lin and Binns (1988), Cruz, Torres and Vencovsky (1989) and Annicchiarico (1992). The genotype x systems interaction was not significant, so there is no need to test the new lineages in the two systems. The option is to evaluate them in a traditional upland rice system

1. Parte da dissertação do primeiro autor, apresentada à UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA), como parte das exigências para obtenção do grau de "Mestre" em Genética e Melhoramento de Plantas

2. Engenheiro Agrônomo, M.Sc., EMBRAPA/CPAA, Caixa Postal 319, 69.048-660, Manaus, AM

3. Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da UFLA/DAG, Caixa Postal 37, 37.200-000, Lavras, MG

4. Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da UFLA/DBI, Caixa Postal 37, 37.200-000, Lavras, MG

because it is very similar to the predominant rice farmer's production system of the central Brazil. The magnitude of the variance of the genotype x location interaction was larger than the magnitude of the variance of the genotype x year interaction, suggesting that the evaluations should be accomplished in a larger

number of locations. The materials differed with regard to the stability of grain yield, with prominence to cultivar Canastra and the lineage CNA 6975-2. On the other hand, the cultivars Maravilha and Confiança and the lineage CNA 7911 had been shown unstable

INDEX TERMS: Adaptability, stability, rice.

INTRODUÇÃO

Uma das etapas mais trabalhosas e onerosas dos programas de melhoramento genético é a avaliação das linhagens antecedendo a recomendação de novas cultivares. Isso porque exige a condução de experimentos numa grande amplitude de condições ambientais e com a maior precisão possível.

Para tornar a recomendação de cultivares o mais segura possível, é necessário o estudo da adaptabilidade e estabilidade. Nesse contexto, há na literatura inúmeras metodologias que podem ser utilizadas (Eberhart e Russel, 1966; Verma, Chahal e Murty, 1978; Silva e Barreto, 1985). Essas metodologias diferem nas estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade e sobretudo na sua interpretação. Constantemente são propostas novas metodologias visando à maior facilidade de cálculo e, principalmente, de interpretação. Assim, os melhoristas devem identificar entre as metodologias disponíveis aquelas que são mais apropriadas à sua espécie e, principalmente, aos seus objetivos.

No Estado de Minas Gerais, o programa de melhoramento genético do arroz de sequeiro é conduzido em diversas condições ambientais e para efeito de avaliação de linhagens, utilizaram-se duas distintas: sequeiro tradicional e sequeiro irrigado por aspersão. Nessas condições é esperada a ocorrência da interação de genótipos por ambientes. A quantificação das interações e sobretudo das estimativas de parâmetros que avaliam a adaptabilidade e estabilidade, é de fundamental importância. Além do mais, verificar quais dentre as variáveis ambientais, locais, anos ou sistemas de cultivo, que mais contribuem para a interação, é uma informação que irá contribuir para o planejamento dos futuros trabalhos de avaliação de linhagens de arroz. Paterniani (1986), comenta que, caso ocorresse a interação cultivar x época de semeadura, seria mais aconselhável a condução dos ensaios de avaliação de cultivares em um maior número de épocas e em um menor número de locais.

Trabalhos nesse sentido têm sido conduzidos e destacam a importância do conhecimento das intera-

ções dos genótipos x variáveis ambientais. Souza et al. (1991), concluíram que na condução dos ensaios em locais mais representativos da produção, e em alguns deles, proceder-se à avaliação dos materiais em um maior número de épocas, seria mais interessante para uma melhor recomendação de cultivares. Gonçalves (1997), verificou que a interação das cultivares com anos dentro de locais foi mais expressiva do que entre locais, indicando a necessidade de que as avaliações de cultivares na safrinha sejam realizadas num maior número de anos.

Dessa forma foi realizado o presente trabalho visando a avaliar a adaptabilidade e estabilidade das linhagens de arroz de sequeiro testadas em vários locais durante três anos, bem como quantificar as interações genótipos x variáveis ambientais e verificar quais dentre elas contribuem mais para a interação genótipos por ambientes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de produtividade de grãos (kg/ha) dos ensaios comparativos avançados (ECA's) de arroz de sequeiro conduzidos em Minas Gerais, em três anos agrícolas, 1993/94, 1994/95 e 1995/96, nas localidades de Felixlândia, Lambari, Lavras e Patos de Minas em dois sistemas de cultivo: irrigado por aspersão e sequeiro tradicional.

Nesses experimentos, foram avaliadas várias linhagens provenientes do programa cooperativo de melhoramento de arroz, desenvolvido em Minas Gerais. Contudo, neste trabalho, foram utilizadas nove linhagens e cultivares: Guarani, Douradão, Caiapó, Confiança, CNA 7911, Maravilha, CNA 6975-2, Canastra e CNA 7024, que foram comuns no triênio avaliado.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições. A parcela foi constituída de cinco linhas de 5 m de comprimento e a área útil das três linhas centrais eliminado-se 0,50 m das extremidades. O espaçamento foi de 0,40 m entre linhas com a densidade de 60 sementes viáveis por metro linear. As práticas culturais adotadas foram as usuais da cultura.

Inicialmente, procedeu-se às análises de variância individuais para cada experimento e, posteriormente, à análise conjunta do triênio 1993/94, 1994/95 e 1995/96, utilizando-se os materiais e locais comuns, considerando fixos os efeitos de genótipos e sistemas de cultivo, e aleatórios os efeitos de locais e anos, conforme Atroch (1999). Em razão da não-homogeneidade de variância, os graus de liberdade para as interações e para o erro médio foram ajustados segundo o método de Cochran (1954), citado por Pimentel Gomes (1978).

Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram estimados pelas metodologias de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992), de acordo com os seguintes modelos estatísticos:

a) Metodologia de Cruz, Torres e Vencovsky (1989):

$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \beta_{2i} T(I_j) + L_{ij} + \bar{e}_{ij}$, em que:

β_{0i} : média do cultivar i ;

β_{1i} : coeficiente de regressão dos ambientes desfavoráveis;

β_{2i} : coeficiente de regressão dos ambientes favoráveis;

I_j : índice ambiental codificado;

$T(I_j) = 0$ se $I_j < 0$

$T(I_j) = I_j - \bar{I}_+$ se $I_j > 0$, sendo $\bar{I}_+$ a média dos índices I_j positivos

L_{ij} : desvio da regressão de cada cultivar, em função das variações ambientais;

$\bar{e}_{ij}$: erro experimental médio.

b) Metodologia de Lin e Binns (1988):

$P_i = \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - M_j)^2 / 2n$, em que:

P_i : índice de estabilidade do genótipo i ;

Y_{ij} : produtividade do genótipo i no ambiente j ;

M_j : Produtividade do genótipo com resposta máxima entre todos os genótipos no ambiente j ;

n : número de ambientes.

Desdobramento da expressão:

$P_i = [n(Y_i - \bar{M})^2 + \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i - M_j + \bar{M})^2] / 2n$,

em que:

$Y_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} / n$: média do genótipo i ;

$\bar{M} = \sum_{j=1}^n M_j / n$: média dos genótipos com resposta máxima.

c) Metodologia de Annicchiarico (1992):

$I_i = Y_i - Z_{(1-K)} * S_i$, em que:

I_i : índice de confiança (%);

Y_i : média do genótipo i em percentagem;

Z : percentil $(1-K)$ da função de distribuição normal acumulada;

K : nível de significância;

S_i : desvio padrão dos valores percentuais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se diferença significativa para os três fatores ambientais, isto é, sistema, locais e anos. Embora não se tenha detectado diferença significativa entre as cultivares avaliadas, as interações envolvendo cultivares x fatores ambientais, exceto cultivares por sistemas ($G \times S$), foram significativas (Tabela 1). Isto indica que, na média dos ambientes o desempenho das cultivares avaliadas foi semelhante, entretanto, o comportamento delas não foi coincidente nos diferentes ambientes. Nessa condição é importante estudar mais detalhadamente a interação e verificar se há diferença entre as cultivares com relação a estabilidade.

A ausência de discriminação dos materiais, quanto à adaptabilidade, pode ser atribuída, em princípio à baixa precisão experimental. Entretanto, vale ressaltar que os materiais envolvidos na análise do triênio foram selecionados nos ECA's, ou seja, são materiais elite que possuem altas produtividades de grãos. Este fato reforça que a precisão experimental deve ser maior, para que se possam identificar pequenas diferenças entre as linhagens avaliadas.

Com relação aos ambientes envolvidos nas avaliações, vale ressaltar que entre os locais, as condições mais favoráveis à cultura ocorreram em Felixlândia, onde a produtividade média de grãos foi 20,7% superior a média geral dos experimentos. O contrário ocorreu em Patos de Minas, cuja média foi 22,3% abaixo da média geral. Como era esperado, o melhor desempenho das cultivares foi obtido nos experimentos irrigados. Observou-se que a irrigação, independente do ano e do local, contribuiu com um incremento de 36,7% em relação ao não irrigado. O ano agrícola de 1995/96 foi o que proporcionou uma melhor condição ambiental para que os materiais tivessem uma maior produtividade de grãos em relação aos demais anos, independente do local e do sistema de cultivo (Tabela 2).

TABELA 1 - Análise de variância conjunta envolvendo sistemas de cultivo, locais e anos, para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro conduzidos no triênio agrícola 1993/94, 1994/95 e 1995/96.

FV	GL	QM/1000	P ($F > F_0$)
Blocos/(Sistemas/Locais/ Anos)	48	576,172	--
Genótipos (G)	8	3271,169	0,3334
Sistemas (S)	1	135073,787	0,0075
Locais (L)	3	54275,250	0,0338
Anos (A)	2	163504,537	0,0015
G x S	8 (8)	302,130	0,9987
G x L	24 (47)	2129,744	0,0000
G x A	16 (27)	1464,508	0,0267
S x L	3 (6)	1021,703	0,9974
S x A	2 (3)	4879,346	0,7620
L x A	6 (10)	12207,476	-0,0000
G x S x L	24 (95)	459,207	0,2341
S x L x A	6 (14)	12342,317	-0,0000
G x L x A	48 (109)	850,846	0,0000
G x S x A	16 (78)	1189,834	0,0000
G x S x L x A	48 (119)	397,645	0,0079
Erro Médio	384 (244)	274,009	--
Média Geral (kg/ha)	2944		
CV (%)	17,77		

- Graus de liberdade, entre parêntesis, ajustados pelo método de Cochran (1954), citado por Pimentel Gomes (1978), utilizados no teste F.

TABELA 2 - Produtividade média de grãos (kg/ha), por sistemas de cultivo*, locais e anos, obtidas nos experimentos de avaliação de cultivos de arroz de sequeiro conduzidos no triênio 1993/94, 1994/95 e 1995/96.

Anos												
Sistemas/Locais	1993/94			1994/95			1995/96			Conjunta**		
	I	T	Média	I	T	Média	I	T	Média	I	T	Média
Felixlândia	3171	2970	3071	4651	1793	3223	4430	4299	4365	4084	3021	3553 a
Lavras	3748	2646	3197	3320	2292	2806	4025	3697	3860	3697	2878	3288 a
Lambari	3370	2102	2736	1382	940	1161	4304	3798	4051	3019	2280	2650 ab
Patos de Minas	2361	1562	1961	1909	1265	1587	4142	2491	3317	2804	1773	2288 b
Média	3163	2320	2741 B	2815	1573	2194 B	4225	3571	3898 A	3401 A	2488 B	2944

* I - Sistema de sequeiro irrigado por aspersão; T - Sistema de sequeiro tradicional.

** Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

Em relação às interações, constatou-se que a interação G x S foi não-significativa indicando não haver necessidade de se testar o mesmo grupo de cultivares nos dois sistemas de cultivo, ou seja, as cultivares se classificaram do mesmo modo nos dois sistemas de cultivo avaliados (Tabela 1).

As diferenças significativas das interações G x L e G x A, por sua vez, revelam que a classificação dos materiais não foi coincidente nos locais e anos de avaliação, respectivamente. Considerando as esperanças dos quadrados médios, foram estimados os componentes de variância das interações. Constatou-se que a magnitude da variância da interação genótipos por locais ($\sigma_{GL}^2 = 63.155,00$) foi mais expressiva do que magnitude da variância da interação genótipos

por anos ($\sigma_{GA}^2 = 22.728,00$), indicando que é mais vantajoso testar os materiais em um maior número de locais, do que em um maior número de anos, sendo esta uma informação de grande importância para orientar trabalhos futuros de avaliação de cultivares e sua recomendação para os agricultores.

Nesse caso, os testes regionais devem ser realizados em um maior número de locais por dois anos, optando-se pelo sistema de cultivo de sequeiro tradicional, tendo em vista que a interação genótipos por sistemas foi não significativa e, também, a maior similaridade com o sistema de cultivo utilizado pelos produtores de arroz.

A classificação das cultivares quanto à estabilidade foi, de um modo geral, semelhante nos três métodos (Tabelas 3 e 4).

TABELA 3 - Estimativas dos parâmetros de estabilidade obtidas pelo método proposto por Cruz, Torres e Vencovsky (1989), para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro nos dois sistemas de cultivo, conduzidos no triênio agrícola 1993/94, 1994/95 e 1995/96.

Genótipos	Médias nos ambientes			S_{11}	$S_{11}+S_{21}$	R^2 (%)
	Geral	Desfavorável	Favorável			
Canastra	3184	1980	4203	1,10ns	1,13ns	89,97
Guarani	3137	2304	3841	0,72**	1,09ns	78,42
CNA 7024	3098	2160	3891	0,94ns	0,73ns	84,03
Douradão	3023	2218	3704	0,73**	0,90ns	72,67
Caiapó	3022	1839	4024	1,12*	0,87ns	87,12
CNA 6975-2	3006	1852	3983	1,10ns	1,03ns	88,29
Maravilha	2782	1420	3934	1,29**	1,12ns	87,37
CNA 7911	2634	1725	3404	0,89ns	0,80ns	81,14
Confiança	2618	1477	3582	1,10ns	1,32*	86,49

*, **: Significativamente diferente de um, pelo teste t, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns: Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 4 - Estimativas dos parâmetros de estabilidade obtidas pelos métodos propostos por Lin e Binns (1988b) e Annicchiarico (1992), para produtividade de grãos (kg/ha), dos experimentos de avaliação de cultivares de arroz de sequeiro nos dois sistemas de cultivo, conduzidos no triênio agrícola 1993/94, 1994/95 e 1995/96.

Genótipos	Média	$P_i/1000^*$	Desvio/1000		Contribuição para a interação (%)	I_i^{**}
			Genético	Interação		
Canastra	3184	893,970	630,018	263,952	5,83	96,30
Guarani	3137	1167,971	725,957	442,014	9,76	89,91
CNA 7024	3098	1378,485	809,694	568,791	12,56	90,08
Douradão	3023	1575,924	983,306	592,618	13,09	87,25
Caiapó	3022	1542,714	984,487	558,227	12,33	88,18
CNA 6975-2	3006	1443,593	1023,999	419,594	9,27	89,18
Maravilha	2782	2192,076	1656,070	536,006	11,84	67,40
CNA 7911	2634	2715,286	2152,657	562,629	12,43	71,34
Confiança	2618	2796,799	2213,882	582,917	12,88	68,23
Média	2944					
Nº de Ambientes	24					

* Ponto de corte (Cut Off Point) = $F(0,05) \cdot Q_{\text{merro}} = 431,198$. P_i menor que este valor não difere significativamente do máximo ($p < 0,05$).

** O nível de significância adotado foi de 0,25.

A metodologia de Cruz, Torres e Vencovsky (1989) é baseada na análise de regressão segmentada e tem, como parâmetros de adaptabilidade, a média (β_{0i}) e a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (β_{1i}) e aos ambientes desfavoráveis ($\beta_{1i} + \beta_{2i}$). A estabilidade dos materiais é avaliada pelo coeficiente de determinação da reta (R^2). Os resultados dessa metodologia são mostrados na Tabela 3, tendo destacado-se a cultivar Canastra com uma ampla adaptabilidade, além de possuir uma boa estabilidade, indicada por sua maior previsibilidade de comportamento ($R^2 = 89,97\%$). Por sua vez, os demais materiais também apresentaram-se com boa estabilidade com R^2 variando de 72,67% (Douradão) a 88,29% (CNA 6975-2). Os materiais 'Guarani', 'Douradão' e 'Maravilha' são adaptados aos ambientes desfavoráveis, por apresentarem menores valores de β_1 e não responderem à melhoria das condições ambientais, cuja resposta só foi observada na cultivar Confiança

($\beta_1 + \beta_2 = 1,32^*$), que por sua vez, apresenta uma menor adaptabilidade (2618 kg/ha).

A metodologia de Lin e Binns (1988) baseia-se na estimativa do parâmetro P_i , que mede o desvio da produtividade de uma cultivar em relação ao máximo em cada um dos ambientes. A cultivar ideal é aquela com menores valores de P_i e menor contribuição para a interação genótipos por ambientes. Por essa metodologia, os materiais 'Canastra', 'CNA 6975-2' e 'Guarani' apresentaram desempenho próximo do máximo de cada ambiente, ou seja, menores estimativas de P_i . Contudo, a linhagem CNA 7024, embora apresentasse pequena estimativa de P_i , contribuiu com 12,56% para a interação devendo, nesse caso, ser preterida em relação às demais (Tabela 4).

O método de Annicchiarico (1992), utiliza o índice de confiança (I_i) da performance de uma determinada cultivar com relação à média do ambiente. Esse método, estima a probabilidade de uma determi-

nada cultivar apresentar desempenho abaixo da média do ambiente. Neste trabalho, a cultivar Canastra ($I_1=96,30$) e a linhagem CNA 7024 ($I_1=90,08$) foram as de menor risco de serem adotadas pelos produtores.

O pior desempenho foi o da cultivar Maravilha que pode, apresentar desempenho até 32,60% abaixo da média ambiental (Tabela 4).

Os três procedimentos citados forneceram resultados semelhantes. Contudo, o método da regressão é de interpretação mais difícil e possui algumas restrições (CROSSA, 1990). Os outros dois, embora pouco difundidos são de fácil estimativa e sobretudo de interpretação e deveriam ter seu uso incrementado no futuro.

CONCLUSÕES

Os materiais diferiram quanto à estabilidade da produtividade de grãos, com destaque para a cultivar Canastra e a linhagem CNA 6975-2. Por outro lado, as cultivares Maravilha e Confiança e a linhagem CNA 7911 mostraram-se instáveis.

A interação genótipos por sistemas foi não-significativa, não havendo necessidade de testar as novas linhagens nos dois sistemas. A opção é que elas sejam avaliadas no sistema de sequeiro tradicional por sua maior similaridade com o sistema de cultivo predominante entre os produtores de arroz da região central do Brasil.

A magnitude da variância da interação genótipos por locais foi maior do que a magnitude da variância da interação genótipos por anos, sugerindo que as avaliações sejam realizadas em um maior número de locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of Genetic & Breeding*, Rome, v.46, n.3, p.269-278, Sept. 1992.
- ATROCH, A. L. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro avaliadas em Minas Gerais no período de 1993/94 a 1995/96. Lavras: UFLA, 1999. 67p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- CROSSA, J. Statistical analyses of multilocation trials. *Advances in Agronomy*, New York, v.44, p.55-85, 1990.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de; VENCovsky, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.12, n.3, p. 567-580, set. 1989.
- EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, v. 6, n.1, p.36-40, Jan./Feb. 1966.
- GONÇALVES, F. M. A. Estabilidade e adaptabilidade de cultivares de milho avaliadas em "safriinha" no período de 1993 a 1995. Lavras: UFLA, 1997. 87p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v.68, n.1, p.193-198, Jan. 1988.
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 8.ed. Piracicaba: Nobel, 1978, 430p.
- PATERNIANI, E. Interação genótipo x ambiente em climas tropicais e subtropicais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., 1986, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: EMBRAPA-CNPMS, 1986. p.378-382.
- SILVA, J. G.; BARRETO, J. N. Aplicação da regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo por ambiente. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRÔNOMICA, 1., Piracicaba, 1985. *Resumos...* Piracicaba, Fundação Cargill, 1985. p.49-50.
- SOUZA, F. R. S. de; RAMALHO, M. A. P.; OLIVEIRA, A. C. de; SANS, L. M. A. Estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.26, n.6, p.885-892, jun. 1991.
- VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitation of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v.53, p.89-91, Jan. 1978.