

ESTUDO DO ZONEAMENTO DA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL PARA A CULTURA DO MILHO¹

CELIA MARIA TORRES CORDEIRO² e JOÃO GILBERTO CORRÊA DA SILVA³

RESUMO - Faz-se uma apreciação crítica do atual zoneamento da região Centro-Sul do Brasil para a cultura do milho, a partir da análise das interações cultivar x local, e oferecem-se alguns subsídios para o seu aperfeiçoamento, utilizando-se os resultados do Ensaio Nacional de Milho, referentes aos anos de 1974/1975, 1975/1976 e 1976/1977. Os locais foram classificados de acordo com a similaridade de seus padrões de interação, adotando-se método de análise de conglomeração, conhecido como "ligação média não ponderada". Os resultados mostraram a presença de dois núcleos principais de agregação que se identificam com aqueles, atualmente representados por locais das regiões Centro e Sul, e indicaram a possibilidade de se aperfeiçoar o atual zoneamento pela definição de novas regiões. Entretanto, a proposição de um novo zoneamento foi inviável, dada a inadequação do material para tal propósito e a complexidade do problema.

Termos para indexação: análise de conglomeração, milho, zoneamento, interação genótipo x ambiente.

THE SOUTH-CENTRAL ZONING OF BRAZIL FOR CORN CROPS

ABSTRACT - A critical appraisal of the present zoning of the Center-South Region of Brazil for the corn crop is made, based on the cultivar by location interaction. Results of the National Corn Experiment in the years 1974/1975, 1975/1976 and 1976/1977 were used. Locations were clustered according to the similarity of their interaction pattern by a clustering method known as "average linkage unweighted". The results showed the presence of two nuclei that can be identified with the actual Center and South regions, and suggested the possibility of some improvement of the present zoning. However, a new regionalization is not proposed due to the inadequacy of the data for that purpose and the complexity of the problem.

Index terms: cluster analysis, corn, zoning, genotype by environment interaction.

INTRODUÇÃO

A presença de interação genótipo x ambiente é um ponto crítico em pesquisas de melhoramento genético de plantas cultivadas. Ela revela que os genótipos não mantêm um padrão de comportamento consistente quando expostos a uma gama de ambientes variáveis no tempo e no espaço. Isto significa que, em geral, é inviável a obtenção de uma cultivar uniformemente superior para o conjunto de ambientes sob consideração. Por esta razão, há uma concordância geral entre os melhoristas sobre a importância fundamental da interação entre o genótipo e o ambiente na obtenção de melhores cultivares. Entretanto, não se encontra

concordância geral quanto ao que se deve pesquisar com referência a essas interações e nem quanto ao modo de como explorá-las.

Entre os métodos propostos para o estudo das interações genótipo x ambiente, segundo um enfoque prático, isto é, sem preocupação com o esclarecimento das causas intrínsecas, uns são voltados para a regionalização de locais e outros para o estudo da estabilidade de cultivares. Estas duas abordagens consistem no seguinte:

1. Subdivisão de uma área heterogênea, para a qual as cultivares estão sendo melhoradas, em regiões de modo que cada uma delas forme um ambiente mais homogêneo, e tenha suas cultivares apropriadas.

2. Introdução de cultivares que mostrem um alto grau de estabilidade em seu comportamento sobre uma grande área.

Os métodos utilizados para regionalização podem ser agrupados em duas categorias gerais. Uma delas se fundamenta, principalmente, nas características ambientais e procura ajustar as necessidades da cultura às disponibilidades ambientais existentes, trabalhando diretamente com as diferenças dos fatores ambientais e conferindo um valor se-

¹ Aceito para publicação em 5 de fevereiro de 1980. Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor à Universidade de Brasília para obtenção do título de Mestre em Estatística e Métodos Quantitativos, em novembro de 1978. Trabalho apresentado na 10^a Conferência Internacional de Biometria, realizada em Guarujá, SP, em agosto de 1979.

² Eng^o Agr^o, M.Sc., Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (UEPAE) - EMBRAPA, Caixa Postal 11-1316, CEP 70.000 - Brasília, DF.

³ Eng^o Agr^o, Ph.D., Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - (EMBRAPA), Caixa Postal 11-1316, CEP 70.333 - Brasília, DF.

cundário à influência destes fatores sobre o genótipo. A outra linha metodológica parte das reações dos genótipos quando expostos a diversas condições ambientais, trabalhando com o efeito dos fatores ambientais sobre o genótipo, sem requerer um conhecimento específico dos fatores ambientais responsáveis pelos diferentes comportamentos dos genótipos.

Entre os autores que utilizam a primeira metodologia estão Pascale & Mota (1966), que estudam as características climáticas do Estado do Rio Grande do Sul e determinam os tipos agroclimáticos para a cultura do trigo naquele estado. Mota et al. (1974) apresentam uma proposta de zoneamento agroclimatológico do Estado do Rio Grande do Sul para várias culturas. As dificuldades do uso de tal método iniciam pelas deficiências das informações detalhadas que ele exige, e terminam na pouca valoração da diversidade de reações que caracterizam as relações genótipo x ambiente.

Dentro da segunda linha de tratamento, referida anteriormente, convém citar, de início, Allard & Bradshaw (1964). Estes autores caracterizam as variações ambientais em previsíveis e não previsíveis. As primeiras se referem às características permanentes do ambiente, tais como aquelas relativas a condições gerais de clima e de solo, assim como aquelas que podem ser determinadas pelo homem (tecnológicas). Os efeitos destas variações são identificados com a interação cultivar x local e podem ser controlados por meio da regionalização de locais. As variações não previsíveis decorrem de flutuações atribuíveis ao tempo, tais como: quantidade e distribuição de chuvas, variações de temperatura e outras. Os seus efeitos se identificam com a interação cultivar x ano, estando o seu controle relacionado principalmente com a obtenção de cultivares estáveis. O aspecto que merece particular destaque neste trabalho é a caracterização da própria planta como instrumento de medida das variações ambientais previsíveis.

Horner & Frey (1957), McCain & Schultz (1959), Liang et al. (1966) estudam problemas de zoneamento de diversas áreas dos Estados Unidos para várias culturas, adotando as reações das próprias cultivares ao ambiente como fundamento para suas proposições de zoneamento. As técnicas usadas por estes autores fundamentam-se, basicamente,

na análise de variância, aliada, no caso de Liang et al. (1966), a alguma informação sobre os fatores ambientais.

Abou-El-Fittouh et al. (1969) utilizam análise de conglomeração ("cluster analysis") para classificar locais da região da cultura do algodão ("Cotton Belt") dos Estados Unidos. Adotam como medida de similaridade entre dois locais o coeficiente de distância, obtido a partir de uma matriz de estimativas de efeitos da interação cultivar x local. O método de conglomeração escolhido é uma adaptação de um método originalmente usado por Sokal & Michener (1958).

Este trabalho é o primeiro da bibliografia consultada que utiliza taxonomia numérica em estudos de zoneamento. A partir de então, torna-se freqüente a utilização deste instrumental em assuntos relacionados. Mungomery et al. (1974) utilizam procedimentos de análise de conglomeração e ordenação para o estudo da adaptação de cultivares de soja. Byth et al. (1976) aplicam métodos de taxonomia numérica para a análise de um conjunto de dados de experimentos do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), em estudos de adaptação de cultivares e classificação de locais. Campbell & Lafever (1977) estudam as similaridades de locais do Leste dos Estados Unidos quanto à produção de trigo, utilizando, como medida de similaridade, o coeficiente de correlação entre as produções médias de todos os possíveis pares de locais. Adotam, também, métodos de conglomeração para o agrupamento de locais, apresentando os resultados através de dendrogramas. Os agrupamentos de locais obtidos estão de acordo com a disposição geográfica dos locais e delimitam uma zona central na área em estudo.

A literatura brasileira sobre zoneamento utilizando a abordagem de controle direto das interações é praticamente inexistente. O único trabalho encontrado é o de Sampaio & Silva (1972). Eles estudam a regionalização da cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul, empregando procedimento baseado na técnica de análise de variância. Este tipo de estudo, no caso particular da cultura do milho, foi sugerido na 10ª Reunião Brasileira de Milho e Sorgo (Magnavaca 1974) como uma das possíveis utilizações dos resultados do Ensaio Nacional de Milho.

O propósito do presente trabalho é efetuar um estudo crítico do atual zoneamento para a cultura do milho na região Centro-Sul do País, oferecendo subsídios para o seu aprimoramento. Utilizam-se métodos de classificação numérica para verificar se os locais de realização do Ensaio Nacional de Milho podem ser considerados como membros de grupos (regiões) parcialmente dissociados; ou melhor, se existem, entre os locais estudados, padrões similares de resposta das cultivares. Aspectos gerais da natureza da interação genótipo x ambiente também são estudados.

O problema de medir similaridade entre as entidades e classificá-las em grupos a partir de um conjunto de critérios tem sido estudado por muitos pesquisadores. Ele é encontrado freqüentemente no campo da biologia sistemática e, menos freqüentemente, nos campos da psicologia, ecologia, sociologia e antropologia. Vários métodos têm sido propostos para a avaliação numérica de afinidades ou similaridades entre entidades e para a ordenação destas em grupos segundo suas afinidades. Sneath & Sokal (1973) apresentam detalhada exposição de métodos de análise numérica que têm sido usados em taxonomia numérica para resolver problemas de similaridade e classificação de entidades.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Os dados utilizados são parte dos resultados do Ensaio Nacional de Milho, efetuado sob a coordenação do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Correspondem às regiões Centro e Sul e aos anos de 1974/1975, 1975/1976 e 1976/1977. Os locais de teste nestas regiões variaram de ano para ano e sua distribuição não foi uniforme, conforme mostram a Fig. 1 e a Tabela 1. As cultivares ensaiadas dentro de cada região variaram bastante de ano para ano e são relacionadas nas Tabelas 2 e 3.

Em 1974/1975, foram ensaiadas 30 cultivares em cada um dos 23 locais das regiões Centro e Sul, das quais 18 foram comuns a todos os locais e as demais, específicas para cada região. O delineamento experimental adotado foi o reticulado retangular 5 x 6 simples duplicado. No ano de 1975/1976, foi utilizado o mesmo esquema experimental para ensaiar 30 cultivares em 24 locais, com o mesmo critério de escolha de cultivares.

No ano de 1976/1977, foram ensaiadas 36 cultivares em cada um dos 32 locais, sendo 18 cultivares comuns a

todos os locais e as demais específicas para cada região. O delineamento experimental adotado neste ano foi o reticulado quadrado 6 x 6 simples duplicado.

A variável resposta escolhida para este trabalho é o peso de espigas despalhadas, em hectograma/ha.

Métodos de análise

Componentes de Variância

Foram obtidas estimativas dos componentes de variância cultivar x local (σ_{CL}^2) e cultivar x ano (σ_{CA}^2) pelo método da análise de variância, a partir das seguintes análises conjuntas:

- Locais dentro de cada ano, ignorando regiões;
- Locais dentro de cada combinação de ano e região do atual zoneamento;
- Locais e anos dentro de cada região.

Procedeu-se, preliminarmente, à análise individual de cada experimento (combinação de local e ano) para o ajustamento das médias de cultivares, quando apropriado, e a determinação das estimativas da variância do erro experimental. Estas estimativas foram utilizadas para o teste de homogeneidade de variância e para a determinação do erro ponderado. As análises conjuntas utilizaram as médias de cultivares em cada experimento, ajustadas ou não ajustadas, segundo a correspondente análise tenha sido efetuada pelo procedimento apropriado para o delineamento reticulado adotado ou como se o delineamento adotado houvesse sido o de blocos casualizados. Estas análises utilizaram apenas os dados correspondentes às cultivares comuns a todos os experimentos que as compunham.

As análises individuais dos experimentos foram efetuadas segundo procedimentos descritos nas sessões 10.29 e 10.31 de Cochran & Cox (1957). Nas análises conjuntas, adotaram-se os procedimentos sugeridos nas sessões 14.22, 14.43 e 14.5 de Cochran & Cox (1957), levando-se em conta a heterogeneidade de variância revelada pelo teste de Bartlett. Estes procedimentos são detalhados em Cordeiro (1978).

Classificação de Locais

A classificação dos locais foi efetuada em dois níveis:

- Classificação de locais dentro de cada ano;
- Classificação de locais em cada combinação de ano e região.

A primeira classificação teve por objetivo dar uma visão conjunta das similaridades entre todos os locais das atuais regiões Centro e Sul, enquanto a segunda se propôs a um estudo mais detalhado dentro de cada região.

A classificação de locais foi efetuada por procedimento de análise de conglomeração ("cluster analysis") a partir da matriz de similaridades cujo elemento genérico $(\hat{CL})_{mk}$ é o valor predito da interação cultivar x local correspondente à m-ésima cultivar e ao k-ésimo local, que tem a expressão

$$(\hat{CL})_{mk} = Y_{mk} - \bar{Y}_{m.} - \bar{Y}_{.k} + \bar{Y}_{..}$$

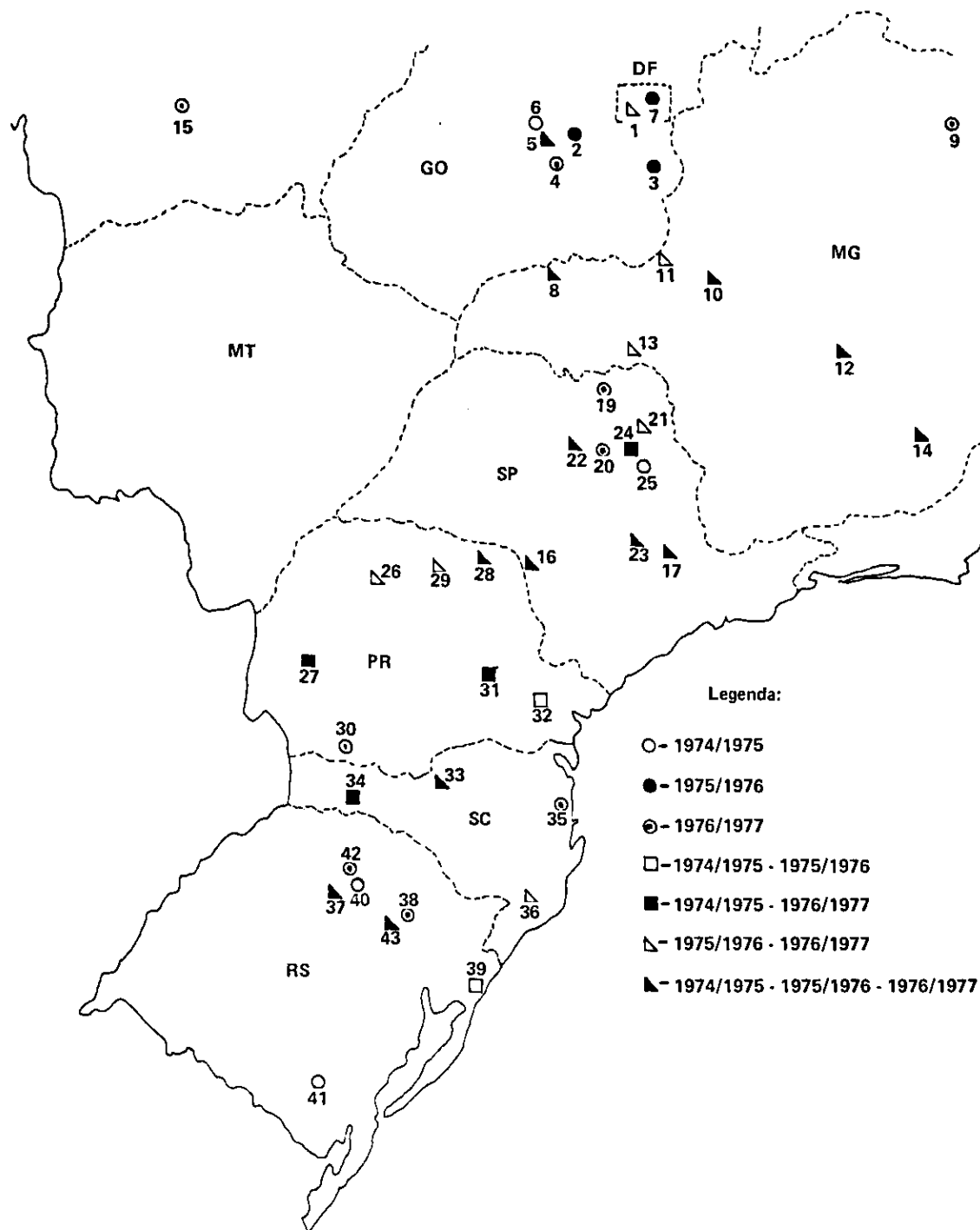


FIG. 1. Distribuição dos experimentos do Ensaio Nacional de Milho nas regiões Centro e Sul do País, nos anos de 1974/1975, 1975/1976 e 1976/1977.

TABELA 1. Locais do Ensaio Nacional do Milho nas regiões Centro e Sul, nos anos de 1974/1975, 1975/1976 e 1976/1977.

Região	Nº	Local	Estado	1974/1975	1975/1976	1976/1977
Centro	1	Brasília	DF		X	X ⁺
	2	Anápolis	GO		X	
	3	Cristalina	GO		X	
	4	Goiânia	GO			X
	5	Inhumas	GO	X	X	X
	6	Itaçu	GO	X		
	7	Planaltina	GO		X	
	8	Cachoeira Dourada	MG	X	X	X
	9	Jafba	MG			X
	10	Patos de Minas	MG	X	X	X
	11	Rio Parnaíba	MG		X*	X
	12	Sete Lagoas	MG	X	X	X
	13	Uberaba	MG		X	X
	14	Viçosa	MG	X	X	X
	15	Cuiabá	MT			X
	16	Ataliba Leonel	SP	X	X	X
	17	Campinas	SP	X	X	X ⁺
	18	Cravinhos	SP			X*
	19	Guaíra	SP			X
	20	Jaboticabal	SP			X
	21	Jardinópolis	SP		X	X
	22	Pindorama	SP	X	X	X
	23	Piracicaba	SP	X	X	X
	24	Ribeirão Preto	SP	X		
	25	São Simão	SP	X		
	26	Andará	PR		X	X
	27	Cascavel	PR	X		X
	28	Jacarezinho	PR	X	X ⁺	X
	29	Londrina	PR		X	X
	30	Pato Branco	PR			X
	31	Ponta Grossa	PR	X		X
Sul	32	Curitiba	PR	X	X	
	33	Rio Caçador	SC	X	X	X ^x
	34	Chapecó	SC	X		X
	35	Itajaí	SC			X
	36	Urussanga	SC		X	X
	37	Campo Real	RS	X	X	X
	38	Nova Prata	RS			X
	39	Osório	RS	X	X	
	40	Passo Fundo	RS	X		
	41	Piratini	RS	X		
	42	Santo Augusto	RS			X
	43	Veranópolis	RS	X	X	X

* Estes locais foram eliminados das análises pelas seguintes razões:

Cravinhos (1976/1977) - Nos resultados deste experimento não consta a variável peso de espigas despalhadas.

Rio Parnaíba (1975/1976) - Neste experimento, apesar de ter sido plantado em MG, foram usadas as cultivares da região Litoral/Leste/Nordeste/Norte.

+ Nestes locais foram realizados dois experimentos, eliminando-se para efeito do presente trabalho aquele com maior quadrado médio do erro em cada local.

x Dados experimentais perdidos para a variável em consideração.

TABELA 2. Cultivares ensaiadas pelo Ensaios Nacional do Milho na região Centro, nos anos de 1974/1975, 1975/1976 e 1976/1977.

Nº Ordem	Cultivar	Ano			Nº Ordem	Cultivar	Ano			
		1974/1975	1975/1976	1976/1977			1974/1975	1975/1976	1976/1977	
1	IAC Hmd 7974	X	X	X	37	Centralmex			X	X
2	IAC Hmd 6999 B	X	X		38	Flint Comp. ESALQ			X	
3	IAC Phoenix 1110	X			39	Dent. Comp. ESALQ			X	X
4	Ag 259	X	X	X	40	Catata Columbia CNPMS			X	
5	Ag 152 R	X	X	X	41	C-408			X	
6	Ag 152/5	X	X		42	HV-CEN 10			X	
7	Comp. Dent. x Catata Prol.	X			43	GO 10			X	
8	GO-06	X	X	X	44	Ag 169 R			X	
9	GO-08	X	X		45	ESAL HVI M II			X	
10	C-111	X	X	X	46	HD Experimental CNPMS			X	
11	C-5005 X	X	X		47	C-315			X	
12	C-470	X			48	IAC 1 XI			X	
13	Centralmex HS IV-MI IHSI	X			49	Dent. Comp. VII CNPMS			X	
14	Flint Comp. CMI-HSI 72	X			50	C-317				X
15	Dent. Comp. CMI-HSI 72	X			51	IAC Hmd 6999			X	X
16	Save 231	X	X		52	IAC Phoenix 1313			X	X
17	NKP T 66 72	X			53	IAC Phoenix LT 1 8775			X	X
18	NK 808	X	X		54	IAC Maya XIII			X	X
19	IAC Maya XI	X	X		55	IAC 1-XII			X	X
20	IAC IX	X	X		56	Composto A			X	X
21	Ag 743	X	X		57	Composto B			X	X
22	Ag 748	X	X		58	CMS x M 602			X	X
23	GO-02	X	X	X	59	Ag 761			X	X
24	NKT 80	X	X		60	Ag 762			X	X
25	C-307	X	X		61	C-319			X	X
26	C-313	X	X		62	C-318			X	X
27	Dent. Comp. SRRPR 11 x Flint	X			63	Contibrasil-1			X	X
	Comp. SRRPR II 73	X			64	Contibrasil-2			X	X
28	Comp. A x Comp. B	X			65	Contibrasil-3			X	X
29	ESALQ HV-1 MI-HSI-MI	X	X	X	66	C-111-S			X	X
30	D. Composto XII IPEACO	X			67	FV-Gen 100			X	X
31	IAC Phoenix 1211	X	X		68	HV-Gen 200			X	X
32	IAC Maya XII	X	X		69	Comp. Dent. Srr x Comp. Flint Srr			X	X
33	AG 162/5	X	X	X	70	Composto Flint			X	X
34	C III X	X	X	X	71	Composto Dent. Srr. Prol.			X	X
35	C 5005 M	X	X	X	72	Composto Flint Srr. Prol.			X	X
36	CO 05	X	X	X					X	X

TABELA 3. Cultivares ensaiadas pelo Ensaio Nacional do Milho na região Sul, nos anos de 1974/1975, 1975/1976 e 1976/1977.

N.º Ordem	Cultivar	Ano			N.º Ordem	Cultivar	Ano		
		1974/1975	1975/1976	1976/1977			1974/1975	1975/1976	1976/1977
1	IAC Hmd 7974		X	X	37	Flint Comp. ESALQ		X	X
2	IAC Hmd 6999 B	X	X		38	Dent. Comp. ESALQ		X	X
3	IAC Phoenix 1110	X			39	Catete Colômbia CNPMS		X	X
4	Ag 259	X	X	X	40	H V-Gen 30		X	X
5	Ag 152 R	X	X	X	41	C-462		X	X
6	Ag 152/5	X			42	GO-09		X	X
7	Comp. Dent. x Catete Prol.	X			43	GO-10		X	X
8	GO-06	X	X		44	C-482		X	X
9	GO-08	X			45	Ag 198		X	X
10	C-111	X			46	H V-Gen 10		X	X
11	C-5005 X	X			47	Save 318		X	X
12	C-470	X			48	ESALQ HV I M LI		X	X
13	Centralmex HS IV-MII HSI	X			49	C-317		X	X
14	Flint Comp. CMI-HSI 72	X			50	IAC Hmd 6999		X	X
15	Dent. Comp. C-MI-HSI 72	X			51	IAC PHOENIX 1312		X	X
16	Save 231	X		X	52	IAC PHOENIX LT 1 8775		X	X
17	NKP T66 72	X			53	IAC Maya XIII		X	X
18	NK 808	X			54	IAC 1 - XII		X	X
19	IAC-IX	X			55	Composto A x Composto B		X	X
20	Ag 28	X	X	X	56	Composto A		X	X
21	Ag 68	X	X		57	Composto B		X	X
22	Ag 195	X			58	CMS XM 602		X	X
23	Ag 196	X	X		59	C 321		X	X
24	C-408	X	X		60	C 318		X	X
25	C-464	X	X		61	Contibrasil-1		X	X
26	GO-05	X	X		62	Contibrasil-2		X	X
27	Contibrasil Duro 1	X			63	Contibrasil-3		X	X
28	Contibrasil Semidente 2	X			64	Ag 274		X	X
29	Save 292	X			65	Ag 342		X	X
30	MES III x Catete Prol.				66	Ag 343		X	X
31	IAC Phoenix 1211	X	X		67	Ag 349		X	X
32	IAC Maya XII	X	X		68	Comp. Dent. Srr x Comp. Flint Srr		X	X
33	Ag 162/5		X	X	69	Composto Flint		X	X
34	C-III X		X	X	70	Composto Dent. Srr Prol.		X	X
35	C-5005 M		X	X	71	Composto Flint Srr Prol.		X	X
36	Centralmex		X	X	72	CMS XM 601		X	X

onde

Y_{mk} = peso médio das espigas da m-ésima cultivar no k-ésimo local,

\bar{Y}_m = peso médio das espigas da m-ésima cultivar,

$\bar{Y}_{.k}$ = peso médio das espigas no k-ésimo local,

$\bar{Y}_{..}$ = peso médio geral das espigas.

A k-ésima linha da matriz de similaridades é o vetor de valores preditos da interação cultivar x local correspondente ao k-ésimo local:

$$L_k = [(\hat{CL})_{1k}, \dots, (\hat{CL})_{mk}, \dots, (\hat{CL})_{ck}], \quad k = 1, \dots, \ell.$$

Adotou-se como medida de similaridade entre dois locais k e k', a distância média entre estes locais em um espaço de c dimensões, expressa por

$$d_{kk'} = \Delta_{kk'} / \sqrt{c},$$

onde

$$\Delta_{kk'} = \left\{ \sum_{m=1}^c [(CL)_{mk} - (CL)_{mk'}]^2 \right\}^{1/2}.$$

A medida $\Delta_{kk'}$ foi primeiramente definida para classificação numérica por Sokal (1961). Desde que $\Delta_{kk'}$ cresce com o número de caracteres (cultivares neste caso), a distância média $d_{kk'}$ é mais comumente utilizada (Sneath & Sokal 1973). A utilização de tal medida é justificada em estudos, como o presente, pelo seu amplo uso em taxonomia e por estar relacionada à soma de quadrados da interação cultivar x local. Mostra-se facilmente que $\frac{c}{2} d_{kk'}^2$ é a soma de quadrados da interação dentro de uma região formada pelos locais k e k'.

As distâncias são computadas entre todos os possíveis pares de locais, para cada uma das matrizes de valores preditos do efeito da interação cultivar x local.

Adotou-se procedimento de conglomeração do grupo dos aglomerativos sequenciais, hierárquicos, sem superposição, que têm sido mais freqüentemente empregados para classificação de material genético (Sneath & Sokal 1973). Efetuaram-se análises preliminares para a comparação de três métodos deste grupo de procedimentos de conglomeração: distância máxima, centróide não ponderado e ligação média não ponderada. Estes métodos aglomeram as entidades a serem classificadas uma a uma. Entre estes métodos, o da ligação média não ponderada foi o que se mostrou mais estável e ofereceu melhores recursos para interpretação. Este método é descrito em detalhes por Sneath & Sokal (1973).

O método de ligação média não ponderada trabalha sobre a matriz de similaridades e aglomera, em seu primeiro estágio, as duas entidades mais similares (de menor distância média). A distância entre um novo grupo e cada um dos demais pode ser obtida pela estratégia linear combina-

tória de Lance e Williams (Sneath & Sokal 1973), calculando-se

$$D_{(j,k),\ell} = \frac{t_j}{t_{(j,k)}} D_{j,\ell} + \frac{t_k}{t_{(j,k)}} D_{k,\ell}$$

onde

$D_{(j,k),\ell}$ = distância entre o grupo formado pelas entidades ou grupos j e k e a entidade ou grupo genérico ℓ ,

t_j = número de entidades no grupo j ($t_j = 1$, se o grupo se constitui de uma única entidade),

$t_{(j,k)}$ = número de entidades no grupo formado pela fusão dos grupos ou entidades j e k,

$D_{j,\ell}$ = distância da entidade ou grupo j à entidade ou grupo ℓ .

O processo continua até que todas as entidades estejam em um único grupo.

Os resultados das análises são apresentados em dendrogramas (diagramas em "árvore"), utilizando-se como unidade de medida a relação entre $SQ(CL(R))$ (soma de quadrados da interação cultivar x local dentro de regiões), que depende do ciclo do processo de conglomeração, e $SQ(CL)$ (soma de quadrados da interação cultivar x local no conjunto de ambientes como um todo).

O dendrograma permite identificar as regiões formadas pelo agrupamento de locais em cada estágio de conglomeração; cada região é constituída pelos locais agrupados em um mesmo ramo determinado por uma seção transversal do dendrograma no ponto correspondente ao estágio de conglomeração considerado.

O critério para a escolha do agrupamento de locais adequado a uma proposta de zoneamento é estabelecido como sendo o último estágio do processo de conglomeração em que a interação cultivar x local dentro de regiões é não significativa no nível de 5% de probabilidade, isto é, a estatística $QM(CL(R))/QM$ (Erro) é menor do que o ponto de 5% para a distribuição de F.

As análises foram processadas no computador central da EMBRAPA, utilizando-se o "Statistical Analysis System (SAS)" (Barr et al. 1976), para as análises individuais e conjuntas dos experimentos, e o sistema de programas "Clustan" (Wishart 1978), para as análises de conglomeração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Componentes de Variância

As estimativas dos componentes de variância correspondentes às interações cultivar x local e cultivar x ano são apresentadas nas Tabelas 4, 5 e 6. Estas estimativas são importantes para a caracterização da natureza da interação cultivar x ambiente. Os resultados apresentados nas Tabelas 4

e 5 indicam que esta interação está relacionada com características permanentes de ambientes, já que o componente de variância correspondente à interação cultivar x local é significativo. Isto ocorre quando se consideram todos os locais das duas regiões, conjuntamente, o que parece adequado tendo em vista a amplitude da área e a diversidade ecológica da mesma e, também, as análises dos locais dentro de cada região. Este último resultado indica que o atual zoneamento ainda é passível de aperfeiçoamento.

Deve-se observar, no entanto, que estimativas de σ^2 obtidas a partir de dados de um único ano, são, na realidade, estimativas de $\sigma_{CL}^2 + \sigma_{CLA}^2$. Assim, as estimativas de σ_{CL}^2 obtidas em tais situações são tendenciosas e devem ser consideradas com precaução.

Os resultados apresentados na Tabela 6 são aqueles que oferecem estimativas de σ_{CL}^2 livres do componente σ_{CLA}^2 . Estes resultados parecem indicar que a significância de σ_{CL}^2 obtida nas análises

anteriores está ligada à elevada contribuição da interação de segunda ordem. Contudo, observa-se que o número de cultivares comuns aos três anos é de apenas seis, tanto na região Centro como na região Sul e que estas cultivares são exatamente as "cultivares testemunhas", que funcionam como padrão de referência para as demais cultivares ensaiadas. Quanto aos locais utilizados, os comuns aos três anos são dez na região Centro e dois na região Sul, e não podem ser considerados como amostras das populações de locais em estudo.

Considerando-se, ainda, que a aceitação da hipótese de nulidade dos componentes de variância da interação ocorre com uma probabilidade não estabelecida de que se esteja aceitando uma hipótese falsa, parece viável aceitar que um aperfeiçoamento do atual zoneamento da região Centro-Sul do País para a cultura de milho possa contribuir para acelerar o processo de ganho genético. Isto parece desejável, mesmo suspeitando-se que a interação cultivar x ambiente esteja ligada também, a varia-

TABELA 4. Testes de significância da interação cultivar x local e estimativas de σ_{CL}^2 obtidos das análises conjuntas de todos os locais da região Centro-Sul dentro de cada ano, para a variável peso de espigas despalhadas.

Ano	Estimativa de σ_{CL}^2	Grau de liberdade	
		C x L	Erro ponderado
1974/1975	3.075,8**	374	1.781
1975/1976	1.554,5**	391	1.928
1976/1977	1.928,6**	527	3.120

**Indica resultado significativo no nível de 1% de probabilidade.

TABELA 5. Testes de significância da interação cultivar x local e estimativas de σ_{CL}^2 obtidos das análises conjuntas dos locais de cada combinação de ano e região, para a variável peso de espigas despalhadas.

Ano	Região					
	Centro			Sul		
	Estimativa de σ_{CL}^2	Grau de liberdade		Estimativa de σ_{CL}^2	Grau de liberdade	
C x L		Erro ponderado	C x L		Erro ponderado	
1974/1975	2.533,8**	406	1.165	2.084,9*	203	616
1975/1976	1.272,2**	493	1.446	3.062,6**	145	482
1976/1977	1.506,2**	840	2.445	2.538,0**	210	675

* Indica resultado significativo no nível de 5% de probabilidade.

** Indica resultado significativo no nível de 1% de probabilidade.

TABELA 6. Testes de significância das interações cultivar x local, cultivar x ano e cultivar x local x ano, e estimativas de σ_{CL}^2 , σ_{CA}^2 e σ_{CLA}^2 obtidos das análises regionais combinadas sobre os anos, para a variável peso de espigas despalhadas.

Componente de variância	Região					
	Centro			Sul		
	Estimativa	Grau de liberdade ⁺		Estimativa	Grau de liberdade ⁺	
		Numerador	Denominador		Numerador	Denominador
σ_{CL}^2	72,1 ns	45	72	154,8 ns	5	10
σ_{CA}^2	1.427,3**	10	72	885,8 ns	10	10
σ_{CLA}^2	962,9**	72	2.590	1.671,3*	10	498

* Indica resultado significativo no nível de 5% de probabilidade.

** Indica resultado significativo no nível de 1% de probabilidade.

ns Indica resultado não significativo.

⁺ Os denominadores das estatísticas F para os testes de significância referentes aos efeitos das interações C x L e C x A são o Q.M. C x L x A. O denominador da estatística F para o teste de significância referente à interação C x L x A é o Q.M. Erro ponderado.

ções no tempo e a variações no tempo e no espaço.

Classificação Geral dos Locais

Os resultados, abaixo apresentados, têm utilidade limitada a uma visão geral da estrutura de agregação de locais e à indicação de configurações relativamente estáveis ao longo dos anos e da diversidade de cultivares utilizadas como indicadores da resposta ao meio ambiente.

As relações entre os locais da região Centro-Sul em cada um dos anos analisados, são representadas por meio dos dendrogramas apresentados nas Fig. 2, 3 e 4. Em todos os dendrogramas apresentados neste trabalho, os locais são identificados pela numeração indicada na Tabela 1.

Na Fig. 2, por exemplo, aglomeram-se, no primeiro estágio, os locais 23 e 28; no segundo, os locais 5 e 10; no terceiro, o local 17 é aglomerado ao grupo formado no estágio 2. Assim, sucessivamente, os locais vão sendo aglomerados, até que todos eles estejam em um mesmo grupo, o que ocorre no último estágio, quando o local 14 é aglomerado ao grupo formado pelos demais locais. A linha que a legenda identifica como último estágio em que a interação cultivar x local dentro de regiões, CL(R), é não significativa no nível de 5% de probabilidade, secciona o dendrograma no décimo segundo estágio

do processo de conglomeração. Cada ramo do dendrograma formado até este corte corresponde a uma região; muitas destas regiões são constituídas por um único local.

O método de conglomeração utilizado mostra-

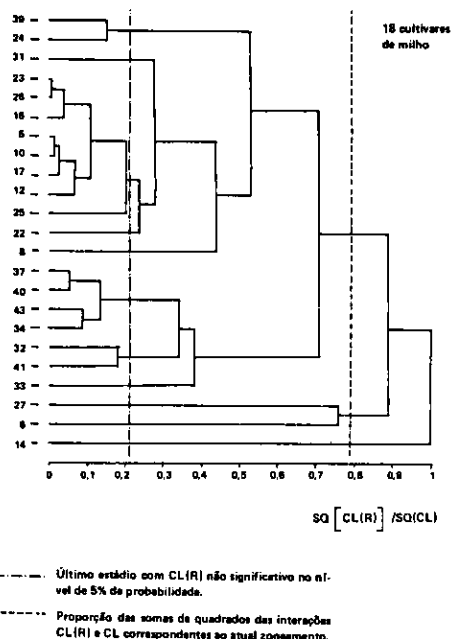


FIG. 2. Dendrograma da classificação dos locais da região Centro-Sul no ano de 1974/1975.

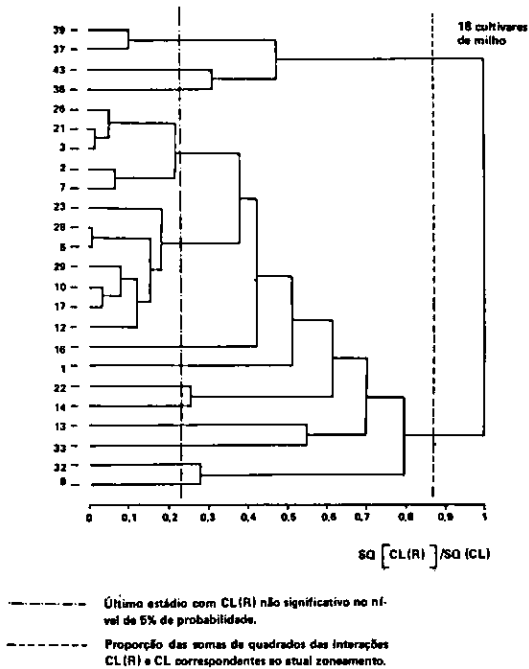


FIG. 3. Dendrograma da classificação dos locais da região Centro-Sul no ano de 1975/1976.

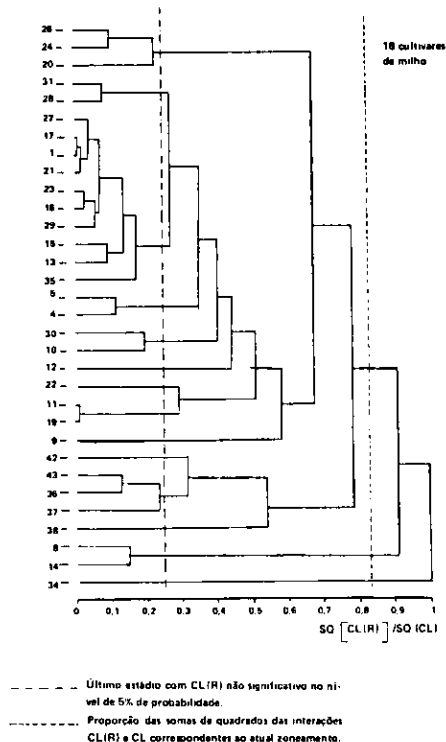


FIG. 4. Dendrograma da classificação dos locais da região Centro-Sul no ano de 1976/1977.

-se sensível à formação de pequenos grupos e apresenta uma redução da soma de quadrados da interação cultivar x local mais eficiente que qualquer dos demais métodos utilizados inicialmente.

Nas análises dos três anos, observa-se uma diferenciação nítida e consistente entre as regiões Centro e Sul. No entanto, esta diferenciação não é estável quando se considera o critério de regionalização adotado neste trabalho. Na região Sul, apenas Veranópolis (43) e Campo Real (37) parecem ter um padrão de similaridade mais estável do que os demais locais da região. Rio Caçador (33) se situa sempre isolado nos dois anos em que aparece como local de experimento; Itajaí (35) apresenta padrão de similaridade mais próximo da região Centro do que da região Sul; Chapecó (34) e Osório (39) mostram comportamento completamente distinto nos dois anos em que aparecem como locais de experimentos; Curitiba (32) não se mostra similar aos demais locais do grupo mais compacto que representa a região Sul, ou apresenta-se isolada.

Na região Centro, observa-se certa consistência na formação de um núcleo constituído por Piracicaba (23), Campinas (17), Ataliba Leonel (16), Inhumas (5), Londrina (29), Patos de Minas (10), Sete Lagoas (12) e Jacarezinho (28). Por outro lado, certos locais aparecem isolados ou agrupam-se entre si aos pares nestes anos: Viçosa (14), Pindorama (22), Cachoeira Dourada (8). Vale ressaltar o isolamento de Jafba (9), bem diferenciado, apesar de presente em um único ano.

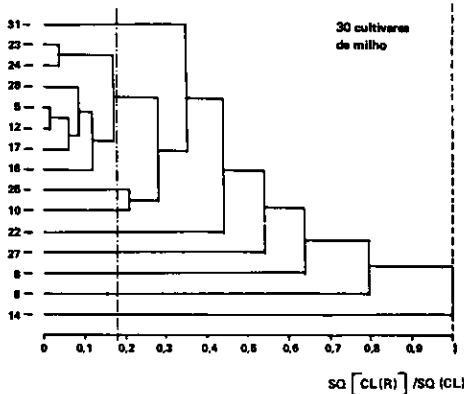
No Estado do Paraná, os locais mostram um comportamento inconsistente nos três anos, à exceção de Jacarezinho (28), Londrina (29) e Andaraí (26) que se agrupam junto com locais da região Centro; Ponta Grossa (31), um ano ligado a Jacarezinho (28) e, assim, à região Centro, outro ano isolado; Curitiba (32), um ano isolado, outro, ligado a local não típico da região Sul; Cascavel (27), um ano isolado, outro, bem integrado na região Centro; Pato Branco (30), presente em um só ano, quando se assemelha, isoladamente, a local da região Centro. Esta própria instabilidade de comportamento dos locais não situados ao norte do Paraná pode ser tomada como um indicador da fragilidade das similaridades destes locais com aqueles da região Centro ou da região Sul.

Classificação de Locais da Região Centro

Os resultados da análise de conglomeração dos locais da região Centro são apresentados nas Fig. 5, 6 e 7. Observe-se que estas análises separadas de cada região utilizam todas as cultivares ensaiadas em cada combinação de ano e região, enquanto que as análises anteriores, conjuntas para todos os locais das regiões Centro e Sul, utilizam, apenas, as cultivares comuns às duas regiões.

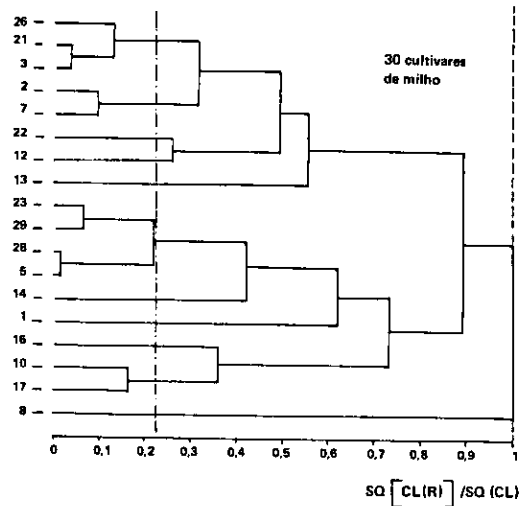
Os resultados das análises permitem algumas indicações sobre aspectos que devem ser considerados na proposição de um zoneamento mais detalhado dos locais atualmente considerados como da região Centro para a cultura do milho. Estas observações estão obviamente condicionadas às características específicas das cultivares e dos locais utilizados nos experimentos, à sua variação de ano para ano e à distribuição dos locais na área geográfica em estudo. Com estas ressalvas, pode-se fazer para a região Centro as indicações que seguem:

- a. Os locais da região Centro, que apresentam um razoável grau de similaridade ao longo dos anos, são: Piracicaba (23), Ribeirão Preto (24), Jacarezinho (28), Campinas (17), Ataliba Leonel (16) e Londrina (29). É de se notar a persistente ligação de Inhumas (5) a este grupo, com exceção do ano de 1975/1976, quando se liga a Goiânia (4);
- b. Os locais do Distrito Federal ou de suas pro-



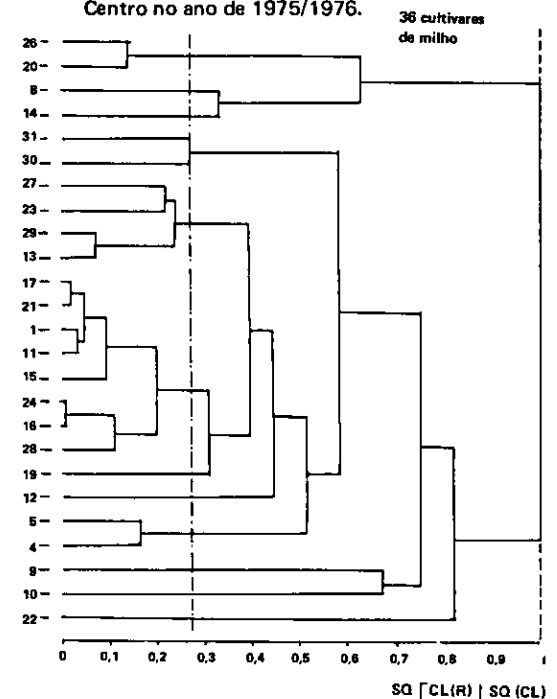
----- Último estágio com CL(R) não significativo no nível de 5% de probabilidade.
 - - - - - Proporção das somas de quadrados das interações CL(R) e CL correspondentes ao atual zoneamento.

FIG. 5. Dendrograma da classificação dos locais da região Centro no ano de 1974/1975.



----- Último estágio com CL(R) não significativo no nível de 5% de probabilidade.
 - - - - - Proporção das somas de quadrados das interações CL(R) e CL correspondentes ao atual zoneamento.

FIG. 6. Dendrograma da classificação dos locais da região Centro no ano de 1975/1976.



----- Último estágio com CL(R) não significativo no nível de 5% de probabilidade.
 - - - - - Proporção das somas de quadrados das interações CL(R) e CL correspondentes ao atual zoneamento.

FIG. 7. Dendrograma da classificação dos locais da região Centro no ano de 1976/1977.

ximidades: Itaipu (6), Goiânia (4), Inhumas (5), Anápolis (2), Planaltina (7), Cristalina (3) e Brasília (1) não se caracterizam como um núcleo de agregação de locais, estando dispersos ou ligados ao núcleo da região Centro;

c. Os locais do Estado do Paraná: Jacarezinho (28) e Londrina (29) são típicos do núcleo principal da região Centro. Andirá (26) apresenta um comportamento instável, assemelhando-se a subgrupos diferenciados da região Centro. Ponta Grossa (31) apresenta-se bem diferenciado ou associado com Pato Branco (30), e Cascavel (27) apresenta-se isolado ou em ligação com o núcleo da região Centro. Estes resultados indicam o acerto da atual colocação de Londrina (29), Jacarezinho (28) e, possivelmente, Andirá (26) na região Centro e mostram ser necessário caracterizar melhor os demais locais do Estado do Paraná, separando-os da região Centro;

d. Os locais que se apresentam consistentemente isolados são: Viçosa (14), Cachoeira Dourada (8), Pindorama (22) e Jaíba (9);

e. Patos de Minas (10) e Sete Lagoas (12) que, nas análises conjuntas das duas regiões, mostraram-se bem situados em grupos da região Centro, apresentam-se nas análises separados desta região com possíveis pontos isolados.

Classificação dos Locais da Região Sul

Os resultados da análise de conglomeração da região Sul são apresentados nas Fig. 8, 9 e 10. No ano de 1974/1975, observa-se a formação de um grupo de locais dispersos geograficamente e que, nos demais anos, não guarda nenhuma similaridade. Considere-se, adicionalmente, que o coeficiente inicial de fusão, que corresponde à menor distância média entre todos os possíveis pares de locais, é excessivamente elevado nesta análise. Os coeficientes iniciais de fusão dos anos de 1975/1976 e 1976/1977 são mais baixos do que aquele do ano de 1974/1975, mas, ainda assim, mais elevados que os das demais análises. Em todos os anos, o aumento dos coeficientes de fusão nessas análises ocorre por incrementos maiores do que aqueles das demais análises.

Estes resultados sugerem a escolha de locais de teste já bem específicos, não se podendo identificar similaridade de padrões de interação a níveis

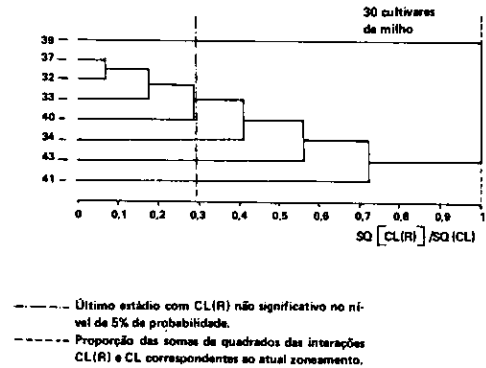


FIG. 8. Dendrograma da classificação dos locais da região Sul no ano de 1974/1975.

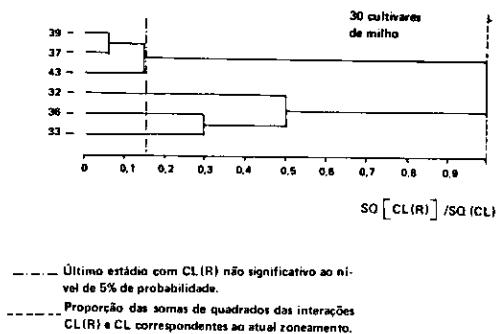


FIG. 9. Dendrograma da classificação dos locais da região Sul no ano de 1975/1976.

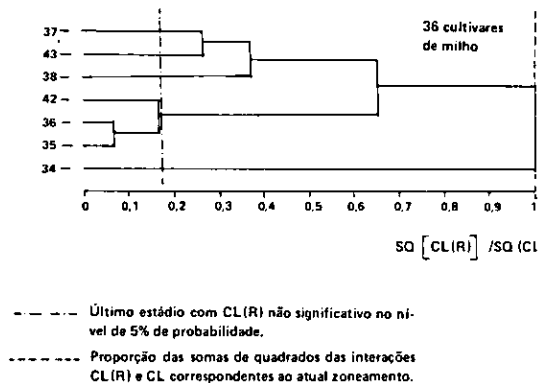


FIG. 10. Dendrograma da classificação dos locais da região Sul no ano de 1976/1977.

equivalentes àqueles observados nas demais análises. Assim sendo, quaisquer indicações que sejam apresentadas para o zoneamento da região Sul estarão sujeitas às mesmas restrições formuladas para a região Centro e, adicionalmente, terão um nível de generalização maior do que o daquela região.

Não se pode caracterizar seguramente Curitiba (32) como local da região Sul, pois, apesar de sua aparente adequada colocação nesta região na análise de 1974/1975 (Fig. 8), a distância em que ocorre a sua aglomeração é muito elevada. Na análise conjunta das regiões Centro e Sul neste mesmo ano, Curitiba (32) agrega-se a Piratini (41), local da região Sul, mas a elevado coeficiente de distância. Em 1975/1976, Curitiba (32) apresenta-se isolado em ambas as análises. Assim, parece mais indicado que Curitiba (32) seja excluído de ambas as regiões.

As análises dos anos de 1975/1976 e 1976/1977 (Fig. 9 e 10) indicam que os locais do Estado de Santa Catarina também deveriam ser separados. Eles estão sempre agregados em estruturas distintas daquelas que contêm os locais do Estado do Rio Grande do Sul.

Quanto aos locais do Estado do Rio Grande do Sul, não se pode concluir que cheguem a constituir uma região. Os locais que mostram alguma similaridade são Veranópolis (43) e Campo Real (37).

CONCLUSÕES

Ressalvando-se as restrições ao material utilizado neste trabalho, principalmente aquelas referentes à amostragem de anos e locais e à impossibilidade de se obterem estimativas da interação cultivar x local livres de tendenciosidade, podem resumir-se as seguintes conclusões:

1. Existe sensibilidade à caracterização de dois grupos específicos de locais que correspondem às atuais regiões Centro e Sul.

2. Existe possibilidade de se aperfeiçoar o atual zoneamento pelo estabelecimento de novas áreas específicas para a cultura. O presente estudo oferece as seguintes indicações como subsídios para a proposição de um novo zoneamento:

a. Piracicaba, Campinas, Ribeirão Preto, Ataliba Leonel, Londrina e Jacarezinho mostram razoável similaridade, através dos anos estuda-

dos, em seu padrão de interação cultivar x local;

- b. Viçosa, Cachoeira Dourada e Pindorama podem ser considerados como locais isolados, caracterizando condições ambientais específicas e diferentes daquelas do primeiro grupo;
- c. Patos de Minas e Sete Lagoas também parecem colocar-se isoladamente, mas não com características tão específicas quanto os locais anteriormente citados;
- d. O grupo formado por Ponta Grossa, Pato Branco e Cascavel não mostra comportamento que permita considerar esses locais como integrantes da atual região Centro, o mesmo ocorrendo com Curitiba em relação à atual região Sul;
- e. A atual região Sul apresenta relações de similaridade muito frágeis entre seus locais. Mesmo assim, os locais do Estado de Santa Catarina mostram estrutura de agregação diferente, podendo-se caracterizá-los separadamente;

A proposição de um zoneamento apropriado não pode ser formulada a partir dos resultados obtidos neste trabalho, dada a inadequação dos dados para tal propósito e a complexidade do problema.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam agradecimentos ao Dr. Roland Vencovsky e a dois assessores científicos de Pesquisa Agropecuária Brasileira pelas valiosas sugestões, e ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela autorização para o uso de dados do Ensaio Nacional de Milho.

REFERÊNCIAS

- ABOU-EL-FITTOUH, H.; RAWLINGS, J.O. & MILLER, P.A. Classifications of environments to control genotype by environment interaction with application to cotton. *Crop Sci.*, 9:135-40, 1969.
- ALLARD, R.W. & BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.*, 4:503-7, 1964.
- BARR, A.J.; GOODNIGHT, J.H.; SALL, J.P. & HELWIG, J.T.A. User's guide to SAS 76. Raleigh, SAS Institute Inc., 1976. 329 p.
- BYTH, D.E.; EISEMANN, R.L. & DE LACY, H.I. Two-way pattern analysis of a large data set to evaluate genotype adaptation. *Heredity*, 37:215-30, 1976.
- CAMPBELL, L.G. & LAFEVER, H.N. Cultivar x environment interaction in soft red winter yield tests. *Crop Sci.*, 17:604-8, 1977.

- COCHRAN, W.G. & COX, G.M. *Experimental designs*. 2. ed. New York, John Wiley & Sons, Inc. 1957, 611 p.
- CORDEIRO, C.M.T. *Estudo do zoneamento da região Centro-Sul do Brasil para a cultura do milho*. EMBRAPA, Departamento de Métodos Quantitativos, 1978. 104 p. Tese Mestrado.
- HORNER, T.W. & FREY, K.J. Methods for determining natural area for oat varietal recommendations. *Agron. J.*, 49:313-5, 1957.
- LIANG, G.H.L., HEINE, E.G. & WALTER, T.L. Estimates of variety-environment interactions in yield test and their significance in breeding programs. *Crop Sci.*, 6:135-9, 1966.
- MCCAIN, F.S. & SCHULTZ, E.F. A method of determining areas for corn varietal recommendations. *Agron. J.*, 51:476-8, 1959.
- MAGNAVACA, R. Súmula - Discussão dos ensaios nacionais de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 10., 1974. *Anais. Sete Lagoas, Secretaria de Estado de Agricultura de Minas Gerais/PIPAEMG/EPAMIG/IPEAGO/CNPMS*, 1974. p. 324.
- MOTA, F.S. da; BEIRSDORF, M.I.C.; COSTA, M.J.C.; MOTTA, W.A. & WESTPHALEN, S.L. *Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Pelotas. Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul, Secretaria da Agricultura, 1974, 121 p. (IPEAS, Circular, 50.)
- MUNGOMERY, V.E.; SHORTER, R. & BYTH, D.E. Genotype-environment interactions and environmental adaptation. I. Pattern analysis application to soybean populations. *Aust. J. Agric. Res.*, 25:59-72, 1974.
- PASCALE, A.J. & MOTA, F.S. da. Aspectos bioclimáticos da cultura do trigo no Rio Grande do Sul. *Pesq. agropec. bras.*, Rio de Janeiro, 1:123-40, 1966.
- SAMPAIO, I.B.M. & SILVA, J. Zoneamento varietal na região Sul do Brasil (RS, SC). In: REUNIÃO BRASILEIRA DO MILHO, 9., 1972. *Anais. Recife, SUDENE*, 1972. p. 113-8.
- SNEATH, P.H.A. & SOKAL, R.R. *Principles of numerical taxonomy*. San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1973, 573 p.
- SOKAL, R.R. Distance as a measure of taxonomic similarity. *Systematic Zool.*, 10:70-9, 1961.
- _____. & MICHENER, C.D. A statistical method for evaluating systematic relationships. *Univ. Kansas Sci. Bull.*, 38:1409-38, 1958.
- WISHART, D. *CLUSTAN - User manual*. 3. ed. Edinburgh, Edinburgh University, 1978. 99 p. (Inter-University/Research Councils Series, Report. 47).