ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)
E ESCOLHA DE LOCAIS PARA SELEÇÃO NAS CONDIÇÕES DA
REGIAO ORIENTAL DO PARAGUAI

JOSE JAIME SCHVARTZMAN BERDNIKUNKIN
Engenheiro-Agronomo

Orientador: Prof. Dr. Roland Vencovsky

Dissertacao apresentada a Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de Sao
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Agronomia. Área de
Concentração: Genética e Melho-
ramento de Plantas.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1989

S397e

Schvartzman Berwikunkin, José Jaime

Estabilidade de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) e escolha de locais para seleção nas condições da Região Oriental do Paraguai. Piracicaba, 1989.

p.ilus.

Diss.(Mestre)-ESALQ

Bibliografia.

1. Trigo - Estabilidade - Região Oriental do Paraguai 2. Trigo - Melhoramento - Região Oriental do Paraguai 3. Trigo - Seleção - Região Oriental do Paraguai I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

633.11

ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)
E ESCOLHA DE LOCAIS PARA SELEÇÃO NAS CONDIÇÕES DA
REGIÃO ORIENTAL DO PARAGUAI

JOSE JAIME SCHVARTZMAN BERWIKUNKON

Aprovada em: 09/03/90

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Roland Vencovsky (Orientador)

ESALQ/USP

Prof. Dr. Paulo Yoshio Kageyama

ESALQ/USP

Prof. Dr. Isaias Olívio Geraldi

ESALQ/USP

Prof. Dr. Roland Vencovsky
Orientador

*A minha família,
ofereço.*

*A minha esposa Delia,
Aos meus filhos,
Ruth e David,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Roland Vencovsky, pela orientação, ensinamentos e incentivo durante o Curso de Pós-Graduação.

Ao Ministério de Agricultura e Ganaderia do Paraguai, nas pessoas do Ilmo. Sr. Ministro Eng. Agr. Hernando Bertoni e do Diretor de Investigação e Extensão Agropecuária e Florestal, Eng. Agr. Luis Alberto Alvarez, pela oportunidade concedida para a realização do curso.

Aos Drs. Raul Torres, Emiliano Alarcón e Ricardo Pedretti, pelo apoio e estímulo na minha iniciação profissional.

Ao Dr. Man Mohan Kohli, representante para o Cone Sul do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), pelo apoio e estímulo constantes.

À Organização dos Estados Americanos (O.E.A.), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. Cosme Damião Cruz, pelas sugestões e colaboração na realização das análises estatísticas.

Ao colega Hector Causarano, pelo auxílio na obtenção dos dados.

Aos Professores do Departamento de Genética da ESALQ/USP, pelos ensinamentos;

Aos funcionários do Departamento de Genética, principalmente, José L. Zem, Elizabete A.L. Rodrigues, Terezinha J.L. Barrete e Gerda Spruck, pela colaboração.

Aos colegas Christian E. Domanski, Hermes Aramendiz Tatis, Roberto A. de Almeida Torres, José S. Cunha Fernandes, pelo companheirismo.

Í N D I C E

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	xii
SUMMARY	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Aspectos Gerais da Interação de Genótipos x Ambientes	4
2.2. Caracterização e Aspectos Genéticos da Es- tabilidade	7
2.3. Estabilidade em Espécies Autógamas	10
2.4. Métodos para o Estudo da Estabilidade	13
2.5. Algumas Aplicações Práticas do Agrupamento de Ambientes	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1. Estabilidade de Cultivares de Trigo	23
3.1.1. Materiais e ambientes utilizados ..	23
3.1.2. Detalhes experimentais	25
3.1.3. Análises individuais da variância ..	26
3.1.4. Análise conjunta da variância	27
3.1.5. Análise de estabilidade	29
3.2. Escolha de Locais para Seleção de Cultiva- res de Trigo	34
3.2.1. Materiais e ambientes utilizados ..	34

	Página
3.2.2. Medida de similaridade	34
3.2.3. Métodos de agrupamento	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. Estabilidade de Cultivares de Trigo	37
4.1.1. Análise conjunta da variância	40
4.1.2. Análise da estabilidade	45
4.2. Escolha de Locais para Seleção de Cultivares de Trigo	56
4.2.1. Estimativas do grau de similaridade entre locais	59
4.2.2. Agrupamento de locais	63
5. CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
APÊNDICE	79

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Representação gráfica do rendimento de grãos dos cultivares E-8109, C-8055 e Itapúa 30, em função das variações ambientais, segundo o método de CRUZ <i>et alii</i> (1988)	54
2	Dendrograma dos sete locais de avaliação de cultivares de trigo agrupados pelo método do Vizinho mais Próximo, com base no grau de similaridade obtido pela correlação entre locais, no ano de 1986	66
3	Dendrograma dos sete locais de avaliação de cultivares de trigo agrupados pelo método do Vizinho mais Próximo, com base no grau de similaridade obtido pela correlação entre locais, no ano de 1987	67

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Genealogia e origem dos dez cultivares de trigo em estudo	24
2	Locais em que foram conduzidos os ensaios durante os anos de 1986 e 1987	25
3	Esquema da análise da variância segundo o método de CRUZ <i>et alii</i> (1988)	33
4	Rendimento médio de grãos (kg/ha) de dez cultivares de trigo, incluindo as variâncias residuais a nível de médias (s^2/j), médias ambientais ($\bar{Y}_k$) e coeficientes de variação (C.V.) dos ensaios conduzidos em sete locais da região oriental do Paraguai, no ano de 1986	38
5	Rendimento médio de grãos (kg/ha) de dez cultivares de trigo, incluindo as variâncias residuais a nível de médias (s^2/j), médias ambientais ($\bar{Y}_k$) e coeficientes de variação (C.V.) dos ensaios conduzidos em sete locais da região oriental do Paraguai, no ano de 1987	39

Tabela

Página

6	Análise conjunta da variância dos dados de rendimento de grãos (kg/ha) de dez cultivares de trigo avaliados em sete locais da região oriental do Paraguai, durante os anos de 1986 e 1987	42
7	Análise conjunta da variância dos dados de rendimento de grãos (kg/ha) de dez cultivares de trigo avaliados em sete locais da região oriental do Paraguai, durante os anos de 1986 e 1987 respectivamente	43
8	Análise conjunta da variância dos dados de rendimento de grãos (kg/ha) de dez cultivares de trigo, para cada um dos sete locais de avaliação na região oriental do Paraguai, durante os anos de 1986 e 1987	44
9	Análise conjunta da variância dos dados de rendimento de grãos de dez genótipos de trigo avaliados em 14 ambientes da região oriental do Paraguai, durante os anos de 1986 e 1987	46

Tabela

Página

10	Rendimento de grãos (kg/ha), coeficientes e desvios da regressão e coeficiente de determinação de dez genótipos de trigo avaliados em 14 ambientes diferentes, conforme a metodologia de CRUZ <i>et alii</i> (1988)	52
11	Rendimento médio de grãos (kg/ha) de dez genótipos de trigo, média em ambientes negativos (A^-) e positivos (A^+), respectivamente	53
12	Rendimento médio (kg/ha) de 25 cultivares de trigo, correspondente a sete ensaios de rendimento de grãos, conduzidos na região oriental do Paraguai no ano de 1986	57
13	Rendimento médio (kg/ha) de 25 cultivares de trigo, correspondente a sete ensaios de rendimento de grãos, conduzidos na região oriental do Paraguai no ano de 1987	58
14	Análise conjunta da variância dos dados de rendimento de grãos (kg/ha) de 25 genótipos de trigo incluídos nos ensaios conduzidos em	

Tabela

Página

	sete locais da região oriental do Paraguai. Anos 1986 e 1987	59
15	Estimativas do grau de similaridade expresso pela correlação entre locais ($r_{kk'}$) para os anos de 1986 e 1987	62
16	Agrupamento de locais segundo a metodologia de Tocher (RAO, 1952). Ano de 1986	63
17	Agrupamento de locais segundo a metodologia de Tocher (RAO, 1952). Ano de 1987	64

ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)
E ESCOLHA DE LOCAIS PARA SELEÇÃO NAS CONDIÇÕES DA
REGIÃO ORIENTAL DO PARAGUAI

Autor: José Jaime Schvartzman Berwikunkin

Orientador: Prof. Dr. Roland Vencovsky

R E S U M O

Foi realizado um estudo da estabilidade de cultivares de trigo nas condições da região oriental do Paraguai, utilizando-se dados dos ensaios regionais de trigo conduzidos pelo Programa de Pesquisa de Trigo do Paraguai (MAG/DIEAF)¹. A caracterização dos ambientes para o estudo da estabilidade fenotípica foi feita através das avaliações das interações cultivares x locais, cultivares x anos e cultivares x locais x anos.

No referido estudo foram avaliados dez cultivares de trigo, em 14 ambientes diferentes (sete locais e dois anos). A metodologia adotada para tal fim foi a proposta por CRUZ *et alii* (1988). Foram detectadas diferenças significativas entre os cultivares avaliados em relação às médias de rendimento de grãos e desvios da regressão. Quanto à

¹ MAG/DIEAF = Ministério de Agricultura e Ganaderia/Direção de Investigação e Extensão Agropecuária e Florestal.

resposta ambiental, não foram detectadas diferenças significativas nas hipóteses formuladas, devido à grande magnitude dos desvios de regressão. Nos ambientes negativos, a maioria dos cultivares apresentou coeficientes de regressão próximos à unidade, sendo que nos ambientes positivos as respostas foram mais diversificadas. A grande maioria dos materiais avaliados apresentou elevados desvios da linearidade, com exceção dos cultivares C-8055 e IAN 7.

Nas condições ambientais deste estudo, o cultivar C-8055 aparece como o mais desejável do conjunto, por ter apresentado uma média de rendimento de grãos superior à média geral, coeficientes de regressão próximos à unidade, tanto nos ambientes negativos como positivos, e desvios da linearidade não significativos.

Para a escolha de locais de seleção de cultivares de trigo nas condições da região oriental do Paraguai, foram utilizados dados de rendimento de grãos de 25 cultivares incluídos nos ensaios regionais de trigo conduzidos em sete locais, durante dois anos. O maior interesse neste estudo foi, a partir das respostas dos próprios cultivares frente às variações ambientais, verificar se existe similaridade entre os locais que compõem a rede de ensaios quanto a sua capacidade de discriminação intergenotípica, visando a escolha dos locais mais representativos para seleção. A medida de similaridade adotada para tal fim foi o coeficiente de correlação entre pares de locais e os métodos de agrupamento de Tocher (RAO, 1952) e do Vizinho mais Próximo.

Considerando-se os resultados dos agrupamentos obtidos pelos dois métodos, conjuntamente, verifica-se uma relativa coerência no agrupamento entre métodos, nos anos de avaliação, em relação ao par formado pelas localidades de Colonia Yguazú e T.R. Pereira, sugerindo que existe entre ambas um considerável grau de similaridade quanto a sua capacidade de discriminação intergenotípica; conseqüentemente, um destes locais poderá ser descartado, caso seja necessário, sem muita perda de informação. Paralelamente também foi possível verificar que a localidade de S.J. Bautista não pode ser agrupada com qualquer outra.

STABILITY OF WHEAT CULTIVARS (*Triticum aestivum* L.)
AND CHOICE OF LOCATIONS FOR SELECTION IN THE CONDITIONS
OF THE EASTERN REGION OF PARAGUAY

Author: José Jaime Schvartzman Berwikunkin

Adviser: Prof. Dr. Roland Vencovsky

S U M M A R Y

A study of the stability of wheat cultivars in the eastern region of Paraguay was carried out using data from the wheat regional trials conducted by the Paraguayan Wheat Research Program (MAG/DIEAF)¹. The characterization of the environments to study the phenotypic stability was made by evaluating the interaction of cultivars x locations, cultivars x years, and cultivars x locations x years.

In the above mentioned study ten wheat cultivars were evaluated in fourteen different environments (seven locations during two years). The methodology adopted for this purpose is the one proposed by CRUZ *et alii* (1988). Significant differences were detected among the cultivars tested in relation to grain yield mean and regression deviations. As for the environmental response, no signifi-

¹ MAG/DIEAF: Ministry of Agriculture/Directorate for Agricultural and Forest Research and Extension.

cant differences of the proposed hypothesis were detected due to the relatively high magnitude of the regression deviations. In the less promising environments a majority of the cultivars presented regression coefficients nearing the unit, whereas in the more promising environments the responses were more diversified. Most of the materials evaluated presented high deviations from linearity, with the exception of cultivars C-8055 and IAN 7.

In the environmental conditions of this study C-8055 appears as the most desirable of the group due to its higher grain yield mean, regression coefficients near the unit, both in the less promising environments as well as in the more promising ones, and non-significant linearity deviations.

In the choice of locations as sites for selection of wheat cultivars in the conditions of Paraguay's eastern region, data of grain yield of the twenty five cultivars included in the regional wheat trials carried out in seven places during a period of two years were also used. The main goal in this study, based on the differential response of cultivars due to environmental variations, was to verify if there existed similarities among the locations considered, as well as their intergenotypic discrimination capacity using the most representative choice of locations for selection purposes. The measure of similarity adopted for this purpose was the correlation between pairs of locations, and the Tocher (RAO, 1952) and the single linkage

clustering methods.

Considering the results of the clusterings obtained by both methods jointly, a relative coherence of clustering between methods during the years under evaluation was observed in relation to the pair formed by the localities of Colonia Yguazú and Tomas Romero Pereira. This suggest that a considerable degree of similarity exist between these localities as far as their intergenotypic discrimination capacity is concerned. Consequently, one of these locations could be eliminated, if it were necessary, without any great loss of information. Simultaneously was verified that S.J. Bautista location could not be grouped with any of the other places.

1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) foi cultivado no Paraguai desde a época colonial, ainda que em pequena escala; alcançou sua maior expressão econômica a partir da execução do Plano Familiar do Trigo, no início da segunda metade deste século.

A necessidade de aumentar a produção do cereal deu origem ao Programa Nacional de Trigo, criado pelo Governo do Paraguai, no ano de 1966, visando principalmente a redução das importações, até chegar ao auto abastecimento. O rendimento médio nacional passou de 1.000 kg/ha no início do programa a 1.520 kg/ha em 1986.

O Programa de pesquisa de trigo incentivou o aumento da superfície de cultivo, na região oriental do país, com a liberação de novos cultivares. Neste contexto, foram sendo mais evidentes as flutuações dos rendimentos dos cultivares, quando avaliados em diferentes locais e anos, caracterizando o fenômeno da interação de genótipos x ambientes.

Várias estratégias têm sido em geral propostas para minimizar os efeitos da interação de genótipos por ambientes. Uma delas se fundamenta na regionalização dos lo-

cais, indicando que os programas de melhoramento deveriam ser orientados para o desenvolvimento de cultivares adaptados a condições específicas. Estratificações de ambientes são feitas de maneira a maximizar os efeitos da interação de genótipos x ambientes entre sub-regiões e minimizá-los dentro de cada sub-região. Entretanto, este procedimento envolve um grande dispêndio de recursos humanos, financeiros e de materiais genéticos, muitas vezes escassos.

A outra estratégia utilizada consiste na seleção de cultivares estáveis a partir da estimação dos parâmetros associados a cada cultivar. A primeira metodologia para o estudo da estabilidade, que serviu de modelo para o desenvolvimento de outros métodos que também utilizam princípios de regressão linear, foi proposta por YATES & COCHRAN (1938). Mais recentemente foram descritas outras metodologias baseadas no mesmo princípio, como as técnicas de regressão bi-segmentada, entre elas a proposta por CRUZ *et alii* (1988).

Estas novas metodologias permitem caracterizar a performance de materiais genéticos em ambientes desfavoráveis e favoráveis, separadamente, possibilitando a identificação de genótipos que apresentam rendimentos razoáveis em ambientes menos promissores, mas que respondam quando o ambiente melhora ou quando são aplicados mais insumos.

Um outro aspecto de interesse para o melhorista de plantas, refere-se à identificação dos locais onde deveriam ser conduzidos os ensaios de avaliação de materiais

genéticos gerados nos programas de melhoramento. Na identificação destes locais, salienta-se que as avaliações sejam realizadas em locais que representem a variabilidade ambiental (locais e anos) onde a espécie em consideração é cultivada. Entretanto, muitas vezes a ausência de interação entre alguns dos locais que formam a rede de ensaios, ou mesmo na presença da interação, mas sendo esta de natureza simples, torna-se desnecessária a utilização dos locais que apresentam a mesma capacidade de discriminação intergenotípica. VENCovsky & CRUZ (1989) propuseram o uso da análise de agrupamento como alternativa para racionalizar a escolha de locais para seleção de cultivares.

Os objetivos do presente estudo foram:

- Caracterizar cultivares de trigo a partir das estimativas dos parâmetros de estabilidade associados a cada material.
- Avaliar a capacidade de discriminação intergenotípica dos locais que compõem a rede de ensaios de trigo na região oriental do Paraguai, visando a escolha dos locais mais representativos para seleção de cultivares.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos Gerais da Interação de Genótipos x Ambientes

A interação de genótipos com ambientes se reveste de grande importância no melhoramento de plantas. O fenômeno pode ser detectado quando materiais genéticos são avaliados em vários ambientes, e suas posições relativas diferem de ambiente para ambiente; em outras palavras, o melhor genótipo em determinado ambiente dificilmente se mantém superior quando cultivado em vários ambientes, causando uma série de dificuldades na identificação dos indivíduos superiores (EBERHART & RUSSEL, 1966).

ALLARD & BRADSHAW (1964) classificam as condições ambientais que contribuem para as interações com os genótipos em duas categorias: a) previsíveis, e b) imprevisíveis. A primeira categoria inclui todas as características permanentes do ambiente, como as características gerais de clima e solo, assim como as que flutuam sistematicamente ou as controladas pelo homem, através das práticas agronômicas como a data de semeadura, a densidade e outras. A segunda categoria compreende as variações no clima, como a

quantidade e distribuição de chuva, temperatura e outras.

ALLARD (1978) salienta que o melhorista deve medir os valores genotípicos em um conjunto particular de ambientes, ou seja, os que ocorrem num certo período de anos, num certo número de locais dentro de uma área comparativamente homogênea. As mensurações dos valores genotípicos são obtidos da amostra dos ambientes que existem dentro da área geográfica.

Para EBERHART & RUSSELL (1966), a estratificação dos ambientes vem sendo usada como estratégia para minimizar os efeitos da interação genótipos x ambientes no melhoramento de plantas. Contudo, com este refinamento da técnica, a interação genótipos x locais na mesma sub-região, ou a interação genótipos x anos no mesmo local, permanece muito grande. Para as variações imprevisíveis do ambiente, como quantidade e distribuição de chuvas, temperatura e outras, a estratificação não oferece eficácia (ALLARD & BRADSHAW, 1964).

Para CAMPBELL & LAFEVER (1977), o fenômeno da interação genótipos x anos é particularmente complexo, considerando-se que, o único controle que o melhorista tem dos efeitos dos anos é o período de tempo em que o material será avaliado, já que as localidades podem variar em número, serem divididas em sub-regiões, e até serem escolhidas para avaliação de tratamentos específicos. Este aspecto justifica a grande ênfase que os melhoristas de plantas têm dado às interações de genótipos x anos. Com base nos resultados ob-

tidos em estudos de interação de genótipos x ambientes, os autores recomendam testar materiais genéticos em vários locais, durante vários anos.

LIANG *et alii* (1966) obtiveram estimativas dos componentes da interação de genótipos x ambientes em ensaios de cultivares de trigo, realizados em diferentes locais e anos no Estado de Kansas, USA. A interação de genótipos x anos foi pequena e não significativa, mas a interação de segunda ordem foi altamente significativa, como consequência da magnitude e significância da interação de genótipos x locais. Os autores constataram uma redução da magnitude do quadrado médio da interação genótipos x locais quando os locais foram agrupados em sub-regiões, indicando que o Estado poderia ser subdividido.

ABOU-EL-FITTOUH *et alii* (1969a) estudaram a performance de quatro cultivares de algodão em 39 locais, durante um período de dois anos, para caracterizar a natureza das interações de genótipos x ambientes, e identificar as variáveis associadas às interações. Os resultados da pesquisa revelaram que a magnitude da interação foi superior e, portanto, mais importante para o caráter rendimento, mas menos importante, para os outros caracteres avaliados, sendo a temperatura a variável que apresentou maior grau de associação com a interação de genótipos x ambientes.

BRAZ (1983) avaliou 21 cultivares de trigo nas localidades de Selvíria e Planaltina, durante dois anos. As interações genótipos x locais e genótipos x anos não foram

significativas. Consequentemente, foram selecionados os melhores cultivares com base na média de produção de grãos.

Minimizar os efeitos negativos da interação de genótipos com ambientes é uma contínua preocupação dos melhoristas de plantas. Conforme EBERHART & RUSSELL (1966), duas estratégias são utilizadas por melhoristas para lograr esse propósito, a saber: a) a estratificação ambiental, que consiste na regionalização da pesquisa, e b) o estudo da estabilidade dos cultivares. Os mesmos autores consideram que, se a estabilidade da performance é uma característica sob controle genético, avaliações preliminares poderão ser planejadas para identificar e caracterizar genótipos estáveis.

2.2. Caracterização e Aspectos Genéticos da Estabilidade

Os termos estabilidade e adaptabilidade de organismos vivos têm recebido as mais diversas definições. LERNER (1954) definiu a homeostase genética a nível individual, como a propriedade do organismo de auto-ajustar-se a partir de mecanismos de auto-regulação, que possibilitam sua estabilização em diferentes ambientes, e a homeostase genética a nível populacional, como a capacidade da população de ajustar sua composição genotípica, frente às variações ambientais.

A estabilidade fenotípica foi conceituada por LEWIS (1954), como a capacidade de um indivíduo ou população de produzir um número reduzido de fenótipos em diferentes

ambientes. Para LEWONTIN (1957), homeostase e adaptação não são idênticas, embora estreitamente relacionadas. A homeostase conduz à adaptação e é a base para a adaptabilidade geral, mas não é adaptação *per se*.

Conforme OLIVEIRA (1976), uma variedade estável é aquela que apresenta pequenas variações de comportamento quando submetida a diversos ambientes.

Mariotti *et alii* (1976), citados por SANTOS (1980), sugerem considerar a adaptabilidade como a capacidade dos genótipos de aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente e, a estabilidade de comportamento, como a capacidade dos genótipos de mostrarem comportamento altamente previsível, em função do estímulo ambiental.

VENCOVSKY & TORRES (1986) utilizam os termos estabilidade geográfica ou adaptabilidade para caracterizar a estabilidade envolvendo as variações ecológicas entre locais e, estabilidade temporal, para referir-se às variações ambientais, ao longo dos anos, numa dada região. Estes autores verificaram que, para o milho (*Zea mays* L.), não existe correlação significativa entre a estabilidade geográfica e temporal, contudo, a possibilidade de se identificar cultivares que sejam estáveis nos dois sentidos não pode ser totalmente descartada.

Diversos trabalhos são reportados na literatura, evidenciando que a estabilidade é uma característica controlada geneticamente (ADAMS & SHANK, 1959 e SHANK & ADAMS, 1960). Estes autores, em pesquisas com a espécie *Zea*

mays L., associaram a condição heterozigótica dos genótipos com uma maior capacidade de tamponamento frente às variações ambientais, embora, conforme os autores, a heterozigosidade não foi suficiente para explicar totalmente o comportamento mais estável.

HANSON (1970) e BAINS (1976), trabalhando em espécies autógamas, soja [*Glycine max* (L.) Merrill] e trigo (*Triticum aestivum* L.), respectivamente, coincidem em assinalar que a estabilidade é uma propriedade específica de certos genótipos e não associada à heterozigosidade. HANSON (1970) considera que a estabilidade, por ser uma propriedade específica de certos genótipos, é difícil de ser melhorada.

Para ANDRUS (1966), as populações naturais de espécies alógamas bem tamponadas devem possuir vários locos em heterozigose para promover a adaptação. Nas espécies autógamas a adaptação é conferida através de um sistema complexo de locos homozigóticos.

ALLARD & BRADSHAW (1964) utilizaram os termos "individual buffering" para caracterizar o mecanismo que confere a uma população homogênea, e "population buffering", que corresponde ao mecanismo responsável pela estabilidade numa população composta por uma diversidade de genótipos.

TORRES (1988) estudou o controle genético da estabilidade fenotípica de cultivares de milho, e verificou ausência de correlação significativa entre a estabilidade e a produtividade, evidenciando que estas características de-

vem ter controles genéticos independentes. O referido autor concluiu que é preferível, no contexto dos programas de melhoramento, selecionar primeiro para produtividade e, depois, dentro do grupo de genótipos elite selecionados para esta característica, selecionar para estabilidade.

2.3. Estabilidade em Espécies Autógamas

Em espécies autógamas, a estabilidade vem sendo pesquisada tanto em linhagens puras como em misturas varietais e materiais segregantes, como consequência de algumas evidências obtidas em estudos da estabilidade fenotípica, indicando uma certa vantagem de materiais genéticos heterogêneos em relação às linhagens homozigotas.

Assim, uma técnica para minimizar os efeitos das condições ambientais imprevisíveis, envolvendo o uso de multilinhas de aveia, foi proposta por JENSEN (1965). Estas multilinhas são formadas a partir de uma mistura de genótipos compatíveis, portadores de diferentes genes de resistência e patógenos. BORLAUG (1954) propôs uma alternativa semelhante, porém, baseada na utilização de linhagens isogênicas, para dar maior uniformidade às multilinhas de trigo a serem obtidas.

RASMUSSEN (1968), trabalhando com cevada, concluiu que as variedades e misturas simples não diferem entre si em relação à estabilidade da produção de grãos. BUSCH *et alii* (1976) obtiveram evidências semelhantes em pesquisas

com populações segregantes e variedades de trigo.

SHAALAN *et alii* (1966) verificaram que as misturas de linhagens de trigo reconstituídas anualmente, foram mais estáveis que as próprias misturas originais, ou que cada linhagem separadamente.

FREY & MALDONADO (1970) verificaram que a vantagem do uso de populações heterogêneas em relação a linhagens puras de aveia aumenta na medida em que os ambientes se tornam mais variáveis.

HANSON (1970) estudou a estabilidade de um grupo de 14 acessos de soja, formado por quatro cultivares comerciais, oito linhagens irmãs, provenientes do mesmo cruzamento, a população original da qual as oito linhagens foram isoladas e uma mistura varietal das mesmas. A análise da estabilidade dos materiais citados permitiu verificar que a estabilidade é uma propriedade específica de cada genótipo, considerando que genótipos muito relacionados, como as oito linhagens irmãs, apresentaram respostas extremamente diferentes. A população original foi o material mais estável dentro do grupo de cultivares de alto rendimento.

JOPPA *et alii* (1971) estudaram a estabilidade dos cultivares de trigo, incluídos nos ensaios conduzidos em 20 localidades da região norte dos Estados Unidos, e verificaram que os genótipos mais suscetíveis foram os que mais contribuíram para a significância da interação genótipos x ambientes. Os cultivares mais estáveis foram detectados pela metodologia de EBERHART & RUSSELL (1966) que, conforme JOPPA

et alii (1977), constitui-se num importante auxiliar do melhorista.

SOUZA (1985) estudou a adaptabilidade e estabilidade da produção de grãos e mais nove caracteres de 22 genótipos de trigo, incluídos no ensaio realizado no Estado de Minas Gerais, Brasil. O autor estimou os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para cada caráter, utilizando a metodologia proposta por EBERHART & RUSSELL (1966). A nível de cada genótipo, as respostas foram bastante diversificadas para os diferentes caracteres estudados, ocorrendo o mesmo quanto aos desvios da linearidade, evidenciando variações quanto à adaptabilidade e à estabilidade dos genótipos dentro e entre caracteres. Os estimadores dos coeficientes de regressão ($\hat{\beta}$) e as médias da produção de grãos, somente foram correlacionados significativamente de forma positiva com os de peso de mil grãos.

BAINS (1976) estudou a estabilidade da produção de grãos de seis genótipos de trigo e seus cruzamentos nas gerações F_2 , F_3 e F_4 . Os componentes, lineares e não lineares da interação de genótipos x ambientes, das gerações avançadas de cada cruzamento, corresponderam aos componentes dos genitores. O autor concluiu que os componentes lineares e não lineares da estabilidade são controlados geneticamente, consequentemente, os genitores devem ser cuidadosamente escolhidos.

2.4. Métodos para o Estudo da Estabilidade

A metodologia mais antiga para avaliar os genótipos frente às variações ambientais é a tradicional análise de grupos de experimentos, desenvolvidos em vários locais e vários anos. Através dessa análise estudam-se os efeitos dos genótipos locais e anos, além das interações de genótipos x locais, genótipos x anos, locais x anos e genótipos x locais x anos. As combinações de locais e anos são tomadas como ambientes diferentes, sendo que a variação ambiental dentro de cada genótipo é considerada uma medida de sua estabilidade. O genótipo apresentando a menor magnitude do quadrado médio de ambientes dentro de genótipos é o mais estável.

PLAISTED & PETERSON (1959) desenvolveram um método para caracterizar a estabilidade de cultivares. Inicialmente, efetua-se uma análise incluindo os locais e genótipos considerados. Se a interação de genótipos x locais for significativa, realiza-se uma análise do conjunto de todos os anos para cada combinação de genótipos tomados dois a dois. Para I genótipos serão necessárias $I(I-1)/2$ análises. Essas análises fornecem uma estimativa da σ_{gl}^2 , para cada par de genótipos. O seguinte passo constitui o cálculo da média aritmética das estimativas das σ_{gl}^2 para cada variedade, aquela que apresenta o menor valor é a que contribui menos para as interações de genótipos x locais e, consequentemente, a mais estável.

Para WRICKE (1965), a estabilidade é definida através de um parâmetro denominado ecovalência. Por esse método, a soma de quadrados da interação $G \times A$ é dividida entre os cultivares separadamente. VENCovsky & GERALDI (1977), consideram que os métodos de PLAISTED & PETERSON (1959) e de WRICKE (1965) são muito amplos e gerais. OLIVEIRA (1976) objetiva que a dificuldade aumenta, ou seja, o estudo torna-se mais trabalhoso na medida em que aumenta o número de cultivares testados.

Várias técnicas analíticas que utilizam princípios de regressão linear foram propostas em diversos estudos da estabilidade. Assim, YATES & COCHRAN (1938) apresentaram uma técnica para dividir a interação genótipos $\times$ ambientes em parâmetros que descrevem a estabilidade de um caráter, a partir da análise de regressão conjunta de uma série de experimentos.

Para cada variedade, determina-se uma regressão linear do rendimento em relação à média de rendimento de todas as variedades em cada ambiente. Ajusta-se uma equação de regressão para cada material que, representada num gráfico de eixos cartesianos, mostra o seu desempenho em cada ambiente.

FINLAY & WILKINSON (1963) adaptaram a técnica anterior a uma análise de regressão do rendimento de grãos, previamente transformada em escala logarítmica, associadas a um índice de ambiente, definido como a produção média de todas as variedades em cada ambiente. O uso da transformação

logarítmica das médias induz a um alto grau de linearidade da regressão.

Os parâmetros para a determinação da estabilidade são o coeficiente de regressão ($\hat{\beta}$) e a produção média de cada variedade em todos os ambientes. Assim, o coeficiente de regressão próximo de 1,0 indica estabilidade média quando associado com média de rendimento alta, o cultivar terá capacidade geral de adaptação, ou pobre adaptação, quando a média for baixa. Coeficientes angulares acima de 1,0 indicam sensibilidade ambiental e especificidade de adaptação a ambientes superiores e, abaixo de 1,0, insensibilidade ambiental e especificidade a ambientes inferiores. Este método tem sido utilizado vantajosamente por FINDLAY & WILKINSON (1963) e RASMUSSEN (1968) em cevada; SANTOS & VIEIRA (1975) em soja e ORTEGA *et alii* (1983) em girassol.

EBERHART & RUSSELL (1966), utilizando dados não transformados, propuseram um modelo alternativo, que baseia-se em estimar, para cada genótipo, um coeficiente de regressão linear e uma variância dos desvios da regressão, quantidades que, conjuntamente, medem o grau de estabilidade e previsibilidade do comportamento de cada material, frente às variações ambientais. Os índices ambientais são obtidos pela diferença entre a média de cada ambiente e a média geral. Para EBERHART & RUSSELL (1966), a variedade ideal deveria apresentar um rendimento acima da média geral, com o coeficiente de regressão (β) = 1,0 e os desvios da regressão (σ_D^2) = 0. Este método foi largamente utilizado em pesquisas

agrícolas por EBERHART & RUSSELL (1966) em milho; JOPPA *et alii* (1971) em trigo; PATONATHAY & ATKINS (1974) em sorgo, entre outros.

Várias críticas foram feitas ao índice de ambiente obtido conforme a metodologia de EBERHART & RUSSELL (1966), indicando que o índice de ambiente é um efeito associado a erros que afeta as regressões na obtenção dos coeficientes. Baseado nisso, alternativas analíticas foram propostas por TAI (1971), FREEMAN & PERKINS (1971) e FRIPP & CATEN (1971).

Contudo, segundo TAI (1971), quando o número de genótipos e ambientes é grande, as diferenças entre métodos é mínima. Conclusão semelhante foi obtida por FRIPP & CATEN (1971), indicando que as regressões diferem pouco quando o ambiente é determinado pela média de todos os genótipos ou estimado por um genótipo padrão. Evidências semelhantes também foram reportadas por PERKINS & JINKS (1973) e CARVALHO *et alii* (1983).

OLIVEIRA (1976), em um estudo comparativo de seis métodos de determinação da estabilidade em plantas cultivadas, a saber: a) método tradicional; b) método de PLAISTED & PETERSON; c) método de WRICKE; d) método de FINLAY & WILKINSON; e) método de EBERHART & RUSSELL; e f) método de TAI, concluiu que os métodos de FINLAY & WILKINSON e EBERHART & RUSSEL foram mais informativos.

VERMA *et alii* (1978) consideram que técnicas como a de EBERHART & RUSSELL (1966) não são propícias para

detectar genótipos com diferentes performances em ambientes contrastantes. Os autores apresentaram uma metodologia alternativa, que consiste no agrupamento separado de dois segmentos de reta, a partir de duas equações de regressão. Uma para ambientes com índices negativos e outra para ambientes com índices positivos, incluindo também o menor índice de ambiente negativo, em valor absoluto, para dar continuidade à linha de regressão. Contudo, quando o número de ambientes é pequeno, a análise pode se tornar impraticável.

SILVA & BARRETO (1985) propuseram o ajustamento de uma única equação, constituída de dois segmentos de reta, para cada genótipo, com união no ponto correspondente ao valor zero do índice de ambiente.

Os autores propuseram o seguinte modelo:

$$E(Y_i) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X + \hat{\beta}_2 T(X) \quad ,$$

sendo,

$E(Y_i)$: Esperança do rendimento do cultivar i ;

onde:

$T(X) = 0$, se $X \leq 0$;

$T(X) = X$, se $X > 0$;

X : índice de ambiente definido conforme EBERHART & RUSSELL (1966).

Este modelo de regressão múltipla apresenta duas variáveis independentes, X o índice de ambiente e $T(X)$ que é o próprio índice do ambiente se positivo, ou zero

quando negativo.

A equação de regressão ajustada para cada genótipo tem duas expressões:

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 X \quad , \text{ se } X < 0 \quad , \quad e$$

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + (\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2)X \quad , \text{ se } X > 0 \quad ,$$

sendo $\hat{\beta}_0$ a média de rendimento e $\hat{\beta}_1$ e $(\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2)$ estimativas dos parâmetros de estabilidade do modelo. Através deste método é possível estudar a performance de materiais genéticos em ambientes inferiores e superiores, separadamente.

FERNANDES (1988), estudando a estabilidade de cultivares de milho, comparou as metodologias de EBERHART & RUSSELL (1966) e SILVA e BARRETO (1985) e verificou um novo discernimento entre os cultivares avaliados quando utilizou a última metodologia. No entanto, foi detectada uma correlação negativa entre as estimativas dos parâmetros de estabilidade.

CRUZ *et alii* (1988) propuseram um modelo alternativo, conceitualmente semelhante ao de SILVA & BARRETO (1985), que apresenta um aprimoramento de natureza estatística para eliminar as correlações entre as estimativas dos parâmetros de estabilidade, a partir da redefinição da variável $T(X)$. Conforme os autores, a modificação proposta possibilita a decomposição ortogonal das somas de quadrados de ambientes dentro de cada cultivar e, conseqüentemente,

permite a obtenção dos quadrados médios da regressão e desvios da linearidade, bem como identificar os testes estatísticos apropriados às hipóteses formuladas.

Por outro lado, conforme LIN *et alii* (1986), o estudo da estabilidade por métodos de agrupamento constitui-se num instrumento útil por permitir uma avaliação conjunta de grupos de cultivares. Estes autores compararam nove medidas de similaridade usadas em estudos de agrupamento de cultivares, visando a formação de grupos homogêneos quanto ao padrão de estabilidade.

2.5. Algumas Aplicações Práticas do Agrupamento de Ambientes

Os critérios utilizados para regionalização podem ser agrupados em duas categorias. 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 secundário à influência destes fatores sobre o genótipo. A outra linha metodológica parte das reações dos genótipos quando expostos a diversas condições ambientais, sem requerer um conhecimento específico dos fatores ambientais responsáveis pelos diferentes comportamentos dos genótipos (CORDEIRO & SILVA, 1980).

Baseados na disponibilidade ambiental do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, PASCALE & MOTA (1966) determinaram os tipos agroclimáticos para a cultura de trigo no Estado. LIANG *et alii* (1966) e ABOU-EL-FITTOUH *et alii* (1969a) estudaram o zoneamento das culturas de trigo e algodão, respectivamente, fundamentando-se na análise de variância associada a alguma informação sobre os fatores ambientais.

ABOU-EL-FITTOUH *et alii* (1969b) utilizaram a análise de conglomeração ("cluster analysis") para classificar locais da região da cultura de algodão dos Estados Unidos. A avaliação entre locais foi realizada utilizando-se como medida de similaridade o coeficiente de correlação e a distância Euclidiana média, estimada a partir dos efeitos da interação de genótipos x locais. Os autores consideram que a distância Euclidiana parece mais eficiente na definição das sub-regiões.

GOODCHILD & BOYD (1975) analisaram dados da produção de trigo de 58 localidades da Austrália, durante o período de 1932 a 1971, utilizando a técnica de componentes principais. A maior percentagem da variação responsável pela interação foi atribuída ao efeito da variação entre locais. O trabalho possibilitou a classificação das quatro regiões onde deverão ser localizadas as unidades operativas do programa de melhoramento para a obtenção de variedades de ampla adaptação.

BYTH *et alii* (1976) avaliaram 49 cultivares de trigo em 63 locais utilizados na rede de ensaios do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT). A medida de similaridade utilizada na análise de conglomeração foi o quadrado da distância Euclidiana padronizada. O estudo possibilitou a formação de grupos tanto de cultivares quanto de locais.

CAMPBELL & LAFEVER (1977) caracterizaram a resposta de 11 cultivares de trigo avaliados em 27 ambientes diferentes (locais e anos), na região leste dos Estados Unidos. Os resultados das correlações de todos os possíveis pares de médias evidenciaram que o local onde a linhagem foi isolada teve grande influência na determinação do seu grau de adaptação. Os mesmos autores concluíram que, quando o objetivo do programa for a obtenção de linhagens de ampla adaptação, o local de seleção deverá estar positivamente correlacionado com o maior número possível de locais da mesma região. Os resultados são apresentados também através de dendrogramas, obtidos pelo método hierárquico aglomerativo do Vizinho mais Próximo.

CORDEIRO & SILVA (1980) apresentaram um estudo para o zoneamento da região centro-sul do Brasil para a cultura de milho. Nas análises preliminares foram comparados três métodos de agrupamento do grupo de aglomerativos hierárquicos: distância máxima, centróide e ligação média. Para o estudo, os autores adotaram como medida de similaridade a distância Euclidiana média e o método aglomerativo de liga-

ção média, por se mostrar mais estável e oferecer melhores recursos para interpretação. Entretanto, a proposição de um novo zoneamento foi inviável, dada a inadequação do material para tal propósito.

SILVA (1981) estudou a regionalização do Estado do Rio Grande do Sul para a cultura do trigo, utilizando três métodos multivariados, agrupando os locais de acordo com o padrão de similaridade da interação genótipos x locais. Os resultados mostraram que os locais das atuais regiões II, III e IV se comportam como única região no Estado para a cultura de trigo.

VENCOVSKY & CRUZ (1989) consideram que a avaliação de materiais genéticos em diferentes condições de ambientes é uma necessidade na maioria dos programas de melhoramento. Assim, os ensaios regionais devem ser conduzidos em localidades que representem adequadamente as diversidades ecológicas existentes. Com esse argumento, os autores procuram verificar, por métodos de agrupamento, se algum dos locais utilizados na rede de ensaios de milho conduzidos nos Estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo e Paraná poderia ser desconsiderado, caso apresentasse similaridade em relação a outros.

Através do agrupamento foi possível verificar que três locais permaneceram consistentemente juntos, no mesmo grupo, ao longo dos anos, dando subsídios para reduzir o número de locais de 11 para 9, sem perda do poder de discriminação entre genótipos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Estabilidade de Cultivares de Trigo

No presente estudo foram usados dados de rendimento de grãos (kg/ha) dos Ensaio Regionais de Rendimento de Trigo, que incluíram cultivares e linhagens promissoras. Estes ensaios tiveram como objetivo principal avaliar o potencial de rendimento e outras características agronômicas desejáveis dos tratamentos, como ampla adaptação, precocidade e elevado peso hectolítrico. Também visaram a identificação de cultivares que apresentam boa tolerância ao complexo de doenças que atacam o cereal no país, destacando-se, entre os principais, a ferrugem da folha, a helmintosporiose, a septoriose, a fusariose e a bacteriose (VIEDMA *et alii*, 1987).

3.1.1. Materiais e ambientes utilizados

Utilizaram-se dez cultivares comuns dos experimentos que incluíram 25 tratamentos. A relação destes cultivares com suas respectivas genealogias e origens é forne-

cida na Tabela 1.

Tabela 1 - Genealogia e origem dos dez cultivares de trigo em estudo.

CULTIVARES	GENEALOGIA	ORIGEM
Variedades Comerciais:		
Cordillera 3	Kavkaz/Buho'S'//KAL/Bluebird	México
Cordillera 4	Aepoglom/II 64.27	USA
IAN 5	Klein Lucero*4/Y 54/IFLE 9996	Uruguai
IAN 7	Pelotas 72214	Brasil
Itapúa 25	PI/3/LR 64//TZPP/Knott 2	México
Itapúa 30	Jupateco 'S'/Alondra 'S'	México
Linhas Avançadas:		
C-8289	Burgus 2//KAL/Bluebird	México
C-8055	Bobwhite 'S'	México
E-8109	CMH 74A,754//Pel 72380/ATR ...	México
C-81116	Hahn 'S'	México

Os ensaios foram conduzidos em sete localidades da região oriental do Paraguai, durante os anos agrícolas de 1986 e 1987. Os locais de avaliação são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Locais em que foram conduzidos os ensaios, durante os anos de 1986 e 1987.

LOCAIS	
Caacupé	(L1)
Volendam	(L2)
Colonia Yguazú	(L3)
Tomas R. Pereira	(L4)
Capitán Miranda	(L5)
San Juan Bautista	(L6)
Agriex	(L7)

A instalação dos experimentos foi realizada na época recomendada para todas as variedades cultivadas na região oriental, compreendendo o plantio entre a segunda quinzena de maio e a primeira quinzena de junho, conforme TORRES *et alii* (1983).

3.1.2. Detalhes experimentais

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com três repetições. As parcelas experimentais constituíram-se de seis fileiras de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,20 m com 60 plantas por metro linear, sendo a área útil constituída por quatro metros das quatro fileiras centrais, perfazendo 3,2 m², num total de 300 indivíduos por metro quadrado.

Na época do plantio foi feita uma adubação básica utilizando-se 20 kg/ha de nitrogênio, 70 kg/ha de fós-

foro e 30 kg/ha de potássio, nas formas de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Posteriormente, durante o perfilhamento, realizou-se adubação de cobertura com mais 20 kg/ha de nitrogênio. A cada 20 dias, a partir da instalação do ensaio em campo, foi aplicado um inseticida do grupo monocrotophos, na dose de 500 cc/ha, para o controle de pragas.

A colheita foi realizada manualmente, as plantas foram beneficiadas em trilhadeiras estáticas; posteriormente, determinaram-se o peso dos grãos por parcela, o peso específico e o peso de 1.000 grãos. As operações de adubação, controle de pragas e colheita foram executadas da mesma forma em todos os ensaios.

3.1.3. Análises individuais da variância

Realizaram-se as análises da variância individuais dos experimentos para cada local e ano, a fim de detectar a significância do quadrado médio entre genótipos e se determinar as estimativas da variância do erro experimental. O modelo matemático utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} = rendimento de grãos do genótipo i no bloco j ;

μ = média geral do caráter;

g_i = efeito do genótipo i ($i=1,2,\dots,I$);

b_j = efeito do bloco j ($j=1,2,\dots,J$);

e_{ij} = efeito do erro experimental;

sendo:

I = 25 genótipos;

J = 3 repetições.

3.1.4. Análise conjunta da variância

Procedeu-se à análise conjunta dos dados de rendimento de grãos (kg/ha) dos experimentos, a fim de detectar a ocorrência de comportamento diferencial dos genótipos nos diferentes locais e anos. A verificação da homogeneidade das variâncias residuais das análises individuais foi realizada conforme o critério estabelecido por Box (1954), citado por GOMES (1978).

O modelo utilizado para a análise conjunta foi:

$$Y_{ijkm} = \mu + g_i + b_{j(km)} + \ell_k + a_m + (g\ell)_{ik} + (ga)_{im} + (la)_{km} + (gla)_{ikm} + e_{ijkm}$$

onde:

Y_{ijkm} = rendimento de grãos do genótipo i , no bloco j ,
do local k , no ano m ;

μ = média geral;

g_i = efeito do genótipo i ($i=1,2,\dots,I$);

$b_{j(km)}$ = efeito do bloco j ($j=1,2,\dots,J$), no local k e no ano m ;

ℓ_k = efeito do local k ($k=1,2,\dots,K$);

a_m = efeito do ano m ($m=1,2,\dots,M$);

$(gd)_{ik}$ = efeito da interação do genótipo i com o local k ;

$(ga)_{im}$ = efeito da interação do genótipo i com o ano m ;

$(la)_{km}$ = efeito da interação do local k com o ano m ;

$(gla)_{ikm}$ = efeito da interação do genótipo i , com o local k e com o ano m ;

e_{ijkm} = erro experimental;

sendo:

$I = 10$ genótipos;

$J = 3$ blocos;

$K = 7$ locais;

$M = 2$ anos.

Os genótipos em estudo, assim como os locais, foram escolhidos *a priori*, sendo, portanto, seus efeitos fixos. Como os dois anos de avaliação foram normais, seus efeitos foram considerados aleatórios. Consequentemente, os resultados só serão válidos para os genótipos e localidades consideradas (MIRANDA FILHO, 1987 e STEEL & TORRIE, 1980).

A análise conjunta da variância e desdobramento dos graus de liberdade da interação tripla, efetuada para obtenção dos quadrados médios das interações simples dos ge-

nótipos por locais, para cada ano, e dos genótipos por ano, para cada local, estão de acordo com os esquemas propostos por VENKOVSKY & BARRIGA (1988).

3.1.5. Análise de Estabilidade

Obtiveram-se as estimativas dos parâmetros de estabilidade associados a cada um dos 10 cultivares de trigo selecionados, em que as combinações de locais e anos foram tomadas como 14 ambientes diferentes. Adotou-se o método proposto por CRUZ *et alii* (1988), que apresenta o seguinte modelo matemático:

$$\bar{Y}_{in} = \beta_{0i} + \beta_{1i} X_n + \beta_{2i} T(X) + \delta_{in}$$

sendo que:

$\bar{Y}_{in}$ em notação simplificada representa a média do cultivar i , sobre todos os blocos, no ambiente n ($n=1,2,\dots,N$), sendo n a combinação (km) de locais e anos, tal que $N = 14$;

$$\beta_{0i} = \bar{Y}_{i.};$$

β_{1i} e β_{2i} = parâmetros de estabilidade;

δ_{in} inclui o desvio da regressão do genótipo i no ambiente n , mais o erro experimental inerente à média $\bar{Y}_{in}$;

$$X_n = \frac{\bar{Y}_{.n}}{I} - \frac{\bar{Y}_{..}}{IN}, \quad \sum_{n=1}^N X_n = 0,$$

em que,

$\frac{\bar{Y}_{.n}}{I}$ = média de todos os genótipos no ambiente n ; e

$\frac{\bar{Y}_{..}}{IN}$ = média de todos os genótipos em todos os ambientes. considerando que:

$$T(X_n) = 0 \quad , \quad \text{se } X_n \leq 0;$$

$$T(X_n) = X_n - \bar{X}_p \quad , \quad \text{se } X_n > 0;$$

onde:

$\bar{X}_p$ = média dos índices X_n positivos;

$$\sum_{n=1}^N T(X_n) = \sum_{n=1}^{N_1} T(X_n) = \sum_{n=N_1+1}^N T(X_n) = 0 ;$$

sendo:

N_1 = número de ambientes desfavoráveis (índices X_n negativos);

$N - N_1$ = número de ambientes favoráveis (índices X_n positivos).

Os estimadores dos coeficientes de regressão são obtidos por meio das seguintes expressões:

$$\hat{\beta}_{1i} = \frac{\sum_{n=1}^N \bar{Y}_{in} X_n - \sum_{n=1}^N \bar{Y}_{in} T(X_n)}{\sum_{n=1}^N X_n^2 - \sum_{n=1}^N T^2(X_n)}$$

$$\hat{\beta}_{2i} = \frac{\sum_{n=1}^N X_n^2 \sum_{n=1}^N \bar{Y}_{in} T(X_n) - \sum_{n=1}^N T^2(X_n) \sum_{n=1}^N \bar{Y}_{in} X_n}{\sum_{n=1}^N T^2(X_n) \sum_{n=1}^N X_n^2 - \sum_{n=1}^N T^2(X_n)}$$

$$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i} = \frac{\sum_{n=1}^N \bar{Y}_{in} T(X_n)}{\sum_{n=1}^N T^2(X_n)}$$

A soma de quadrados de ambientes dentro de cada genótipo foi obtida da forma usual. A soma de quadrados devidas à regressão foi obtida pela seguinte expressão:

$$SQR = \frac{\left[\sum_{n=1}^N \bar{Y}_{in} X_n - \sum_{n=1}^N \bar{Y}_{in} T(X_n) \right]^2}{\sum_{n=1}^N X_n^2 - \sum_{n=1}^N T^2(X_n)} + \frac{\left[\sum_{n=1}^N \bar{Y}_{in} T(X_n) \right]^2}{\sum_{n=1}^N T^2(X_n)}$$

com dois graus de liberdade.

O outro parâmetro de estabilidade considerado é o quadrado médio dos desvios da regressão, obtido para cada genótipo pela diferença entre a soma de quadrados de ambientes, dentro do genótipo *i*, e a soma de quadrados para regressão com $N-3$ graus de liberdade.

Para avaliar quanto da variação total se deveu aos efeitos lineares, calculou-se o coeficiente de determi-

nação, R^2 , obtido pela razão entre a soma de quadrados devida a regressão e a soma de quadrados de ambientes dentro do genótipo i .

A comparação das médias dos cultivares para a produção de grãos foi feita através do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para testar os coeficientes de regressão do modelo de CRUZ *et alii* (1988), são formuladas as seguintes hipóteses para o cultivar i :

$$H_{0(i)}: \hat{\beta}_{1i} = 1 \quad ; \quad H_{1(i)}: \hat{\beta}_{1i} < 1 \quad ; \quad e$$

$$H_{0(i)}: (\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}) = 1 \quad ; \quad H_{1(i)}: (\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}) > 1 \quad ,$$

sendo H_0 e H_1 as hipóteses de nulidade e alternativa, respectivamente, que foram testadas pelo teste t , aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, dados por:

$$t_i = \frac{\hat{\beta}_{1i} - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{1i})}}$$

$$t_i = \frac{(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}) - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i})}}$$

O esquema da análise da variância proposto por CRUZ *et alii* (1988) é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Esquema da análise da variância segundo o método de CRUZ *et alii* (1988).

C.V.	G.L.	QM	F
Ambientes (A)	N-1	QA	
Genótipos (G)	I-1	QG	QG/QGA
Interação GxA	(I-1)(N-1)	QGA	QGA/QE
Amb./Genótipos	I(N-1)		
Amb./Genótipo(1)	N-1	QA ₁	QA ₁ /QE
Reg./Genótipo(1)	2	QR ₁	QR ₁ /QD ₁
Desv./Genótipo(1)	N-3	QD ₁	QD ₁ /QE
⋮			
Amb./Genótipo(I)	N-1	QA _I	QA _I /QE
Reg./Genótipo(I)	2	QR _I	QR _I /QD _I
Desv./Genótipo(I)	N-3	QD _I	QD _I /QE
Erro Médio		QE	

QE: Quadrado Médio do erro da análise conjunta.

3.2. Escolha de Locais para Seleção de Cultivares de Trigo

3.2.1. Materiais e ambientes utilizados

Para o presente estudo também foram utilizados dados de rendimento de grãos (kg/ha) dos Ensaio Regionais de Rendimento de Trigo, que incluíram 25 cultivares de trigo comuns em relação a locais dentro de cada ano com 14 cultivares comuns em relação a anos. Estes ensaios foram conduzidos nos mesmos locais e anos citados na Tabela 1. Os detalhes experimentais correspondem aos descritos no item 3.1.2.

3.2.2. Medida de similaridade

A medida de similaridade adotada foi o coeficiente de correlação entre cada par de locais. O cálculo do coeficiente de correlação é dado pela fórmula:

$$r_{kk'} = \frac{\text{Cov}(\bar{Y}_{ik}; \bar{Y}_{ik'})}{[\text{V}(\bar{Y}_{ik}) \text{V}(\bar{Y}_{ik'})]^{1/2}}$$

onde:

$$\text{Cov}(\bar{Y}_{ik}; \bar{Y}_{ik'}) = \frac{\sum \bar{Y}_{ik} \bar{Y}_{ik'} - \frac{\sum \bar{Y}_{ik} \sum \bar{Y}_{ik'}}{I}}{I-1}$$

$$e \quad VC(\bar{Y}_{ik}) = \frac{\sum \bar{Y}_{ik}^2 - \frac{(\sum \bar{Y}_{ik})^2}{I}}{I-1}$$

A classificação de locais foi efetuada dentro de cada ano para verificar a consistência do agrupamento em relação aos anos.

3.2.3. Métodos de agrupamento

Realizou-se o agrupamento de locais utilizando-se os métodos de Tocher e do Vizinho mais Próximo ("Single Linkage Method"), descritos por RAO (1952) e SNEATH & SOKAL (1973), respectivamente, e apresentados detalhadamente por RIBOLDI (1985) e CRUZ (1987). Os agrupamentos foram realizados utilizando-se como medida de similaridade o coeficiente de correlação entre pares de locais.

O método de Tocher consiste em agrupar locais tomando-se como base as matrizes determinadas através de um índice de similaridade ou distância entre cada par de locais. Este método se caracteriza pelo estabelecimento de grupos mutuamente exclusivos, isto é, a média dos valores intra-grupo deve ser menor que o valor inter-grupos. Na matriz, identifica-se o par de locais mais próximos, ou seja, o que apresenta a menor distância. A partir daí é analisada a possibilidade de entrada de um novo local ao grupo já formado, ou a formação de novo grupo.

O critério para inclusão de novos locais foi estabelecido no presente trabalho, considerando-se que o valor médio da distância intra-grupo deve ser menor que o maior valor das distâncias mínimas referidas a cada local.

O método do Vizinho mais Próximo consiste em identificar na matriz o par de locais mais próximos, formando-se, assim, o primeiro grupo; em seguida é calculada a distância entre este grupo e os demais locais e, nas etapas sucessivas, o cálculo é feito em relação aos grupos já formados. Desta forma, cada agrupamento irá operar como uma matriz de similaridade de dimensão reduzida, até agrupar todos os locais num único grupo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estabilidade de Cultivares de Trigo

Os valores médios de rendimento de grãos (kg/ha) dos experimentos de trigo conduzidos em sete locais da região oriental do Paraguai, nos anos de 1986 e 1987, estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente. As Tabelas mostram também as variâncias residuais ao nível de médias, e os coeficientes de variação dos experimentos.

O ensaio de San Juan Bautista, em 1987, apresentou o menor rendimento médio (1.086 kg/ha) e o de Capitán Miranda, no mesmo ano, o maior rendimento médio (3.261 kg/ha). Esses valores revelam que houve uma grande flutuação no rendimento de grãos, como consequência das variações ambientais nos locais e anos em que foram realizados os ensaios.

Tabela 4 - Rendimento médio de grãos (kg/ha) de 10 cultivares de trigo, incluindo as variâncias residuais a nível de médias (s^2/J), médias ambientais ($\bar{Y}_{.k}$) e coeficientes de variação (C.V.) dos ensaios conduzidos em sete locais da região oriental do Paraguai, no ano de 1986.

CULTIVARES	L O C A I S						
	Caacupé	Volendam	Colonia Yguazú	T.R. Pereira	Capitán Miranda	S.J. Bautista	Agriex
Cordillera 3	1.640	2.585	2.313	1.703	2.672	2.366	1.844
Cordillera 4	1.211	2.002	2.574	1.808	2.419	2.159	1.438
IAN 5	1.525	2.118	1.917	1.333	2.406	1.950	1.391
IAN 7	1.738	1.944	2.707	1.752	2.269	2.097	1.375
Itapúa 25	1.224	2.202	1.636	1.272	2.147	1.747	1.563
Itapúa 30	1.503	2.302	2.778	2.184	1.769	1.763	1.688
C-8289	1.652	2.065	2.761	2.523	2.206	2.147	2.000
C-8055	1.476	2.074	2.410	2.186	2.188	2.084	1.594
E-8109	1.309	2.193	3.088	2.426	1.969	2.375	2.000
C-81116	1.894	2.570	1.779	1.282	1.509	2.213	875
s^2/J	22.917	45.700	23.421	24.750	44.700	25.242	15.401
$\bar{Y}_{.k}$	1.517	2.206	2.396	1.847	2.155	2.090	1.577
C. V. %	16,1	16,8	11,5	15,5	16,6	12,6	15,0

Tabela 5 - Rendimento médio de grãos (kg/ha) de 10 cultivares de trigo, incluindo as variâncias residuais a nível de médias (s^2/J), médias ambientais ($\bar{Y}_{.k}$) e coeficientes de variação (C.V.) dos ensaios conduzidos em sete locais da região oriental do Paraguai, no ano de 1987.

CULTIVARES	L O C A I S						
	Caacupé	Volendam	Colonia Yguazú	T.R. Pereira	Capitán Miranda	S.J. Bautista	Agriex
Cordillera 3	2.146	2.021	1.854	1.719	3.434	881	1.650
Cordillera 4	1.313	2.153	2.185	2.135	3.247	1.441	1.759
IAN 5	2.010	2.131	2.267	2.243	3.391	1.009	1.809
IAN 7	1.729	2.463	2.379	2.260	3.088	1.169	1.875
Itapúa 25	1.349	2.181	1.528	1.948	2.634	1.009	1.522
Itapúa 30	1.771	2.245	1.813	1.823	3.097	1.300	1.441
C-8289	2.375	2.524	2.175	1.986	2.738	988	1.703
C-8055	1.843	2.020	2.629	2.583	3.284	1.100	1.778
E-8109	2.021	1.991	2.922	2.469	3.872	981	2.113
C-81116	2.510	2.291	2.265	2.490	3.822	981	1.706
s^2/J	39.024	45.614	39.492	49.819	16.940	20.553	19.231
$\bar{Y}_{.k}$	1.907	2.202	2.202	2.166	3.261	1.086	1.736
C. V. %	18,2	17,4	16,5	20,1	7,2	22,5	13,9

4.1.1. Análise conjunta da variância

A pressuposição da homogeneidade das variâncias residuais das análises individuais foi satisfeita. Os resultados da análise conjunta dos dados de rendimento de grãos (kg/ha) de dez genótipos de trigo avaliados em sete locais da região oriental do Paraguai, durante os anos de 1986 e 1987, estão apresentados na Tabela 6.

Conforme pode-se verificar, não foram detectadas diferenças significativas entre os efeitos dos genótipos, locais e anos, de acordo com o teste de F. A interação de locais x anos (LxA) foi altamente significativa, de acordo com o teste de F ($P < 0,01$). A interação de genótipos por locais (GxL) não foi significativa, evidenciando que os cultivares apresentaram rendimentos consistentes nos locais de avaliação na média dos anos; entretanto, esta ausência de significância no período de dois anos não reflete a verdadeira importância dos efeitos da interação (GxL). Por sua vez, a interação de genótipos x anos (GxA) foi altamente significativa, o que já representa uma dificuldade para o melhorista de plantas. A significância desta interação indica que houve resposta diferencial dos genótipos de um ano para outro, entre os locais de avaliação, conseqüentemente, um genótipo bom num ano pode não sê-lo no outro ano.

A interação de genótipos x locais x anos (GxLxA) foi altamente significativa, ($F_{CP} < 0,01$). A significância da interação tripla (GxLxA) sugere que a interação

simples (GxL) pode variar de ano para ano. Alternativamente indica que a interação simples (GxA) pode variar de local para local.

Diversas causas ambientais podem estar associadas à interação de segunda ordem. Assim, as flutuações ambientais durante o ciclo de desenvolvimento da cultura podem não ser consistentes de ano para ano, ou de local para local. Mudanças ambientais como variações na magnitude e distribuição das precipitações, flutuações da temperatura e diferenças entre as propriedades físico-químicas dos solos, aliadas às datas de plantio e ao ciclo dos cultivares, parecem ser as principais causas da resposta diferencial dos cultivares de trigo nas condições da região oriental do Paraguai. Também a falta de disponibilidade de água em períodos críticos do desenvolvimento do cereal, como o período de perfilhamento ou enchimento de grãos, pode causar sérios danos ao cultivo, principalmente em solos arenosos, característicos das localidades de Caacupé, Volendam e S.J. Bautista. Estes e outros aspectos ambientais de interesse para a cultura são abordados detalhadamente pelo Programa Nacional de Trigo, Paraguai (1977).

Considerando-se a importância das interações de genótipos x ambientes em termos de estratégias de melhoramento e, particularmente, neste estudo, em que foi detectada a significância da interação tripla, realizou-se um estudo detalhado para uma melhor interpretação.

Tabela 6 - Análise conjunta da variância dos dados de rendimento de grãos (kg/ha) de dez cultivares de trigo, avaliados em sete locais da região oriental do Paraguai, durante os anos de 1986 e 1987.

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Blocos/L/A	28	15.770.372	563.228	
Locais (L)	6	19.978.374	3.329.729	1,62 ^{ns}
Anos (A)	1	423.500	423.500	0,75 ^{ns}
LxA	6	12.308.923	2.051.318	3,64 ^{**}
Genótipos (G)	9	2.567.861	285.487	1,65 ^{ns}
GxL	54	5.155.212	95.467	1,26 ^{ns}
GxA	9	1.555.082	172.787	5,68 ^{**}
GxLxA	54	4.101.206	75.948	2,50 ^{**}
Erro médio	672	20.428.800	30.400	

Média geral = 2.025 kg/ha

CV% = 14,9

ns: não significativo

** : FCP < 0,01)

Nas Tabelas 7 e 8 encontra-se o desdobramento dos graus de liberdade da interação tripla, efetuado para obtenção dos quadrados médios das interações simples dos genótipos por locais, para cada ano e, dos genótipos por ano para cada local.

Este desdobramento permitiu verificar que, apesar da interação genótipos x locais (GxL) não ter sido

significativa na análise conjunta dos dois anos, o foi nas análises conjuntas realizadas para cada ano separadamente (Tabela 7). De qualquer maneira, a relativamente pequena interação observada entre genótipos e locais, na análise para os dois anos, pode ser atribuída ao fato de que os cultivares estudados foram avaliados durante vários ciclos em testes preliminares e selecionados como os mais promissores para as condições da região oriental do país.

Tabela 7 - Análises conjuntas da variância dos dados de rendimento de grãos (kg/ha) de dez cultivares de trigo avaliados em sete locais da região oriental do Paraguai, nos anos de 1986 e 1987, respectivamente.

F. V.	G. L.	Q. M.	
		1986	1987
Blocos/Locais	14	507.378	619.076
Locais (L)	6	1.098.949 ^{ns}	4.279.922 ^{**}
Genótipos (G)	9	236.780 ^{**}	221.324 ^{**}
GxL	54	98.002 ^{**}	73.636 ^{**}
Erro médio	672	30.400	30.400
Média geral (kg/ha) =		1.970	2.080
CV% =		15,4	14,5

ns: não significativo

** $F(P < 0,01)$

Paralelamente, pode-se observar na Tabela 8 que a interação de genótipos x anos foi altamente significativa nas localidades de Colonia Yguazú, T.R. Pereira, Capi-

tán Miranda, de acordo com o teste F ao nível de 1% de probabilidade. Por sua vez, nas localidades de S.J. Bautista, Volendam e Agriex a interação de (GxA) apresentou menores níveis de significância. Na localidade de Caacupé não foi detectada significância da interação.

Tabela 8 - Análises conjuntas da variância dos dados de rendimento de grãos (kg/ha) de dez cultivares, para cada um dos sete locais de avaliação, na região oriental do Paraguai, durante os anos de 1986 e 1987.

F.V.	G.L.	(Q.M.) LOCAIS						
		Caacupé	Volendam	Colônia Yguazú	T.R. Pereira	Capitán Miranda	S.J. Bautista	Agriex
Blocos/Anos	4	3.615.515	244.370	374.326	1.526.049	1.018.144	271.699	148.455
Anos (A)	1	758.531 ^{ns}	61 ^{ns}	189.346 ^{ns}	507.848 ^{ns}	6.108.440 ^{ns}	5.042.088 [*]	126.087 ^{ns}
Genótipos (G)	9	189.210 [*]	29.732 ^{ns}	293.722 ^{ns}	157.088 ^{ns}	100.374 ^{ns}	25.606 ^{ns}	92.233 ^{ns}
GxA	9	34.217 ^{ns}	52.569 ⁺	100.632 ^{**}	148.448 ^{**}	174.816 ^{**}	50.916 ⁺	66.739 [*]
Erro médio	872	30.400	30.400	30.400	30.400	30.400	30.400	30.400
Média geral =		1.712	2.204	2.208	2.708	2.708	1.572	1.637
CV% =		17,3	13,7	13,1	15,0	11,2	19,2	18,2

ns: Não significativo
 +: $F(0,05 < P < 0,10)$
 *: $F(P < 0,05)$
 **: $F(P < 0,01)$

Neste contexto, fica evidente a necessidade do melhorista de avaliar materiais genéticos em vários locais, durante vários anos; ao mesmo tempo, este estudo preliminar das interações permite detectar o tipo de ambiente que deve ser considerado para a análise da estabilidade de cultivares de trigo, conseqüentemente, pode-se inferir que o uso de locais e anos como ambientes diferentes deve ser considerado para a caracterização da estabilidade fenotípica.

4.1.2. Análise de estabilidade

A análise da estabilidade para o caráter rendimento de grãos (kg/ha) encontra-se na Tabela 9. Observa-se que foram detectadas diferenças significativas entre cultivares, e que a interação de genótipos x ambientes também foi significativa. A variância do ambiente dentro de cada cultivar foi altamente significativa pelo teste de F, ao nível de 1% de probabilidade.

A decomposição da variância de ambientes dentro de cada cultivar, nos efeitos lineares e não lineares permite uma avaliação mais específica dos mesmos, evidenciando que grande parte da variação se explica pela regressão linear. O coeficiente de determinação (R^2) mostra que 78% da variação em termos de soma de quadrados é devida ao efeito linear. Este resultado está próximo aos obtidos por CAMPBELL & LEFEVER (1977) em trigo, BONATO (1978) em soja e FERNANDES (1988) em milho.

Tabela 9 - Análise conjunta da variância dos dados de rendimento de grãos (kg/ha) de dez genótipos de trigo, avaliados em 14 ambientes da região oriental do Paraguai, durante os anos de 1986 e 1987.

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Ambientes (A)	13	32.707.260	2.515.944	
Genótipos (G)	9	2.567.168	285.241	3,08**
Interação (GxA)	117	10.806.850	92.366	3,03**
Amb./Genótipos	130	43.514.110	334.724	11,01**
Amb./E-8109	13	6.654.360	511.874	16,83**
Regressão	2	5.421.920	2.710.960	24,20**
Desvios	11	1.232.440	112.040	3,58**
Amb./C-8289	13	2.902.420	223.263	7,34**
Regressão	2	1.884.788	942.394	10,18**
Desvios	11	1.017.632	92.512	3,04**
Amb./C-8055	13	3.847.072	295.929	9,73**
Regressão	2	3.383.404	1.691.702	40,13**
Desvios	11	463.672	42.152	1,39 ^{ns}
Amb./IAN 7	13	3.437.220	264.402	8,69**
Regressão	2	3.025.980	1.512.990	40,47**
Desvios	11	411.235	37.385	1,23 ^{ns}
Amb./Cordillera 3	13	4.771.960	367.074	12,07**
Regressão	2	3.713.284	1.856.642	19,19**
Desvios	11	1.058.673	96.243	3,16**
Amb./C-81116	13	7.549.664	580.743	19,19**
Regressão	2	5.086.416	2.543.208	11,35**
Desvios	11	2.463.252	223.932	7,37**
Amb./Cordillera 4	13	3.977.208	305.939	10,06**
Regressão	2	3.251.272	1.625.636	24,63**
Desvios	11	725.934	65.994	2,17*
Amb./IAN 5	13	4.312.724	331.748	10,91**
Regressão	2	3.704.644	1.852.322	33,51**
Desvios	11	608.080	55.280	1,81*
Amb./Itapúa 30	13	3.349.332	257.671	8,48**
Regressão	2	2.560.488	1.280.244	17,85**
Desvios	11	788.843	71.713	2,35**
Amb./Itapúa 25	13	2.711.940	208.611	6,86**
Regressão	2	1.940.012	970.006	13,80**
Desvios	11	771.925	70.175	2,30**
Erro médio	672		30.400	

ns: não significativo; *: FCP < 0,05; **: FCP < 0,01).

Pode-se observar que todos os cultivares apresentaram respostas altamente significativas para o efeito linear pelo teste de F, ao nível de 1% de probabilidade. A menor razão entre variâncias correspondeu ao cultivar C-8289 e a maior ao IAN 7 e C-8055. Estes resultados correspondem ao menor e maior coeficiente de determinação associado a cada cultivar, que variou de 65% a 88% da variação total (Tabela 10).

Em relação aos desvios da linearidade, os cultivares E-8109, Cordillera 3, C-81116, C-8289, Itapúa 25 e Itapúa 30 apresentaram respostas altamente significativas, enquanto que os cultivares Cordillera 4 e IAN 5 mostraram desvios significativos, ao nível de 5% de probabilidade. Os cultivares C-8055 e IAN 7 não revelaram significância.

Na metodologia proposta por EBERHART & RUSSELL (1966), um cultivar é considerado estável quando seu coeficiente de regressão (β) é igual a 1,0, e os desvios de regressão são nulos ($\sigma_p^2 = 0$). Isto implica em que um dado cultivar tem um padrão de resposta que não está nem além de ($\hat{\beta} > 1$) nem aquém de ($\hat{\beta} < 1$) do que se pode esperar, em função das variações ambientais. Além disso, tal padrão de resposta é perfeitamente previsível (ausência de desvios).

Empregando-se o modelo de regressão linear segmentada, proposto por CRUZ *et alii* (1988), todavia, a conceitualização mencionada de estabilidade pode ter outros enfoques, dependendo das estratégias do melhoramento. É óbvio que, também neste outro modelo, a nulidade de desvios da regressão

é uma propriedade favorável de um cultivar. Desvios nulos ou pequenos garantem previsibilidade no padrão de resposta.

Quanto aos coeficientes de regressão, pode-se dar prioridade a um cultivar com taxa de resposta $\hat{\beta}_1$ menor que 1,0. Um cultivar com tal característica será pouco responsivo nos ambientes negativos, mas também, será tolerante ao pioramento das condições ambientais. Em contrapartida, será interessante que o citado cultivar apresente a soma de coeficientes ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$) maior do que 1,0, indicando ser ele responsivo para a melhoria ambiental, a partir das condições ambientais médias. Tal conceituação ($\hat{\beta} < 1; \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 > 1$), se extrapola para condições ambientais determinadas por níveis de tecnologia; caracterizaria um cultivar apropriado para situações de lavouras com médias ou baixa tecnologias, mas, responsivo diante do aprimoramento tecnológico. No entanto, não se pode considerar como totalmente indesejável um cultivar que apresente taxa de resposta $\hat{\beta}_1 = 1$ e $\hat{\beta}_2 = 0$, ou seja, $\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 = 1$, também.

Nesta caracterização de cultivares, em função dos padrões de resposta, deve-se, evidentemente, considerar também o valor fenotípico médio de cada cultivar nos ambientes inferiores e superiores, separadamente, além da média geral.

O que se deve reforçar, neste ponto, é que a conceituação originalmente proposta por EBERHART & RUSSELL (1966), em relação ao coeficiente ideal ($\hat{\beta} = 1$) não se aplica, necessariamente, nas investigações mais detalhadas for-

necidas pelo modelo bi-segmentado.

Na caracterização individual dos cultivares, apresentada na Tabela 10, pode-se observar que as médias de rendimento de grãos registraram valores que variaram de 2.266 kg/ha para o cultivar E-8109 a 1.712 kg/ha para o cultivar Itapúa 25. Em relação à resposta ambiental de cada cultivar, estudada nos ambientes negativos ($\hat{\beta}_1$) e positivos ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$), separadamente, não foi detectado nenhum cultivar que apresentasse o coeficiente de regressão $\hat{\beta}_1$, significativamente menor que 1,0, nem a soma dos coeficientes ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$) significativamente maior que 1,0, devido a relativamente grande magnitude dos desvios da regressão.

A similaridade dos cultivares quanto à resposta linear nos ambientes negativos evidencia que a pesquisa varietal conduzida nas condições da região oriental do país resultou na escolha de cultivares considerados de estabilidade média ($\hat{\beta}_1 = 1$), se bem que, valores extremos como os apresentados pelos cultivares E-8109 e Itapúa 30, com $\hat{\beta}_1 = 1,21$ e $0,76$, respectivamente, também são observados. Entretanto, a resposta linear nos ambientes positivos foi mais diversificada, não sendo possível, portanto, caracterizar o conjunto de cultivares em termos de tendência para esse tipo de resposta. Os valores extremos observados nestes ambientes corresponderam aos cultivares E-8109 e C-8289, com coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$) = $1,44$ e $0,54$, respectivamente.

O cultivar E-8109 teve uma tendência a ser levemente responsivo nos ambientes negativos, com um coefi-

ciente de regressão ($\hat{\beta}_1$) = 1,21; foi todavia, mais responsi-
vo nos ambientes positivos, com a soma dos coeficientes de
regressão ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$) = 1,44. Este cultivar, que apresentou o
maior rendimento de grãos em todos os ambientes, com 2.266
kg/ha, ocupou a segunda e primeira posições nos ambientes
negativos e positivos, com 1.808 e 2.609 kg/ha, respectiva-
mente (Tabela 11), entretanto, a sua previsibilidade está
comprometida, em função da grande magnitude dos desvios da
regressão.

Uma situação diferente em relação à resposta
ambiental acontece com o cultivar C-8055; embora este mate-
rial não represente o ideótipo de estabilidade aludido no
presente trabalho, não mostrou muita mudança na sua perfor-
mance, com $\hat{\beta}_1 = 1,05$ e ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$) = 0,93, evidenciando pos-
suir adaptação geral tanto nos ambientes inferiores como nos
de qualidade superior. O cultivar C-8055 teve a terceira
maior média de rendimento de grãos, considerando-se todos os
ambientes com 2.089 kg/ha, valor este superior à média ge-
ral, sendo que nos ambientes negativos e positivos ocupou a
quarta e segunda posições, com 1.662 e 2.409 kg/ha, respec-
tivamente, e a não significância da variância dos desvios da
regressão, colocam este cultivar como o mais desejável do
grupo, sendo sua resposta altamente previsível, o que também
pode ser observado pelo seu coeficiente de determinação (R^2)
= 0,88. Este reflete um considerável grau de adequação ao
modelo para explicar a flutuação do rendimento de grãos
deste cultivar em função das variações ambientais.

O cultivar Itapúa 30 foi o material que apresentou a menor taxa de resposta nos ambientes negativos, evidenciando ser menos responsivo, ou seja, mais tolerante ao pioramento ambiental, com $\hat{\beta}_1 = 0,76$. Nos ambientes positivos, o citado cultivar demonstrou ser mais responsivo, com $(\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2) = 1,11$. Um outro aspecto que pode ser considerado em relação ao cultivar Itapúa 30, refere-se a sua média de rendimento de grãos, que ocupou a nona posição quando foi avaliado em todos os ambientes (1.963 kg/ha). No entanto, nos ambientes inferiores ocupou a quinta posição (1.647 kg/ha), revelando a possibilidade de se identificar cultivares que apresentem baixos coeficientes de regressão, com elevadas médias de rendimento de grãos nestes ambientes. Nos ambientes de qualidade superior, a média de rendimento de grãos mostrou-se comparativamente muito baixa (2.198 kg/ha), ocupando a nona posição.

Estes resultados apresentados na Tabela 10, também mostram que, dos dez cultivares estudados, apenas dois apresentaram desvios da regressão não significativos, evidenciando que a pesquisa varietal não se mostrou muito eficiente na identificação de cultivares que revelassem rendimentos consistentes através dos diferentes ambientes, já que a gran maioria destes materiais têm sua previsibilidade comprometida em função da significância dos desvios da linearidade.

Tabela 10 - Rendimento de grãos (kg/ha), coeficientes e desvios da regressão e coeficiente de determinação de dez genótipos de trigo avaliados em 14 ambientes diferentes, conforme a metodologia de CRUZ *et alii* (1988).

GENÓTIPOS	Rendimento médio ($\hat{\beta}_0$)	Coef. de Regressão ($\hat{\beta}_1$)	Coef. de Regressão ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$)	Desvios da Regressão $\sqrt{QD}$	Coef. de Determinação (R^2)
E-8109	2.266a ⁽¹⁾	1,21	1,44	335**	0,81
C-8289	2.132ab	0,84	0,54	304**	0,65
C-8055	2.089ab	1,05	0,93	205 ^{ns}	0,88
IAN 7	2.060ab	1,03	0,80	193 ^{ns}	0,88
Cordillera 3	2.059ab	1,05	1,09	310**	0,78
C-81116	2.013 b	1,15	1,43	473**	0,67
Cordillera 4	1.989 b	1,01	0,98	257*	0,82
IAN 5	1.964 b	1,06	1,08	235*	0,86
Itapúa 30	1.963 b	0,76	1,11	268**	0,76
Itapúa 25	1.712 c	0,84	0,60	265**	0,72
Média geral	2.025	1,00	1,00	295	0,78

(1) Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de F.
 Não foram detectadas diferenças significativas para os coeficientes de regressão $\hat{\beta}_1$ e $(\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2)$.

ns: Não significativo.

*: Significativo pelo teste de F, ao nível de 5% de probabilidade.

**: Significativo pelo teste de F, ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 11 - Rendimento médio de grãos (kg/ha) de dez genótipos de trigo, média em ambientes negativos (A^-) e positivos (A^+), respectivamente.

GENÓTIPOS	RENDIMENTO MÉDIO DE GRÃOS		
	Geral	(A^-)	(A^+)
E-8109	2.266 (111,9)	1.808 (111,3)	2.608 (112,1)
C-8289	2.132 (105,3)	1.894 (115,4)	2.325 (99,9)
C-8055	2.089 (103,2)	1.662 (102,3)	2.409 (103,5)
IAN 7	2.060 (101,8)	1.606 (98,9)	2.399 (103,1)
Cordillera 3	2.059 (101,7)	1.644 (101,2)	2.370 (101,8)
C-81116	2.013 (99,4)	1.666 (102,6)	2.301 (98,9)
Cordillera 4	1.989 (98,3)	1.495 (92,0)	2.359 (101,4)
IAN 5	1.964 (97,0)	1.512 (93,1)	2.302 (98,9)
Itapúa 30	1.963 (97,0)	1.647 (101,4)	2.198 (94,4)
Itapúa 25	1.712 (84,6)	1.323 (81,5)	2.002 (86,0)
Média geral	2.025 (100,0)	1.624 (100,0)	2.327 (100,0)

Observação: Valores entre parênteses referem-se à porcentagem da média geral.

Na Figura 1, está apresentado um gráfico que ilustra a resposta dos cultivares E-8109, C-8055 e Itapúa 30, anteriormente descritos, em função das médias ambientais.

Figura 1 - Representação gráfica do rendimento de grãos dos cultivares E-8109, C8055 e Itapúa 30, em função dos índices ambientais.

4.2. Escolha de Locais para Seleção de Cultivares de Trigo

Nas Tabelas 12 e 13 estão apresentados os dados de rendimento de grãos (kg/ha) de 25 cultivares de trigo incluídos nos ensaios conduzidos em sete diferentes localidades da região oriental do Paraguai, nos anos de 1986 e 1987, respectivamente.

Na Tabela 14 está apresentada a análise conjunta da variância, correspondente aos anos de 1986 e 1987, separadamente. Estas análises revelaram diferenças significativas entre os efeitos de locais, genótipos e da interação de genótipos $\times$ locais (G $\times$ L), ao nível de 1% de probabilidade, de acordo com o teste de F.

A significância da interação está indicando que a resposta dos genótipos não foi consistente de local para local dentro de cada ano, mesmo tratando-se de uma pequena região. Evidentemente que, para minimizar os efeitos da interação, a regionalização dos locais constitui-se numa das estratégias que poderia ser abordada; entretanto, esta estratégia implica na disponibilidade de recursos, tanto humanos como financeiros, muitas vezes escassos. A outra diz respeito ao estudo da adaptabilidade e estabilidade de cultivares, onde as avaliações dos cultivares são efetuadas num conjunto representativo de ambientes (locais e anos). Entretanto, os critérios para escolha dos locais baseiam-se, pre-

ferencialmente, nas informações agroclimáticas disponíveis. Saliente-se que os locais assim escolhidos representam a variabilidade ambiental nas áreas agrícolas disponíveis, onde a espécie em consideração é cultivada.

Tabela 12 - Rendimento médio (kg/ha) de 25 cultivares de trigo correspondentes a sete ensaios de rendimento de grãos, conduzidas na região oriental do Paraguai, no ano de 1986.

CULTIVARES	LOCAIS						
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Cord. 3	1.640	2.585	2.313	1.703	2.672	2.366	1.844
Cord. 4	1.211	2.002	2.574	1.808	2.419	2.159	1.438
IAN 5	1.525	2.118	1.917	1.333	2.406	1.950	1.391
IAN 7	1.738	1.944	2.707	1.752	2.269	2.097	1.375
Itapúa 25	1.224	2.202	1.636	1.272	2.147	1.747	1.563
Itapúa 30	1.503	2.302	2.778	2.184	1.769	1.763	1.688
E - 8110	1.934	2.516	2.534	2.189	2.226	1.969	1.125
E - 7905	1.659	1.913	2.314	1.808	2.478	2.109	1.675
C - 8097	1.467	2.178	2.161	1.743	2.456	2.463	1.531
C - 8055	1.476	2.074	2.410	2.186	2.188	2.084	1.594
C - 8133	1.655	2.475	2.427	1.487	2.688	2.144	1.188
ISW 39/80	1.571	1.958	2.372	1.749	2.413	2.178	1.578
E - 8109	1.309	2.193	3.088	2.426	1.969	2.375	2.000
Batuirá	1.770	2.276	1.968	1.784	1.744	1.866	1.875
C - 81116	1.894	2.570	1.779	1.282	1.509	2.213	875
C - 8296	1.633	2.013	2.059	1.841	2.038	2.272	1.313
Tanager "S"	1.546	1.993	1.853	1.697	2.016	2.384	1.047
E - 8228	1.383	2.228	2.321	1.991	2.128	1.759	1.281
C - 8289	1.652	2.065	2.761	2.523	2.206	2.147	2.000
E - 8114	1.820	2.435	1.546	1.251	1.853	2.688	813
T. CRIA	1.839	2.551	2.128	1.505	2.366	2.053	1.156
T. IAN	1.748	1.831	2.229	1.606	2.391	2.122	1.078
C - 8438	1.757	2.442	2.622	1.632	2.347	2.429	1.438
E - 7907	1.874	2.266	2.476	1.311	2.250	2.528	1.594
C - 8298	1.843	2.042	2.682	1.881	2.206	2.669	1.375
$\bar{y}_{.k}$	= 1.627	2.207	2.306	1.758	2.206	2.181	1.433

L1: Caacupé

L4: T.R. Pereira

L7: Agriex

L2: Valendam

L5: Capitán Miranda

L3: Colonia Yguazú

L6: S.J. Bautista

Tabela 13 - Rendimento médio (kg/ha) de 25 cultivares de trigo correspondentes a sete ensaios de rendimento de grãos, conduzidas na região oriental do Paraguai, no ano de 1987.

CULTIVARES	LOCAIS						
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Cord. 3	2.146	2.021	1.854	1.719	3.434	881	1.650
Cord. 4	1.313	2.153	2.185	2.135	3.247	1.441	1.759
IAN 5	2.010	2.131	2.267	2.243	3.391	1.009	1.803
IAN 7	1.729	2.463	2.379	2.260	3.088	1.169	1.875
Itapúa 25	1.349	2.181	1.528	1.948	2.648	1.009	1.522
Itapúa 30	1.771	2.245	1.813	1.823	3.097	1.300	1.441
E - 8110	1.333	2.436	2.034	2.521	3.050	1.378	1.838
C - 8097	2.656	2.299	1.652	2.120	3.081	816	1.788
E - 8109	2.021	1.991	2.922	2.469	3.872	981	2.113
Batuirá	1.479	2.095	1.397	1.667	2.334	775	1.484
C - 81116	2.510	2.291	2.265	2.490	3.822	981	1.706
C - 8289	2.375	2.524	2.175	1.986	2.738	988	1.703
E - 8114	2.375	2.148	1.836	1.628	3.506	800	2.066
T. IAN-CRIA	1.625	2.205	2.719	1.661	2.797	1.178	1.609
E - 8334	1.917	2.107	2.332	1.260	2.691	1.244	1.438
C - 83305	1.979	1.739	1.949	1.589	3.181	1.669	1.828
E - 8335	2.135	2.206	2.464	2.063	3.284	1.322	1.950
E - 8337	1.479	1.719	1.561	1.242	2.544	1.147	2.150
E - 8339	1.552	1.301	1.430	1.132	3.275	1.350	2.100
C - 83281	1.958	2.422	1.872	2.073	3.309	959	1.603
C - 81181	1.781	2.555	2.575	2.260	2.531	1.303	1.541
C - 83658	1.875	1.933	2.327	1.667	3.266	872	1.513
C - 83167	1.641	1.827	2.351	1.760	3.022	1.584	1.444
C - 82206	2.151	2.138	1.714	1.771	3.703	628	2.494
C - 8055	1.843	2.020	2.629	2.583	3.284	1.100	1.778
$\bar{y}_{.k}$ =	1.880	2.126	2.089	1.923	3.128	1.115	1.768

L1: Caacupé

L4: T.R. Pereira

L7: Agriex

L2: Valendam

L5: Capitán Miranda

L3: Colonia Yguazú

L6: S.J. Bautista

Tabela 14 - Análise conjunta da variância dos dados de rendimento de grãos (kg/ha) de 25 genótipos de trigo incluídos nos ensaios conduzidos em sete locais da região oriental do Paraguai. Anos de 1986 e 1987.

F.V.	G. L.	1986		1987	
		Q. M.	F	Q. M.	F
Blocos/Locais	14	514.261		933.055	
Locais (L)	6	2.994.473	5,8**	9.085.361	9,73**
Genótipos (G)	9	132.650	4,59**	220.032	6,89**
GxL	144	80.678	2,79**	95.589	2,99**
Erro médio	336	28.876		31.925	

** : $F(P < 0,01)$

4.2.1. Estimativas do grau de similaridade entre locais

O segundo objetivo do presente estudo foi, a partir das respostas dos próprios cultivares frente às variações ambientais, verificar se existe similaridade entre os locais que compõem a rede de ensaios de trigo da região oriental do Paraguai, visando a escolha dos locais mais representativos para seleção. O parâmetro utilizado para tal fim foi o coeficiente de correlação entre pares de locais. Este parâmetro permite um esclarecimento da natureza da interação, pois, uma correlação baixa pode indicar que um cultivar superior num ambiente pode não sê-lo no outro; por sua

vez, uma alta correlação, mesmo na presença da interação, reflete a natureza simples da mesma.

Correlações altas evidenciam a possibilidade de predição do comportamento dos cultivares num local com informação do outro, sugerindo que ambos os locais possuem a mesma capacidade de discriminação intergenotípica (VENCOVSKY & CRUZ, 1989). Uma abordagem detalhada em relação à natureza simples ou complexa da interação e suas implicações no melhoramento de plantas é apresentada por VENCOVSKY (1978).

Na Tabela 15 estão apresentadas as estimativas do grau de similaridade entre locais, expresso pelo coeficiente de correlação entre todos os possíveis pares de locais, para cada ano.

Pode-se observar na Tabela 15, que não foram encontrados dois locais semelhantes quanto a sua capacidade de discriminação de genótipos. Contudo, as estimativas de similaridade de um par de locais permaneceram consistentemente elevadas. Observa-se, na mesma Tabela, que no ano de 1986 o par de locais L3 e L4 (Colônia Yguazú e T.R. Pereira) apresentou o maior valor para o coeficiente de correlação $r_{kk'} = 0,72$, o segundo maior valor correspondeu ao par formado pelos locais L4 e L7 (T.R. Pereira e Agriex), em que $r_{kk'} = 0,55$. Na mesma Tabela, no ano de 1987, a correlação entre os locais L3 e L4 (Colônia Yguazú e T.R. Pereira) permaneceu elevada, com um coeficiente de correlação $r_{kk'} = 0,50$, enquanto que para o par formado pelos locais L4 e L7 (T.R. Pereira e Agriex), a correlação foi praticamente nula

($r_{kk'} = 0,04$).

Como informação complementar as correlações pode-se também observar que três cultivares aparecem nas primeiros cinco posições nas localidades de Colonia Yguazú e T.R. Pereira durante os dois anos de avaliação.

A utilização de dados de um grande número de genótipos (25) e a classificação de locais efetuada para cada ano separadamente, permite uma visão conjunta das similaridades entre todos os locais incluídos na rede de ensaios do país, e possibilita a obtenção de informações livres de tendenciosidade. Entretanto, a utilização de dados de um maior número de anos deve ser considerada para a obtenção de informações mais precisas.

Tabela 15 - Estimativas do grau de similaridade expressas pela correlação entre locais (r_{kk}) para os anos de 1986 e 1987.

LOCAIS	A N O S	
	1986	1987
L1 ; L2	0,35	0,24
L1 ; L3	-0,09	0,11
L1 ; L4	-0,24	0,17
L1 ; L5	-0,12	0,48*
L1 ; L6	0,33	-0,46*
L1 ; L7	-0,38	0,09
L2 ; L3	-0,16	0,28
L2 ; L4	-0,24	0,62**
L2 ; L5	-0,14	-0,12
L2 ; L6	0,03	-0,24
L2 ; L7	-0,19	0,32
L3 ; L4	0,72**	0,50**
L3 ; L5	0,24	0,22
L3 ; L6	0,04	0,24
L3 ; L7	0,52**	0,01
L4 ; L5	-0,07	0,34
L4 ; L6	-0,17	-0,07
L4 ; L7	0,55**	0,04
L5 ; L6	0,09	-0,22
L5 ; L7	0,15	0,31
L6 ; L7	-0,16	0,08

L1: Caacupé

L4: T.R. Pereira

L7: Agriex

L2: Volendam

L5: Capitán Miranda

L3: Colonia Yguazú

L6: S.J. Bautista

*: Significativo pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade.

** : Significativo pelo teste t, ao nível de 1% de probabilidade.

4.2.2. Agrupamento de locais

Na Tabela 16 está apresentado o agrupamento de locais obtido através do método de Tocher (RAO, 1952) a partir das correlações entre todos os pares de locais ($r_{kk'}$).

Tabela 16 - Agrupamento de locais, segundo a metodologia de Tocher (RAO, 1952). Ano 1986.

GRUPOS		LOCAIS
I		L3, L4, L7
II		L1, L2
III		L6
IV		L5

L1: Caacupé	L4: T.R. Pereira	L7: Agriex
L2: Volendam	L5: Capitán Miranda	
L3: Colonia Yguazú	L6: S.J. Bautista	

Os resultados dos agrupamentos foram obtidos a partir de dados de 25 cultivares incluídos na rede de ensaios regionais no ano de 1986. O agrupamento entre locais revelou que os locais L3, L4 e L7 (Colonia Yguazú, T.R. Pereira e Agriex) apresentaram um alto grau de semelhança entre si, formando o grupo I. Por sua vez, os locais L1 e L2 (Caacupé e Volendam) foram reunidos formando o grupo II, diferente do anterior, já que a média do valor intra-grupo, incluindo os locais L1 ou L2 foi superior ao maior valor das distâncias mínimas referidas a cada local, conforme o critério estabelecido no presente estudo; assim esses locais for-

maram o grupo II. Adotando o mesmo critério, verificou-se que os locais L6 e L5 (S.J. Bautista e Capitan Miranda) não apresentaram qualquer grau de semelhança com os outros grupos, nem entre si, sendo, portanto, incluídos separadamente nos grupos III e IV, respectivamente.

Na Tabela 17 estão apresentados os resultados do agrupamento correspondente ao ano de 1987, incluindo os mesmos sete locais do ano anterior.

Tabela 17 - Agrupamento de locais, segundo a metodologia de Tocher (RAO, 1952). Ano 1987.

GRUPOS		LOCAIS
I		L2, L4, L3
II		L1, L5
III		L7
IV		L6

L1: Caacupé	L4: T.R. Pereira	L7: Agriex
L2: Volendam	L5: Capitán Miranda	
L3: Colonia Yguazú	L6: S.J. Bautista	

Conforme pode-se observar, novamente foram formados quatro grupos de locais, o primeiro grupo que inclui os locais L2, L4 e L3 (Volendam, T.R. Pereira e Colonia Yguazú); o segundo grupo foi formado pelos locais L1 e L5 (Caacupé e Capitán Miranda); e, finalmente, os locais L7 e L6 (Agriex e S.J. Bautista), que formaram separadamente os grupos III e IV, por não terem apresentado similaridade com nenhum outro local.

Comparando-se os resultados dos agrupamentos realizados separadamente dentro de cada ano (Tabela 16 e 17), é possível verificar que os locais L3 e L4 (Colonia Yguazú e T.R. Pereira) permaneceram consistentemente agrupados no grupo I, grupo este que reúne os locais mais próximos entre si, resultado que corresponde ao que poderia ser esperado, com base na semelhança entre as características agro-climáticas destes locais. Também é possível observar que o local L6 (S.J. Bautista) permaneceu consistentemente isolado.

Nas Figuras 2 e 3 estão apresentados os dendrogramas de agrupamento de locais obtidos com a utilização do método do Vizinho mais Próximo, para cada ano separadamente. Nestas Figuras pode-se observar que no ano de 1986 (Figura 2), os locais L3 e L4 (Colonia Yguazú e T.R. Pereira) estão reunidos e formam o primeiro nível; no segundo nível encontra-se o local L7 (Agriex); o terceiro nível é formado pelos locais L1 e L2 (Caacupé e Volendam) e, finalmente, os locais L6 (S.J. Bautista) e L5 (Capitán Miranda), que foram os mais afastados.

Observando o dendrograma do ano de 1987 (Figura 3), verifica-se que os locais L2 e L4 (Volendam e T.R. Pereira) estão unidos e formam o primeiro nível; no segundo nível encontra-se o local L3 (Colonia Yguazú). Os locais L1 e L5 (Caacupé e Capitán Miranda) estão unidos formando o terceiro nível; os locais mais afastados foram o L7 e L6 (Agriex e S.J. Bautista), respectivamente.

Figura 2 - Dendrograma dos sete locais de avaliação de cultivares de trigo agrupados pelo Método do Vizinho mais Próximo, com base no grau de similaridade obtido pela correlação entre locais, no ano de 1986.

Figura 3 - Dendrograma dos sete locais de avaliação de cultivares de trigo agrupados pelo Método do Vizinho mais Próximo, com base no grau de similaridade obtido pela correlação entre locais, no ano de 1987.

Examinando os dendrogramas é possível inferir que o local L6 (S.J. Bautista) não pode ser consistentemente agrupado com qualquer outro. Por outro lado, os locais L3 e L4 (Colonia Yguazú e T.R. Pereira) aparecem unidos formando o primeiro nível no primeiro ano e, em níveis próximos, no ano seguinte.

Esta relativa coerência entre métodos de agrupamento nos dois anos de avaliação sugere a existência de um considerável grau de similaridade entre os locais L3 e L4 (Colonia Yguazú e T.R. Pereira), quanto a sua capacidade de discriminação genotípica; conseqüentemente, um destes locais poderia ser descartado, de maneira a otimizar os recursos disponíveis.

5. CONCLUSÕES

Os resultados da presente estudo permitiram concluir que:

- Os cultivares de trigo considerados na presente pesquisa não apresentaram diferenças significativas em relação à suas reações quanto à estabilidade, tanto nos ambientes negativos ($\hat{\beta}_1$) como nos de qualidade superior ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$). Nos ambientes negativos, a maioria dos cultivares apresentaram coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_1$) próximos à unidade e somente nos ambientes positivos ($\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2$) as respostas dos cultivares foram ligeiramente mais diversificadas. A previsibilidade da maioria dos cultivares mostrou-se comprometida em função da magnitude dos desvios da regressão. O cultivar C-8055 destacou-se com o mais desejável no conjunto dos materiais considerados.
- Em vista da natureza das interações detectadas, materiais genéticos de trigo, devem preferencialmente ser avaliadas em vários locais e também durante vários anos nas condições da região oriental do Paraguai.

- Os locais de Colonia Yguazú e T.R. Pereira puderam ser reunidos em um mesmo grupo, de acordo com as metodologias de agrupamento utilizadas nos dois anos de avaliação, sugerindo a existência de um considerável grau de similaridade entre este par de locais, em termos de capacidade de discriminação intergenotípica. Consequentemente, um destes locais poderá ser descartado sem muita perda de informações. Também, foi possível verificar que o local de S.J. Bautista permaneceu consistentemente isolado, caracterizando condições agro-climáticas diferentes das demais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOU-EL-FITTOUH, H.A.; RAWLINGS, J.O.; MILLER, P.A. Genotype by environment interactions in cotton; their nature and related environmental variables. *Crop Science*, Madison, 9: 377-81, 1969a.
- ABOU-EL-FITTOUH, H.A.; RAWLINGS, J.O.; MILLER, P.A. Classifications of environments to control genotype by environment interactions with application to cotton. *Crop Science*, Madison, 9: 135-140, 1969b.
- ADAMS, H.W. & SHANK, D.B. The relationship of heterozigosity, to homeostasis in mayze hybrids. *Genetics*, Baltimore, 44: 777-86, 1959.
- ALLARD, R.W. & BRADSHAW, A.D. Implications of genotype environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science*, Madison, 4: 503-7, 1964.
- ALLARD, R.W. *Princípios do Melhoramento Genético das Plantas*, Edgard Blücher Ltda., 1971. 381 p.
- ANDRUS, C.F. Plant breeding systems. *Euphytica*, Wageningen, 12: 205-28.
- BAINS, K.S. Parent dependent genotype x environment interaction in crosses of spring wheat. *Heredity*, London, 36: 163-171, 1976.

BONATO, E.R. Estabilidade fenotípica da produção de grãos de dez cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) nas condições do Rio Grande do Sul. Piracicaba, 1978. 75 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

BORLAUG, N.E. Mexican wheat production and its role in the epidemiology of stem rust in North America. *Phytopathology*, Lancaster, 44: 398-404, 1954.

BRAZ, A.J.B. Interação genótipo x ambiente em trigo (*Triticum aestivum* L.) no centro oeste brasileiro. Piracicaba, 1983. 57 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

BUSCH, R.H.; HAMMOD, J.; FROHBERG, R.C. Stability and performance of hard red spring wheat bulks for grain yield. *Crop Science*, Madison, 16: 256-9, 1976.

BYTH, D.E.; EISEMANN, R.L.; DE LACY, H.I. Two way pattern analysis of a large data set to evaluate genotype adaptation. *Heredity*, London, 37: 215-30, 1976.

CAMPBELL, L.G. & LEFEVER, H.N. Cultivar x environment interaction in soft red winter wheat yield test. *Crop Science*, Madison, 17: 604-8, 1977.

CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C.; NODARI, R.O.; FLOSS, E.; GANDIM, C.L. Analysis of stability parameters and of genotype-environment interaction in oats grain yield in Rio Grande do Sul (Brazil). *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 5: 517-32, 1982.

CORDEIRO, C.M.T. & SILVA, J.G.C. Estudo do zoneamento da região centro sul do Brasil para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 15: 191-205, 1980.

- CRUZ, C.D. Algumas Técnicas de Análise Multivariada no Melhoramento de Plantas. Piracicaba, Departamento de Genética. ESALQ, 1987. 75 p. (Monografia).
- CRUZ, C.D.; TORRES, R.A.A.; VENCOVSKY, R. Modelo alternativo para a análise de estabilidade proposta por Silva e Barreto. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 17. Piracicaba, 1988. Resumos. Fundação Cargill, 1988. p. 121.
- EBERHART, S.A. & RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, Madison, 6: 36-40, 1966.
- FERNANDES, J.S.C. Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) e estabilidade ambiental. Piracicaba, 1988. p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- FINLAY, K.W. & WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in plant breeding programme. Australian Journal of Agricultural Researcher, Melbourne, 14: 742-54, 1963.
- FREEMAN, G.H. & PERKINS, J.M. Environmental and genotype - environmental components of variability. VIII - Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments. Heredity, London, 27: 15-23, 1971.
- FREY, K.J. & MALDONADO, U. Relative productivity of homogeneous oat cultivars in optimum and suboptimum environments. Crop Science, Madison, 7: 532-5, 1967.
- FRIPP, Y.J. & CATEN, C.E. Genotype - Environmental interactions in *Schizophyllum commune*. I. Analysis and character. Heredity, London, 27: 393-407, 1971.

GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental, Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1978. 323 p.

GOODCHILD, N.A. & BOYD, W.J.R. Regional and temporal variations in wheat yield in western Australia and their implications in plant breeding. Australian Journal of Agricultural Researcher, Melbourne, 26: 209-217. 1975.

HANSON, W.D. Genotypic stability. Theoretical and Applied Genetics. berlin, 40: 226-31, 1970.

JENSEN, N.F. Multiline superiority in cereals. Crop Science, Madison, 5: 566-68, 1965.

JOPPA, L.R.; LEBSOCK, K.L.; BUSCH, R.H. Yield stability of selected spring wheat cultivars (*Triticum aestivum*, L.) in the uniform regional nurseries, 1959 to 1968. Crop Science, Madison, 11: 238-41, 1971.

LERNER, I.M. Genetic Homeostasis. Edinburg, Oliver and Boyd, 1954. 134 p.

LEWIS, D. Gene-environments; a relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability. Heredity, London, 8: 333-56, 1954.

LEWONTIN, R.C. The adaptation of populations to varying environments. Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology, New York, 22: 395-408, 1957.

LIANG, G.H.L.; HEYNE, E.G.; WALTER, T.L. Estimatives of variety x environmental interactions in yield test of three small grains and their significance on the breeding programs. Crop Science, Madison, 6: 135-139, 1966.

- LIN, C.S.; BINNS, M.R. & LEFKOVITCH, L.P. Stability analysis; where do we stand? *Crop Science*, Madison, 26: 894-899, 1986.
- MIRANDA FILHO, J.B. Princípios de experimentação e análises estatística. In: Paterniani, E. e Viegas, G.P. (Coord.). *Melhoramento e produção do milho*. Piracicaba, Fundação Cargill, 1987. pp. 765-795.
- OLIVEIRA, A.C. Comparação de alguns métodos de determinação da estabilidade em plantas cultivadas. Brasília, 1976. 64 p. (Mestrado - Universidade Nacional de Brasília).
- ORTEGA, E.; TORRES, R.; MACHADO, V.; MAYEREGGER, M. Comportamiento de cultivares de girasol en diferentes ambientes de la región oriental del Paraguay, Asunción. *MAG-DIEAF*, bi n° 22, 1983. 12 p.
- PASCALE, A.J. & MOTA, F.S. da. Aspectos bioclimáticos da cultura do trigo no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 1: 123-40, 1966.
- PATANOTHAI, A. & ATKINS, R.E. Yield stability of single crosses and three-way hybrids of grain sorghum. *Crop Science*, Madison, 14: 287-290. 1974.
- PERKINS, J.M. & JINKS, J.L. The assessment and specificity of environmental and genotype-environmental components of variability. *Heredity*, London, 30: 111-26, 1976.
- PLAISTED, R.L. & PETERSON, L.C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, Maine, 36: 381-5, 1959.

PROGRAMA NACIONAL DO TRIGO. Asunción, Ministerio de Agricultura y Ganaderia/Banco Nacional de Fomento, 1977. 122 p.

RAO, R.C. Advanced statistical methods in biometric research. New York, John Wiley and Sons, 1952. 390 p.

RASMUSSEN, D.C. Yield and stability of yield of barley populations. Crop Science, Madison, 8: 600-602, 1968.

RIBOLDI, J. Análise de Agrupamento. Piracicaba, Departamento de Matemática/ESALQ, 1985. 52 p. (Monografia).

SANTOS, J.B. Estabilidade fenotípica de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) nas condições do sul de Minas Gerais. Piracicaba, 1980. 110 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SANTOS, O.S. de & VIEIRA, C. Análise de adaptação de dez variedades de soja a diferentes ambientes no rio Grande do Sul. Revista Ceres, Viçosa, 22: 449-453, 1975.

SHAALAN, M.I.; HEYNE, E.G.; LOFGREN, J.R. Mixtures of hard red winter wheat cultivars. Agronomy Journal, Madison, 58: 89-91, 1966.

SHANK, D.B. & ADAMS, M.W. Environmental variability within inbred lines and single crosses of maize. Journal of Genetics, London, 57: 119-126, 1960.

SILVA, J.G.C. & BARRETO, J.N. Aplicação da regressão linear segmentada em estudos de interação genótipo x ambiente. In: SIMPÓSIO DE EXPERIMENTAÇÃO AGRÍCOLA 1., Piracicaba, 1985. Resumos. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p. 49-50.

- SILVA, E.C. Classificações ambientais para controlar a interação genótipo x ambiente com aplicação a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) no Rio Grande do Sul. Piracicaba, 1981. 76 p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- SNEATH, P.H.A. & SOKAL, R.R. Principles of numerical taxonomy. San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1973. 573p.
- SOUZA, M.A. Adaptabilidade, estabilidade, correlações e coeficiente de trilha em genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) em doze ambientes de minas Gerais. Viçosa, 1985. 118 p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and Procedures of Statistics. New York, McGraw-Hill Book, 1980. 633p.
- TAI, G.C.C. Genotypes stability analysis and its application to potato regional trails. Crop Science, Madison, 11: 184-90, 1971.
- TORRES, R.A.A. Estudo do controle genético da estabilidade fenotípica de cultivares de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1988. 133p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- TORRES, R.; PEDRETTI, R.; ALARCON, E.; SAMANIEGO, C.; ALVAREZ, L.A. Cultivo del trigo, Asunción. MAG-DIEAF, BD n° 16-C, 1983. 18 p.
- VENCOVSKY, R. & BARRIGA, G.P. Genética Biométrica Aplicada ao Fitomelhoramento. Ribeirão Preto. Sociedade Brasileira de Genética, 1988. (no prelo).
- VENCOVSKY, R. & CRUZ, C.D. Escolha de locais para seleção de cultivares de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 41., Fortaleza, 1989. Resumos. Fortaleza, 1989. p. 702-3.

- VENCOVSKY, R. & TORRES, R.A.A. Estabilidade geográfica e temporal de algumas cultivares de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., Belo Horizonte, 1986. Anais. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1988. p. 295-300.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: paterniani, E., coord. Melhoramento e Produção do Milho no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, 1978. p. 122-95.
- VENCOVSKY, R. & GERALDI, I.O. Um modelo multiplicativo aplicado à análise de produção de grãos. Relatório Científico do Departamento de Genética, Piracicaba, 11: 157-65, 1977.
- VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTHY, B.R. Limitations on conventional regression analysis a proposed modification. Theoretical and Applied Genetics, Berlin, 53: 89-81, 1978.
- VIEDMA, L.Q. de; SCHVARTZMAN, J.; KOHLI, M.M.; VAN BEUNINGEN, L. Principales enfermedades del trigo en el Paraguay, Asunción. MAG-DIEAF, BD n° 18-A, 1987. 36 p.
- WRICKE, G. Zur berechnung der okovalenz bei sommerweizen und hafer. Z. F. Planzenzuchtung, Berlin, 52: 127-8, 1965.
- YATES, F. & COCHRAN, W.G. The analysis of group of experiments. Journal of Agricultural Science, London, 28: 556-80, 1938.

A P Ê N D I C E

REPÚBLICA DO PARAGUAI

FIGURA A1. Localização geográfica das unidades experimentais.