DOMINÂNCIA ESTOCÁSTICA VERSUS ESTABILIDADE NA SELECÇÃO DE GENÓTIPOS

FRANCISCO DORINEY BATISTA DE SOUZA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Fernando Curi Peres

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Economia Agrária.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Dezembro - 1990

S729d Souza, Francisco Doriney Batista de
Dominância estocástica versus estabilidade na
seleção de genótipos. Piracicaba, 1990.
115p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Genótipo - Estabilidade 2. Genótipo - Seleção -
Análise estatística 3. Modelo matemático 4. Teoria da
decisão I. Escola Superior de Agricultura Luiz de
Queiroz, Piracicaba.

CDD 519.542

DOMINÂNCIA ESTOCÁSTICA VERSUS ESTABILIDADE
NA SELECÇÃO DE GENÓTIPOS

FRANCISCO DORINEY BATISTA DE SOUZA

Aprovado em: 11.03.91

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Fernando Curi Peres

ESALQ/USP

Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho

ESALQ/USP

Profa. Dra. Zilda Paes de Barros Mattos

ESALQ/USP

Prof. Dr. Fernando Curi Peres
Orientador

À minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Fernando Curi Peres não só pela valiosa orientação como também pelo grande incentivo, sem o qual este trabalho não teria sido concluído.

Ao Prof. Dr. Pedro Valentim Marques pela orientação durante a fase inicial do curso.

Aos demais professores do Departamento de Economia e Sociologia Rural (DESR) da ESALQ pelos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Evaristo Marzabal Neves do Departamento de Economia e Sociologia Rural e ao Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho do Departamento de Genética pela leitura da primeira versão deste trabalho, pelas críticas e grandes contribuições.

Ao Projeto Avaliação de Novas Tecnologias do Convênio FINEP/FEALQ.

A todos os funcionários do DESR da ESALQ pelo apoio durante o curso.

A todos enfim que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	x
SUMMARY	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1. Metodologia empregada na classificação de ge- nótipos por estabilidade	8
2.1.1. Adaptabilidade e Estabilidade	25
2.2. Classificação de alternativas sob condições de risco	29
2.2.1. Análise média-variância	36
2.2.2. MOTAD	40
2.2.3. Método de Hännöch e Levy	41
2.2.4. Dominância estocástica	42
2.2.4.1. Dominância estocástica de primeiro grau	45
2.2.4.2. Dominância estocástica de segundo grau	47
2.2.4.3. Dominância estocástica de terceiro grau	49
2.2.4.4. A dominância estocástica e a análise média-variância	52

3. MATERIAL E MÉTODOS	56
3.1. Material	56
3.2. Métodos	57
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.1. Cultura do algodão	62
4.2. Cultura do feijão	65
4.3. Cultura do milho	68
4.4. Cultura da soja	71
4.5. Cultura do trigo	74
4.6. Avaliação geral	77
5. CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
APÊNDICE	94

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Regressões e o comportamento das variedades	11
Figura 2 - Média de produção X coeficiente de regressão	13
Figura 3 - Variação da produção com a variação de um fator	16
Figura 4 - Resposta da produção ao aumento de temperatura	16
Figura 5 - Reta ajustada a partir dos níveis de resposta	17
Figura 6 - Diferentes comportamentos em relação à média	19
Figura 7 - Coeficiente de variação X produtividade	20
Figura 8 - Ajustamento das regressões por tipo de ambiente	22
Figura 9 - Ajustamento da regressão por Silva & Barreto	24
Figura 10- Curvas de utilidade e o comportamento individual	33
Figura 11- Fronteira eficiente e as curvas de iso-utilidade	41
Figura 12- Dominância estocástica de primeiro grau	47
Figura 13- Dominância estocástica de segundo grau	49
Figura A.1- Ajustamento Manual da Função de Distribuição Cumulativa (FDC)	106

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Seleção por estabilidade e dominância estocástica de genótipos de algodão cultivados em 6 locais da região oriental do Paraguai nos anos de 1985/86 e 1986/87	64
Tabela 2 - Seleção por estabilidade e dominância estocástica de cultivares de feijão cultivados em 11 ambientes (combinação de locais e anos) do sul de Minas Gerais	67
Tabela 3 - Seleção por estabilidade e dominância estocástica de híbridos de milho cultivados em 10 locais da região Centro-Sul do Brasil nos anos 1983/84, 1984/85 e 1985/86	70
Tabela 4 - Seleção por estabilidade e dominância estocástica de cultivares de soja cultivados em 11 locais do Rio Grande do Sul nos anos 1972/73, 1973/74 e 1974/75	73
Tabela 5 - Seleção por estabilidade e dominância estocástica de cultivares de trigo cultivados em 7 locais da região oriental do Paraguai nos anos de 1986 e 1987	76
Tabela A.1 - Produtividade média em kg/20 m ² de genótipos de algodão em 6 localidades da região Oriental do Paraguai: 85/86	95
Tabela A.2 - Produtividade média em kg/20 m ² de genótipos de algodão em 6 localidades da região Oriental do Paraguai: 86/87	95
Tabela A.3 - Produção média de grãos de 12 cultivares de feijão em 11 ambientes do Sul de Minas Gerais (kg/ha)	96
Tabela A.4 - Produção média em kg/ha de 15 híbridos de milho em vários locais da região Centro-Sul do Brasil. 1983/84	97
Tabela A.5 - Produção média em kg/ha de 15 híbridos de milho em vários locais da região Centro-Sul do Brasil. 1984/85	97
Tabela A.6 - Produção média em kg/ha de 15 híbridos de milho em vários locais da região Centro-Sul do Brasil. 1985/86	99

Tabela A.7 - Produções médias, em kg/ha, dos ensaios realizados com 10 cultivares de soja em 11 locais do RS. 1972/73	100
Tabela A.8 - Produções médias, em kg/ha, dos ensaios realizados com 10 cultivares de soja em 11 locais do RS. 1973/74	101
Tabela A.9 - Produções médias, em kg/ha, dos ensaios realizados com 10 cultivares de soja em 11 locais do RS. 1974/75	102
Tabela A.10- Rendimento médio de grãos (kg/ha) de 10 cultivares de trigo em 7 localidades da região Oriental do Paraguai. 1986	103
Tabela A.11- Rendimento médio de grãos (kg/ha) de 10 cultivares de trigo em 7 localidades da região Oriental do Paraguai. 1987	103
Tabela A.12- Matriz das produtividades para leitura pelo programa de eficiência estocástica	108

DOMINÂNCIA ESTOCÁSTICA VERSUS ESTABILIDADE NA SELECÇÃO DE GENÓTIPOS

Autor: FRANCISCO DORINEY BATISTA DE SOUZA

Orientador: PROF. DR. FERNANDO CURI PERES

RESUMO

Para seleccionar genótipos que possam ser indicados aos agricultores, usualmente os pesquisadores, na área de melhoramento vegetal, avaliam a performance dos genótipos através de Estabilidade. Estabilidade é um conceito ligado à previsibilidade da resposta de genótipos em condições variáveis de ambiente.

Teoria da Decisão é uma ferramenta estatística usada para indicar a melhor estratégia entre alternativas viáveis. Este estudo pretendeu mostrar que a teoria da decisão pode ser utilizada por melhoristas no processo de selecção de genótipos visando agricultores aversos ao risco. O processo conhecido como Dominância Estocástica foi utilizado. Foi mostrado que primeiro, segundo e terceiro graus de Dominância Estocástica podem ser usados como um dos passos na selecção de genótipos. Em consequência, aumentam as chances de aceitação das variedades melhoradas por agricultores aversos ao risco.

Em uma amostra de 57 genótipos estudados, 30 foram seleccionados por critérios de estabilidade e/ou por dominância estocástica para indicação aos agricultores.

Entre estes 30, apenas 13% não foram membros do grupo dominante estocasticamente. Este foi maior que o grupo estável e incluiu 75% dos genótipos classificados por apresentarem características de estabilidade.

STOCHASTIC DOMINANCE VERSUS STABILITY IN GENOTYPE SELECTION

Author: FRANCISCO DORINEY BATISTA DE SOUZA

Adviser: PROF. DR. FERNANDO CURI PERES

SUMMARY

In order to select genotypes to be offered to farmers, plant breeders usually evaluate their performance through stability. Stability is a concept related to predictability of genotypes response on variable environmental conditions.

Decision Theory is a statistical tool used to indicate the best strategy among the alternatives available. This study intended to show that decision theory can be used by plant breeders in their process of genotype selection for risk averse farmers. The concept known as Stochastic Dominance was used. It was shown that first, second, and third degree stochastic dominance can be used by plant breeders as a step in genotype selection, therefore increasing the likelihood of acceptance of the improved varieties by risk averse farmers.

In a sample of 57 studied genotypes, 30 were selected either by stability or stochastic dominance criteria. Among these 30, only 13% were not in the

stochastically dominant group. This group was bigger than the "stable" group and included 75% of the genotypes classified as having stability characteristics.

DOMINÂNCIA ESTOCÁSTICA VERSUS ESTABILIDADE
NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS

1. INTRODUÇÃO

O homem ao longo de sua história vem procurando exercer domínio sobre suas atividades. Muito embora tenha conseguido grandes progressos, exercer total controle não tem sido possível, pois significaria possuir conhecimento perfeito de todas as etapas das suas mais diversas atividades, inclusive dos fatos futuros. Segundo BARNARD (1979), o conhecimento imperfeito caracteriza o que se costuma chamar incerteza.

Os agricultores, relativamente aos administradores de outras atividades, são os que suportam as maiores cargas de incerteza. A falta de controle existente na agricultura é proveniente da imprevisibilidade dos materiais biológicos, das condições climáticas, das políticas de preços, das relações entre indivíduos, etc..., elementos de que depende o setor e sobre os quais o agricultor exerce pouca ou nenhuma influência.

É claro que o nível de incerteza dos indivíduos é algo pessoal e depende de uma série de condições como fatores biológicos, ambientais e até mesmo de sua formação psicológica. A experiência e o conhecimento individual acumulados constituem fatores decisivos e estabelecem diferenças entre os agricultores. Quanto maior o conhecimento, menos exposto ele se encontra às imprevisibilidades.

Para reduzir seu nível de incerteza, o agricultor com mais conhecimento (e dispondo de recursos) pode lançar mão dos resultados da pesquisa e/ou realizar investimentos em irrigação, drenagem, seguros e diversificação das culturas, na busca de elevados rendimentos e baixa variabilidade. A escolha das atividades a desenvolver bem como das tecnologias adotadas é, portanto, de fundamental importância para a sobrevivência do empreendimento e do próprio agricultor, pois são elas as grandes causadoras das variações na renda da propriedade.

Embora alguns indivíduos sejam classificados como tendo preferência pela incerteza (ou risco), de um modo geral os agricultores são considerados aversos a ela. Este fato termina por levá-los a objetivos e comportamentos diferentes daqueles que teriam se fossem apenas maximizadores de lucro. Para os indivíduos com características de aversão ao risco, a sobrevivência está em primeiro lugar entre as prioridades. Preferem então

escolher alternativas que lhes proporcionem retornos (ainda que pequenos) certos e suficientes para o cumprimento de seus compromissos, àquelas que, maximizando lucros, trazem um risco maior embutido.

PASTORE (1975) ao enfocar as decisões tecnológicas na agricultura de subsistência, sugere que os agricultores, por exigirem um nível baixo de retorno, têm preferência por tecnologias tradicionais. Temem a inovação pelo fato de saberem que estão mais expostos aos riscos que os demais. Os agricultores comerciais, dispendo de mais recursos para reproduzir as condições em que foram desenvolvidos os experimentos nas instituições de pesquisa, podem atingir os elevados rendimentos que a tecnologia é capaz de proporcionar. A incerteza seria então, de acordo com o autor, algo mais associado ao meio e à tecnologia do que a uma característica inerente ao indivíduo.

O risco é, portanto, o fator que interfere grandemente na escolha das tecnologias disponíveis e a pesquisa tem uma forte responsabilidade nesse processo. Desta forma, a ênfase na escolha deve ser dada não apenas ao retorno médio, mas ao desempenho das tecnologias em condições adversas, procurando medir suas variabilidades.

Dentre as tecnologias colocadas ao alcance do agricultor, o uso de sementes melhoradas destaca-se como uma das mais importantes na tentativa de proporcionar-lhe elevados rendimentos. Objetivando selecionar materiais

genéticos com boas características, sistematicamente são realizados ensaios regionais pelos órgãos de pesquisas. Para eleição dos materiais melhorados, são comparados os rendimentos médios apresentados pelos genótipos nas diferentes condições ambientais em que são feitos os testes. Durante o processo de seleção, as grandes preocupações têm sido o desempenho dos genótipos quando cultivados em locais cujas condições diferem daquelas em que foram testados e o comportamento em um mesmo local, diante de mudanças ambientais que ocorrem ao longo dos anos. As diferenças apresentadas tornam difícil a decisão de quais genótipos escolher.

Para solucionar esse tipo de problema, diversos métodos têm sido desenvolvidos permitindo avaliar a interação entre os ambientes e os genótipos, classificando estes não apenas pelas médias de produtividades apresentadas nos diversos locais onde foram testados, mas também quanto à variabilidade que tais produtividades podem demonstrar ao serem submetidos a diferentes condições ambientais. De um modo geral estas metodologias buscam detectar estabilidade nos materiais genéticos em estudo. Consistem em avaliar as produtividades apresentadas por um grupo de variedades em diferentes ambientes (associação de locais e épocas), fazendo inferências sobre seu comportamento a partir dos resultados, com o emprego de instrumentais estatísticos. Em resumo, os métodos empregados para medir estabilidade,

buscam selecionar os genótipos de forma a recomendá-los aos agricultores com maior "segurança" .

O desenvolvimento de tais métodos sem dúvida representa um grande passo na busca de redução das variabilidades que tanta incerteza leva à atividade primária. O termo "segurança", associado àqueles estudos, não considera os critérios econômicos e psicológicos envolvidos no processo de escolha, isto é, os princípios básicos da Teoria da Decisão, os quais, segundo DILLON (1977), "conferem primazia às preferências pessoais dos tomadores de decisão e às estimativas de probabilidade". Por envolver o conhecimento das probabilidades e por serem variadas e desconhecidas as preferências dos investidores, a escolha de tecnologias a recomendar transforma-se em um sério problema de decisão. Para contorná-lo, diversos processos têm sido criados, procurando evitar que a escolha se restrinja à questão puramente intuitiva, recorrendo para tanto, às aproximações das possibilidades de ocorrência dos eventos.

Os métodos de escolha envolvendo risco visam, portanto, incorporar critérios econômicos e de preferências, permitindo uma tomada de decisão mais criteriosa. Embora tenham ainda relativamente pouca difusão nos processos de pesquisa no Brasil, eles têm sido aplicados em uma série de trabalhos com fins práticos de recomendação de tecnologias aos agricultores, inclusive na indicação de variedades melhoradas geneticamente.

O problema ora identificado resume-se em averiguar a performance dos métodos utilizados por melhoristas na classificação de genótipos, e daqueles envolvendo Teoria da Decisão, uma vez que ambos carregam um enfoque de "segurança". A partir de classificações realizadas para detectar estabilidade fenotípica e da seleção visando indicar genótipos que levem menores riscos aos agricultores, este trabalho pretende averiguar a existência de uma relação entre os dois critérios de escolha, buscando constatar de que forma as variedades mais estáveis são também (se é que são) as que concedem menores níveis de incerteza.

A importância de encontrar-se tais relações reside no fato de que, uma vez constatadas, seria possível indicar genótipos estáveis fenotipicamente incorporando, paralelamente, a idéia do risco envolvido na adoção. Tal fato garantiria maior segurança, na medida em que as variabilidades detectadas estariam não apenas associadas às qualidades intrínsecas do genótipo, mas também considerando a questão relativa ao comportamento do agricultor diante da incerteza.

O presente trabalho tem como objetivos:

1. Descrever os procedimentos adotados na utilização dos métodos desenvolvidos para detectar estabilidade de materiais genéticos, durante o processo de seleção de genótipos;

2. Estudar os processos de ordenação de alternativas sob condições de incerteza, especialmente os métodos de Dominância Estocástica;
3. Comparar, a partir de diversos trabalhos que visam a escolha de genótipos estáveis, o grupo classificado por métodos de estabilidade com aquele obtido pelo emprego da Dominância Estocástica, averiguando as possíveis relações existentes entre ambos; e, dependendo dos resultados,
4. Formular regras básicas, para que os responsáveis pela criação e difusão de variedades melhoradas, possam, de modo prático, realizar classificação pela Teoria da Decisão (Dominância Estocástica), detectando a superioridade do material genético tanto no aspecto da interação com o ambiente quanto na segurança que levaria ao agricultor ao lhe ser recomendada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Metodologia empregada na classificação de genótipos por estabilidade

Os melhoristas vêm, ao longo dos anos, procurando encontrar genótipos que apresentem bom desempenho em variadas condições ambientais. Variedades adaptadas apenas a condições ecológicas restritas podem ser bastante úteis no caso de horticultura, por exemplo, em que as condições ambientais são controladas. Em culturas de caráter extensivo, entretanto, aparecem sérias limitações devido às variações encontradas nos fatores que compõem o ambiente onde venham a ser cultivadas.

Estratificar os ambientes poderia ser uma solução; porém, mesmo em condições de ampla uniformidade, devem ser consideradas as modificações que ocorrem nas condições climáticas a cada ano. Daí a importância de desenvolver materiais que apresentem considerável grau de adaptação e que reajam satisfatoriamente às mudanças ambientais naturais ou mesmo causadas pelo homem (adubação, irrigação, etc....).

YATES & COCHRAN (1938), questionaram a validade de extrapolar resultados de experimentos desenvolvidos em uma determinada região e época, pois seriam adequados apenas àquelas condições onde foram desenvolvidos. Entre as análises estatísticas realizadas para estudar o problema, ajustaram regressões para cada genótipo, tentando investigar o grau de associação entre as diferenças apresentadas e a fertilidade geral (indicada pela média de produção de todas as variedades). Os dados utilizados foram resultado de um ensaio desenvolvido nos anos de 1931 e 1932 em seis locais, utilizando cinco variedades de cevada. Esta linha de trabalho foi, posteriormente, ampliada e seguida por muitos pesquisadores.

FINLAY & WILKINSON (1963) estudando a interação genótipo x ambiente, buscavam encontrar formas de detectar variedades adaptadas a mudanças ambientais, tendo em vista as grandes modificações nas condições edáficas e as variações sazonais que se verificavam nas localidades que compõem o cinturão de cereais do sul da Austrália. Foram utilizadas no ensaio 800 variedades de cevada, tomando como amostra 277 daquele total, cultivadas em três locais: Minlaton e Clinton nos anos de 1958, 1959 e 1960 e no Instituto Waite no ano de 1960. Para comparar a performance do grupo de variedades, nos três centros, nos diferentes períodos, foram ajustadas regressões lineares, uma para cada variedade, utilizando as produções

individuais "contra" o que chamaram de "Índice de Avaliação Ambiental". Este índice consiste na média de produção de todas as variedades calculadas para cada combinação de local e ano,

assim:

$$I_j = \frac{\sum_{i=1}^v Y_{ij}}{v} \quad , \text{ onde}$$

I_j : Índice de Avaliação Ambiental na combinação de local e ano j .

Y_{ij} : Produção da variedade i na combinação de ano e local j .

v : Número total de genótipos.

Esta média foi utilizada dada a impossibilidade de se trabalhar com todas as variáveis ambientais, assim como as suas interações, capazes de causar influência na produção.

A média de produção de todas as variedades em Clinton no ano de 1959 (C59) foi a mais baixa de todas, o que representa um ambiente de baixas produções, isto é, as características edáficas daquele local, interagindo com as condições climáticas ocorridas naquele ano, determinaram o mal ambiente, afetando a produção. Isto não significa dizer que o local é responsável pelo mal desempenho das culturas, pois no mesmo local no ano de 1958 ocorreram as maiores produções, fornecendo a mais alta medida ambiental (C58 - associação de suas condições de fertilidade às ocorrências climáticas de 1958). Um ambiente natural, complexo, pôde dessa forma ser descrito, utilizando a média de produção de um grupo de variedades.

Ajustadas as regressões, foram tomados como parâmetros de análise, a média de produtividade de cada variedade ao longo de todos os ambientes e o coeficiente de cada regressão (b_i), medindo este a respectiva estabilidade fenotípica em todos os ambientes.

Para interpretar o comportamento das variedades, foram tomadas como exemplo quatro regressões lineares das mais representativas, mostradas na Figura 1.

Figura 1 - Regressões e o Comportamento das Variedades

Y_i : Produção individual do genótipo i

1: Média da População

I_j : Avaliação Ambiental

2: } Variedades com di-
3: } ferentes comporta-
4: } mentos
5: }

Tomando uma variedade hipotética cujas produções individuais fossem iguais às médias de produção de cada variedade em cada local e ano, ou seja, iguais aos valores dos índices ambientais, a reta ajustada mostraria uma inclinação de 45° ($b=1$, representada por 1 na Fig.1). Variedades como as indicadas por 2 e 3, ou seja, com coeficientes de regressão aproximadamente iguais a 1,00, seriam de estabilidade média para aquelas condições de ambientes consideradas. Neste caso, quando a variedade apresenta produções acima da média da população (2) ela é dita de adaptabilidade geral; quando abaixo (3) diz-se que é fracamente adaptada a todos os ambientes.

Variedades com coeficiente de regressão significativamente maior que 1 (4) mostram elevada sensibilidade a mudanças ambientais. Diz-se que têm estabilidade fenotípica abaixo da média, pois pequenas mudanças no ambiente provocam mudanças mais que proporcionais na sua produção. Produzem abaixo da média em ambientes "pobres" e acima da média em ambientes de "elevadas produções".

Variedades com coeficiente de regressão significativamente menor que 1 (5) mostram baixa sensibilidade a mudanças ambientais. Produzem acima da média em ambientes "de baixas produções" e abaixo, em ambientes favoráveis. Diz-se que possuem estabilidade fenotípica acima da média e são especificamente adaptadas a ambientes caracterizados pela baixa produção.

Distribuindo os dois parâmetros (média de produção e coeficiente de regressão) em um gráfico bidimensional (Figura 2), é possível visualizar melhor o comportamento das variedades.

Figura 2 - Média de Produção x Coeficiente de Regressão

As variedades mais estáveis apresentaram baixa média potencial, tornando-se pouco indicados para a exploração em condições boas de ambiente, enquanto os de elevada produtividade potencial mostraram-se muito instáveis fenotipicamente (elevado coeficiente de regressão) reduzindo mais que proporcionalmente a produtividade com a diminuição do índice ambiental. O ideal seria um genótipo com máxima produção potencial no ambiente mais favorável e máxima estabilidade fenotípica, ou seja, baixo coeficiente de regressão.

EBERHART & RUSSELL (1966) sugeriram além do estudo de parâmetros como a média e o coeficiente de regressão que se levasse em consideração a estimativa dos desvios das regressões ajustadas de acordo com o seguinte modelo: $Y_{ij} = \mu_i + \beta_i \cdot I_j + \delta_{ij} + e_{ij}$ ($i=1, \dots, v$; $j=1, \dots, n$) onde:

μ_i : Média de produção da variedade i em todos os ambientes.

β_i : Coeficiente de Regressão

I_j : Índice de Avaliação Ambiental, sendo

$$I_j = \frac{\sum_{i=1}^v Y_{ij}}{v} - \frac{\sum_{i=1}^v \sum_{j=1}^n Y_{ij}}{v \cdot n}$$

δ_{ij} : Desvios da Regressão

e_{ij} : Erro médio da variedade i no ambiente j

O desempenho de cada variedade poderia ser previsto usando as estimativas dos parâmetros:

$$\hat{Y}_{ij} = X_i + b \cdot I_j$$

onde: $\hat{Y}_{ij}$: Estimativa de produtividade da variedade i no ambiente j

X_i : Estimativa da média de produtividade da variedade i .

b : Estimativa do coeficiente de regressão ajustada para a variedade i .

$$\hat{\delta}_{ij} = Y_{ij} - \hat{Y}_{ij}, \text{ onde:}$$

$\hat{\delta}_{ij}$: Estimativa do desvio da regressão.

O parâmetro de estabilidade seria a soma de quadrados dos desvios da regressão representado por σ_{di}^2 , podendo ser estimado calculando S_{di}^2 . Este modelo separa a interação genótipo x ambiente de cada variedade em duas partes: 1) variação devida à resposta da variedade à variação do índice ambiental (soma do quadrado devido à regressão), e 2) desvios não explicados pela regressão no índice

ambiental. Segundo o modelo, a variedade desejável deveria apresentar elevada média, coeficiente de regressão igual a 1,00 e desvio da regressão tão pequeno quanto possível ($S_{di}^2 \approx 0$).

BREESE (1969) estudando as interações genótipo x ambiente de variedades de gramíneas ajustou regressões de acordo com o modelo de Finlay & Wilkinson. O cálculo das variações para os coeficientes de regressão levou-o a concluir que a constância do coeficiente de regressão (pequeno desvios) indicaria que a performance de uma variedade em um local poderia ser utilizada para prever seu desempenho em outros, ou até mesmo em diferentes épocas e tipos de manejo. Isto é, se há estabilidade em uma restrita faixa de ambiente, tal padrão poderia ser usado como referência para determinar comportamento em outros ambientes. Dessa forma, como proposto por Eberhart e Russell, sugeriu que a expressão fenotípica de uma população depende de três propriedades: a expressão média, uma resposta linear ao ambiente e desvios residuais da regressão.

KNIGHT (1970), analisando o que havia sido estudado até então, principalmente o trabalho de Finlay e Wilkinson, alertou para a questão do índice de ambiente. Sugeriu que o ideal seria medir o comportamento dos genótipos ao variar isoladamente o fator limitante ao seu desempenho. Diversos autores estudaram o fenômeno para fatores como temperatura, níveis de nitrogênio, fósforo,

cálcio, etc. e observaram distribuição das produções (Y_i), iniciando-se com as baixas (condições sub-ótimas), atingindo um máximo nas condições ótimas e por fim reduzindo-se em condições acima das ótimas (Figura 3).

Figura 3 - Variação da Produção com a variação de um fator

Assim, ao usar-se índices ambientais no ajuste de regressões lineares, deve-se ter em mente que os mais baixos representam produtividades obtidas tanto em condições adversas quanto nas acima do ótimo, enquanto o índice mais alto mostra apenas as condições ótimas estudadas (Figuras 4 e 5).

Figura 4 - Resposta de Produção (Y_i) ao aumento de temperatura (τ).

Figura 5 - Reta ajustada a partir dos níveis de resposta

As regressões ajustadas mostrariam, portanto, baixas produções obtidas em condições abaixo e acima do ótimo, sendo o ótimo responsável pelo máximo de produção. Portanto a extrapolação da regressão linear não poderá ser feita se os índices foram obtidos cobrindo condições acima do ótimo, pois mostraria produtividades mais altas que aquelas obtidas nas condições ideais. Como as condições consideradas super-ótimas não ocorrem a nível de campo, as regressões lineares tornam-se válidas. Knight considerou ainda que deve-se estar atento para o fato de que o desvio da regressão (como referido por Eberhart e Russell e também por Breese) pode não ser uma propriedade do genótipo mas algo relativo ao fato da média ambiental ter sido influenciada por genótipos de comportamento semelhantes. Para explicar a idéia, o trabalho de Mitchell

& Lucanus,¹ foi citado por KNIGHT (1970) mostrando que de 6 cultivares de gramíneas estudadas, 5 apresentavam comportamento semelhante, enquanto o sexto (*Paspalum*) diferia na resposta a variações de temperatura. Logicamente as cinco que se assemelhavam tiveram grande influência sobre a média que representou cada índice ambiental e conseqüentemente, a regressão da sexta (*Paspalum*) mostrou elevada variância já que suas produções diferiram da média. Se, ao contrário, houvesse 5 cultivares semelhantes à *Paspalum*, a regressão ajustada para esta é que apresentaria baixos desvios e as que porventura fossem diferentes, os teriam altos.

Sem traçar regressões, apenas comparando as curvas de resposta de cada variedade com a curva que representaria a média de produção de todas as variedades, pode-se "avaliar" a magnitude das produtividades e os coeficientes de regressão, como também ter uma idéia dos desvios (Figura 6). O genótipo gerador da curva de resposta 1 teria produção média, inclinação aproximadamente igual a 1,00, mas grande desvio. As demais teriam pequeno desvio, pois assemelham-se à curva média, sendo que o de número 2 teria baixa produtividade e $b < 1$ e o genótipo 3 baixa produtividade esperada e $b > 1$.

¹ MITCHELL, K. J. & LUCANUS, R. 1962. Growth of pasture species under controlled environments. N. Z. J. Agric. Res. 5: 135-44.

Figura 6 - Comportamentos Diferentes em Relação à Média

Tomando-se as regressões lineares como representantes de uma curva hipotética resultante da variação dos fatores, o coeficiente de regressão estaria representando a diferença de comportamento de cada uma das variedades em relação à média de comportamento das demais. Na prática, a dificuldade estaria no fato de não ser possível medir o efeito isolado do fator limitante, uma vez que ele interage com os demais. Em vista da interpretação dos valores de b das curvas de resposta, para Knight, a terminologia empregada por Finlay & Wilkinson parece ser preferível como indicador de uma baixa flutuação na produção com a mudança no ambiente.

FRANCIS & KANNENBERG (1978) fizeram um estudo comparativo entre métodos de classificação de genótipos por estabilidade e propuseram um método alternativo. Observaram que os genótipos estáveis apresentaram, em geral, produção abaixo da média, o que não seria surpresa, segundo eles, pois não oferecendo o genótipo grande resposta a mudanças ambientais, a variação na produção é

pequena. Os responsivos com o crescimento da fertilidade, por sua vez, possuíam elevada variação e portanto elevada média. Em seu ensaio, os 15 híbridos apresentaram correlação positiva entre média e variância de 0,65. Dado que a variedade responsiva tende a ter variância elevada, dever-se-ia ter uma medida de consistência considerando também a produção e não apenas a variância. Esta medida seria o Coeficiente de Variação (CV). O objetivo seria agrupar genótipos pelo CV. A produção média ($\bar{Y}_i$) foi plotada na Figura 7 "contra" o CV, determinando os seguintes grupos:

Grupo I : alta produção média e baixo CV

Grupo II : alta produção média e alto CV

Grupo III: baixa produção média e baixo CV

Grupo IV : baixa produção média e alto CV

Figura 7 - Coeficiente de Variação X Produtividade

Francis & Kannenberg tomaram cada um dos grupos calculando para cada um deles a produção, coeficiente de regressão, desvios da regressão e variância da estabilidade [técnica proposta por SHUKLA (1972)], todos tomados pela média dos componentes do grupo. Comparando os grupos, concluíram que o grupo I mostrou-se o mais desejável, considerando qualquer dos parâmetros de estabilidade pois apresentou média de produção elevada, coeficiente de regressão aproximadamente igual a 1,00 e S_d^2 não significativo. Seria o grupo mais estável. O grupo III poderia ser tomado como estável, pois em média $b=0,79$ (relativamente baixo), indicando estabilidade acima da média; porém, a média geral de produção do grupo é baixa, S_d^2 é significativo e a variância da estabilidade também significativa. Por outro lado, tomando híbridos pertencentes ao grupo I (estável) individualmente, alguns mostraram-se instáveis por outros métodos.

VERMA & CHAHAL (1978) propõem que numa grande amostra podem ser encontrados genótipos dos seguintes tipos: a) sensibilidade baixa em condições ambientais abaixo da média, mas elevada em condições favoráveis (genótipo teoricamente ideal) e b) sensibilidade alta em condições abaixo da média, mas baixa sob condições favoráveis. Genótipos de ambos os tipos existem, mas que não podem ser detectados pelas técnicas até então apresentadas. Quanto aos desvios da regressão, um genótipo próximo do ideal pode ter sua regressão abandonada se não

forem examinadas a magnitude e a região dos desvios, pois desvios na regressão correspondentes ao intervalo dos ambientes "pobres", pode ser um fato vantajoso. A proposta de Verma & Chahal é que a falta de ajustamento de algumas regressões lineares, indicada pela elevada variância apresentada, poderia ser reduzida separando os índices ambientais em dois grupos e ajustando duas regressões, uma baseada nos índices que compõem os ambientes desfavoráveis (-) e outra utilizando os índices que identificam os ambientes favoráveis (+) (Figura 8). As duas regressões permitiriam verificar quais dos genótipos em estudo apresentam comportamento mais aproximado daquele teoricamente ideal, sem necessitar buscar outros tipos de ajustamento mais complicados, como o curvilíneo, ao tentar reduzir a variância existente na única regressão linear anteriormente ajustada.

Figura 8 - Ajustamento das Regressões por Tipo de Ambiente

- : b baseado em todos os ambientes (I_j)
- : b baseado em ambientes desfavoráveis (-)
- : b baseado em ambientes favoráveis (+)

Em seu trabalho, Verma & Chahal compararam genótipos calculando coeficientes de regressão para o ajustamento de uma única reta com base em todos os índices e para duas retas ajustadas com base nos dois grupos de ambientes, separadamente. Genótipos que apresentavam semelhança de comportamento ao ajustar-se regressões únicas mostraram-se diferentes ao serem comparados utilizando as duas regressões, separadas de acordo com os ambientes. Eles mostravam semelhança em condições favoráveis (+) porém um deles apresentava-se superior em estabilidade nos ambientes ditos pobres (-). A deficiência do método está no fato de que dependendo do número de ambientes, ao serem separados, sobram poucos pontos em cada um deles para os ajustamentos isolados.

SILVA & BARRETO (1985) propuseram o ajustamento de uma única regressão composta pelos dois segmentos propostos por Verma & Chahal, tomando a média de todas as variedades em todos os ambientes (média geral), como valor de conexão entre os segmentos (Figura 9). O ajustamento foi proposto de acordo com o seguinte modelo:

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 \cdot X_n + b_2 \cdot T(X_n), \text{ onde}$$

Y_i : Produtividades observadas para a variedade i ;

X_n : Índice ambiental correspondente ao I_j descrito nos modelos anteriores;

b_0 : Estimativa da média de produção (μ_i) da variedade i ;

b_1 e b_2 : Estimativa dos coeficientes de regressão.

$$T(X_n) = 0 \text{ se } X_n < 0 \quad \text{e} \quad T(X_n) = X_n \text{ se } X_n > 0$$

Figura 9 - Ajustamento da Regressão por SILVA & BARRETO.

Os métodos já desenvolvidos para ajustar regressões, inclusive o desenvolvido por Silva & Barreto foram comparados por PEIXOTO *et alii*. (1985), em um estudo com cultivares de cana, tendo concluído que o método da regressão única, utilizando variável "dummy", mostrou-se mais representativo do comportamento no campo, que os demais métodos empregados.

CRUZ *et alii* (1988), após constatação de que o método proposto por Silva & Barreto gerava correlação entre as estimativas dos parâmetros de estabilidade, propuseram uma modificação ao método, mantendo os mesmos conceitos, mas acrescentando um aprimoramento estatístico. O aprimoramento consiste em uma redefinição da variável TX_n , a qual passa a ser calculada de modo diferente:

$$TX_n = 0 \quad \text{se } X_n \leq 0 \quad \text{e} \quad TX_n = X_n - \bar{X}_p \quad \text{se } X_n > 0$$

onde, $\bar{X}_p$ = média dos índices X_n positivos.

A variedade de métodos para medir estabilidade mostra-se grande e não para por aqui. Além dos métodos que não foram enfocados, a cada novo trabalho na área de estabilidade, novos aprimoramentos certamente serão buscados, procurando eliminar os vieses que se identificam e assim aproximar-se o mais possível da metodologia ideal. Nos trabalhos que vêm sendo desenvolvidos na ESALQ envolvendo estabilidade de genótipos, embora outros métodos sejam utilizados, observa-se uma tendência ao emprego do método sugerido por EBERHART & RUSSELL (1966) e também o de SILVA & BARRETO (1985).

2.1.1 Adaptabilidade e Estabilidade

Na literatura dedicada ao comportamento de genótipos são frequentes as referências aos termos estabilidade e adaptabilidade provocando uma certa confusão entre seus significados. Desta forma torna-se importante fazer uma retrospectiva das suas utilizações pelos estudiosos da área, para maior esclarecimento.

FINLAY e WILKINSON (1963) empregaram a expressão estabilidade fenotípica como sendo a característica medida pelo coeficiente da regressão ajustada. De acordo com o tipo de estabilidade identificada, o genótipo é então classificado por adaptabilidade. Assim, um genótipo com coeficiente de regressão aproximadamente igual à unidade, é considerado

como de estabilidade fenotípica média. Quando este apresenta produção média elevada diz-se que possui adaptabilidade geral e quando a média de produção é baixa é dito pobremente adaptado aos ambientes. Se o coeficiente de regressão for maior que 1,00 diz-se que apresentam estabilidade fenotípica baixa, sendo especialmente adaptado a ambientes de elevadas produções. Quando o coeficiente de regressão apresenta valor menor que 1,00 o genótipo é dito de estabilidade fenotípica elevada, sendo especialmente adaptado a ambientes de baixas produções.

EBERHART e RUSSELL (1966) introduziram a soma do quadrado dos desvios da regressão como um parâmetro novo, que ao lado do coeficiente de regressão constituiriam medidas de estabilidade fenotípica. O genótipo ideal seria aquele que apresentasse além de elevada média, coeficiente de regressão igual à unidade e soma dos quadrados dos desvios igual a zero. A adaptabilidade ficaria definida pelo coeficiente de regressão. Quando maior que 1 (um) significaria que o genótipo é adaptado a ambientes de elevadas produções, quando menor que 1 (um) adaptado a ambientes "pobres". A estabilidade seria medida, em cada caso, pelos desvios da regressão.

BREESE (1969) tomou o coeficiente de regressão e o rendimento médio como medidas de adaptabilidade geral e específica. O desvio da regressão seria o indicador da estabilidade do genótipo.

VENCOVSKY & TORRES (1986) estudaram a questão das interações de genótipos com localidades e anos separadamente, tentando verificar que relação haveria entre estabilidade sob o ponto de vista temporal e sob o ponto de vista geográfico, uma vez que os programas de melhoramento dão maior ênfase à adaptabilidade em dada região e para o agricultor é mais importante que a variedade seja estável ao longo dos anos em sua propriedade. O objetivo do trabalho foi verificar se a seleção de variedades de acordo com a adaptação ecológica teria o mesmo significado que selecionar quanto ao aspecto temporal.

Aqueles autores tomaram os coeficientes de regressão médios das localidades reunindo anos e dos anos reunindo localidades, e calcularam os coeficientes de correlação entre eles. Concluíram haver independência entre as duas propriedades e que a seleção, portanto, deve ser independente para tempo e local. A ausência de correlação não exclui a possibilidade de se obter cultivares estáveis nos dois sentidos. Os autores adotaram o termo **estabilidade** para avaliar o comportamento da produção ao longo dos anos em um mesmo local e **adaptabilidade** (estabilidade geográfica ou espacial) para avaliar modificações na produção em diversos locais.

Em geral os autores têm utilizado as terminologias de Finlay e Wilkinson e de Eberhart e Russel ou variações das mesmas. Nos trabalhos de escolha de

genótipos, o termo adaptabilidade têm sido usado de acordo com Finlay e Wilkinson, empregando o coeficiente de regressão associado à média de produção, enquanto os desvios das regressões são utilizados de acordo com Eberhart e Russell, para medir estabilidade.

Neste trabalho, os genótipos em estudo serão classificados por estabilidade de acordo com os termos adotados pelos respectivos métodos empregados nos trabalhos consultados.

2.2 Classificação de Alternativas sob Condições de Risco

Incerteza e risco são termos comumente empregados como sinônimos. KNIGHT (1972) estabelece uma diferença entre risco e incerteza, dizendo que "risco" encontra-se associado a idéia de perdas e "incerteza" a de ganhos. A noção de "risco-incerteza" estaria também associada a medição. O "risco" seria algo mensurável enquanto a "incerteza" seria imensurável. O risco estaria associado a probabilidades objetivas enquanto incerteza a probabilidades subjetivas. Trata-se de risco quando "a distribuição do resultado num grupo de casos é conhecida enquanto na incerteza isso não ocorre, em geral, devido ao fato de que é impossível formar um grupo de casos, porque a situação que se enfrenta é, em alto grau, singular" (KNIGHT, 1972 p. 249). Quanto mais conhecimentos acumulamos dos fatos, mais as incertezas transformam-se em risco¹.

STONE (1970) considera que um indivíduo está tomando risco ao comprar um conjunto de ativos cujo valor futuro é uma variável aleatória. Aqui também, o conceito de risco encontra-se associado a uma distribuição de probabilidades.

1

Neste trabalho os termos risco e incerteza serão empregados como sinônimos pois diferem apenas quanto ao conhecimento das probabilidades associadas.

Para caracterizar o comportamento dos indivíduos nos processos de escolha, diante da incerteza, os primeiros estudos sobre a Teoria da Utilidade Esperada foram realizados por Gabriel Cramer em 1728 e Daniel Bernoulli em 1738. Eles procuravam explicar o Paradoxo de Petersburg. Investigavam o motivo pelo qual as pessoas pagariam uma pequena quantia por um jogo de infinitas expectativas matemáticas. (ARROW, 1974; SCHOEMAKER, 1982). Para explicar o Paradoxo, Bernoulli sugeriu que as pessoas tendem mais a maximizar a utilidade esperada em vez do valor monetário esperado. A função de utilidade deveria apresentar características de crescimento da utilidade menos que proporcional ao crescimento dos retornos. Propôs que a função seria logarítmica e assim a utilidade esperada do jogo não seria infinita. Bernoulli não chegou à questão de como medir a utilidade nem demonstrou a racionalidade de seu princípio.

Foi porém com John von Neumann e Oskar Morgenstern que a maximização da utilidade esperada foi formalmente explicada como um critério de decisão racional. A utilidade de von Neumann e Morgenstern aplica-se a qualquer tipo de resultado inclusive à questão de dinheiro que seria um caso particular. Os autores demonstraram que 5 (cinco) axiomas básicos implicam na existência de utilidades numéricas em que maiores utilidades estão associadas a elevadas preferências. De acordo com SCHOEMAKER (1982), os axiomas são os seguintes:

1) As preferências por loterias são completas e transitivas. Isto é, diante de uma escolha entre duas loterias L_1 e L_2 , L_1 é preferida a L_2 ($L_1 \succ L_2$), ou L_2 é preferida a L_1 ($L_2 \succ L_1$) ou ambas são igualmente atrativas. A transitividade implica em que se $L_1 \geq L_2$ e $L_2 \geq L_3$ então $L_1 \geq L_3$;

2) Se $x_1 \geq x_2 \geq x_3$, então há alguma probabilidade p entre zero e um tal que a loteria é atrativa tanto quanto receber x_2 com certeza. Significa que existe um nível de atração intermediário entre duas loterias. Este axioma garante monotonicidade;

3) Se duas alternativas x_1 e x_2 são igualmente atrativas (arriscadas ou não), então duas loterias e são igualmente atrativas para qualquer valor de p e x_3 . As preferências entre certeza e risco são invariáveis quando tudo o mais permanece igual;

4) Considerando as loterias e que diferem apenas na probabilidade, se x_1 é preferida a x_2 então a primeira loteria será preferida à segunda se e apenas se $p > q$;

5) Uma loteria complexa (isto é, seus retornos são loterias) é tão atrativa quanto uma loteria simples que resultaria quando multiplicadas as probabilidades de acordo com a teoria das probabilidades. Por

é tão atrativa quanto

Os axiomas são suficientes para garantir que há um índice de utilidade tal que a ordenação de loterias por sua utilidade coincide com as preferências das pessoas (SCHOEMAKER, 1982). A partir destes axiomas é possível obter pontos de utilidade, através dos quais a função de utilidade pode ser interpolada.

Pela observação dos diferentes tipos de função de utilidade dos indivíduos surge a noção de aversão a risco. De acordo com STONE (1970) a medida do risco, seria a diferença entre a utilidade de ganhos futuros esperados e a esperança da utilidade dos ganhos futuros:

$$\phi = U(\bar{y}) - E[U(\tilde{y})]$$

Um investidor seria averso a risco, se $\phi > 0$ (curva 1), indiferente se $\phi = 0$ e propenso a risco se $\phi < 0$ (curva 2), conforme Figura 10. Em outras palavras, o investidor será averso a risco se a utilidade da média da distribuição for maior que a utilidade esperada.

Figura 10 - Curvas de utilidade e o comportamento individual

O investidor averso a risco preferiria a média da distribuição como certo a correr o risco oferecido pela distribuição de probabilidade. O risco não é, como a variância, apenas função da distribuição de probabilidade dos ganhos, mas depende da forma da função de utilidade. Para os aversos a risco ela seria côncava, para os indiferentes linear, e convexa para os propensos a risco.

Como medidas de aversão ao risco ARROW(1974) propôs uma relação negativa entre a derivada segunda $[U''(y)]$ e a derivada primeira $[U'(y)]$ da função de utilidade $[U(y)]$. As medidas de aversão absoluta e relativa ao risco, podem ser calculadas, respectivamente, por:

$$RA(y) = - U''(y) / U'(y)$$

e

$$RR(y) = - y \cdot U''(y) / U'(y).$$

Estas medidas foram tomadas por serem invariantes com qualquer transformação linear. Para indivíduos aversos a risco elas assumiriam valores positivos, pois $U'(y) > 0$ e $U''(y) < 0$. Para os propensos a risco tanto R_A como R_R seriam menores que zero pois $U'' > 0$. A aversão relativa a risco parece ser mais compatível com a realidade, já que indivíduos mais ricos deveriam estar dispostos a correr mais riscos.

Dentro dos conceitos estudados, os indivíduos considerados aversos a risco apresentam utilidade marginal da renda positiva, porém decrescente. Eles só aceitam aumentos no nível de risco se forem acompanhados de ganhos mais que proporcionais. Baseiam sua decisão não na maximização de lucros mas na maximização da Utilidade Esperada, envolvendo portanto critérios individuais de ordem econômica cultural e psicológica.

Na tentativa de resolver problemas envolvendo decisão esbarra-se frequentemente nas dificuldades de conseguir medidas exatas das preferências, ou seja das probabilidades subjetivas e das funções de utilidade. Conhecidos estes elementos o processo se tornaria relativamente fácil, porém dadas as dificuldades não se pode fazer estimativas sobre as melhores alternativas.

DILLON (1976), classifica as abordagens ao problema de escolha de tecnologias, em categorias, mostrando que, em geral, o agricultor ao fazer sua escolha

opta pela tradição. O agricultor não admite, em princípio, que novas tecnologias venham a lhe oferecer menores perdas. Em suas escolhas baseia-se no conhecimento que possui e na sua visão de probabilidade da ocorrência dos fatos. A intuição, continua Dillon, é outro fator considerado no momento da escolha, seja pelos agricultores seja pelos técnicos. Na maioria dos casos é o único instrumento de que se dispõe para optar por uma tecnologia. Segundo o autor, a habilidade em usar a intuição é que caracteriza um elemento (pesquisador, extensionista, agricultor) como sendo bem sucedido. A intuição tem grande valor para decisões pessoais. Quando porém os reflexos da escolha extrapolam esse limite, passando a atingir uma coletividade, parece injusto que a experiência de um elemento venha a prevalecer sobre a dos demais.

Diversos processos de classificação de alternativas têm sido propostos, procurando conduzir a tomada de decisão por um caminho que fuja da questão puramente intuitiva. A seguir serão enfocados alguns desses processos na seguinte sequência: Análise E-V, MOTAD, Método de Hannoch e Levy e a Dominância Estocástica, procurando mostrar suas principais características e aplicações.

2.2.1 Análise Média - Variância (*E - V analysis*)

Segundo STONE (1970) a história da moderna seleção normativa começou com a publicação por Harry Markovitz do artigo "Portfolio selection" no "Journal of Finance" em 1952. Entre várias assertivas com respeito ao comportamento dos indivíduos, Markovitz afirmou que eles têm (ou formam) distribuições de probabilidade a respeito dos retornos das alternativas a escolher e que as preferências dos indivíduos são função da média e da variância daquelas distribuições. Para um certo retorno esperado, teria preferência a alternativa com menor variância. Para uma certa variância, teria preferência a alternativa com o mais elevado retorno. Este conjunto de pontos (variância x retorno) preferidos, delinea o que se conhece como fronteira eficiente.

A utilização do método de Markovitz, entretanto, foi criticada por vários autores, entre eles BORCH (1969) e FELDSTEIN (1969), quanto à validade do seu emprego. Esta investida conjunta levou TOBIN (1969), um dos pioneiros da análise E-V ("Expected Value"- "Variance") a admitir que a aplicação do método se restringiria aos casos em que a função de utilidade do tomador de decisão é quadrática ou quando se considera os retornos incertos como tendo função de densidade de probabilidade com distribuição normal.

Analisando a discussão em torno do assunto, TSIANG (1972) argumentou que a função quadrática, como qualquer polinomial, além das limitações quanto à aplicabilidade, implicaria em aversão absoluta a risco crescente com o aumento da riqueza, ou seja, indivíduos mais ricos prefeririam incorrer em menos riscos em termos absolutos. Quanto à pressuposição de distribuição normal para os retornos de investimento, por sua vez, classificou de não realista.

Tsiang demonstra que há justificativa para o uso da análise E-V mesmo que a função não seja polinomial pois qualquer que seja a função de utilidade, ela pode ser aproximada para uma polinomial ao ser expandida de acordo com a "Série de Taylor", desde que certas condições sejam satisfeitas. Assim, a utilidade esperada passa a depender somente do valor dos dois primeiros momentos centrais da distribuição. Se a série for fortemente convergente, isto é, apresentar um número muito grande de termos, aqueles que se localizam além do segundo podem ser eliminados, e a utilidade esperada pode ser aproximadamente determinada pelos dois primeiros momentos: **média** e **variância**. A dificuldade da análise para qualquer tipo de função reside em necessitar-se conhecer as condições em que devemos esperar convergência da função de utilidade e ao problema de programação quadrática que surge, dificultando sua resolução.

A escolha das alternativas com menor variância consiste em minimizar a variância dada por

$$V = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n y_j \cdot y_k \cdot \sigma_{jk}$$

tal que
$$\sum_{j=1}^n f_j \cdot y_j = \lambda$$

e
$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot y_j \leq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$y_j \geq 0$$

ou seja, encontrar a menor variância para um determinado retorno λ , dentro das m restrições dos fatores (b_i) e restrições institucionais impostas ao modelo, onde y_j são as n diferentes atividades envolvidas nos retornos esperados e σ_{jk} são os elementos da matriz de variância e covariância para cada uma das n atividades.

Na análise média-variância teria preferência a alternativa (dentro da fronteira eficiente) que reunisse retornos e variabilidades que proporcionassem a maior satisfação possível, isto é, aquela que atingisse a mais elevada curva de iso-utilidade, numa função de utilidade $U(y) = f [E(y), V(y)]$ (Figura 11).

Figura 11 : Fronteira Eficiente e as Curvas de Iso-Utilidade.

Com função de utilidade quadrática

$$U(y) = a + b \cdot y + c \cdot y^2, \quad (1)$$

a utilidade esperada apresenta-se com a seguinte forma:

$$E[U(y)] = a + b \cdot E(y) + c \cdot E(y^2) \quad (2)$$

a variância de y é dada por:

$$V(y) = E[y - E(y)]^2 \quad (3)$$

expandindo (3) e simplificando fica,

$$V(y) = E(y^2) - [E(y)]^2$$

que substituindo em (2) resulta

$$E[U(y)] = a + b \cdot E(y) + c \cdot (V(y) + [E(y)]^2) \quad (4)$$

A utilidade esperada pode ser desta forma observada em função da média e da variância.

A função (1) satisfaz os critérios de utilidade marginal positiva, aversão a risco, e ainda que a utilidade marginal é decrescente. Porém, considerando que um indivíduo averso a risco apresenta função de utilidade com

$$U'(y) = b + 2c \cdot y > 0, \text{ e} \quad (5)$$

$$U''(y) = 2c < 0, \quad (6)$$

a medida de aversão absoluta a risco de Arrow ficaria:

$$RA(y) = - \frac{2c}{b + 2c \cdot y}, \text{ cuja transformação}$$

resulta em

$$RA(y) = \frac{1}{d - y}, \text{ onde } d = -b/2c \text{ é o}$$

ponto de máximo da curva. O domínio de y fica restrito ao intervalo $[0, d)$. Quando y cresce, aproximando-se de d a aversão absoluta ao risco também cresce. Se $y=d$, $RA(y)$

assume valores infinitamente grandes, ou seja no ponto de utilidade máxima a aversão ao risco tende para o infinito, resultado discordante em relação ao comportamento esperado dos indivíduos e portanto considerado discrepante. Por esta razão se tem evitado adotar o uso da Função Quadrática como representante da função de utilidade dos indivíduos.

2.2.2 MOTAD

O MOTAD (minimization of total absolute deviation), proposto por HAZELL (1971), surge como alternativa à "E-V Analysis", uma vez que utiliza os desvios absolutos totais, em vez da variância. Apresenta-se como vantajoso pelo fato de transformar o problema de programação quadrática em programação linear.

Os dois métodos pressupõem que a função de utilidade do tomador de decisão apresenta as seguintes características:

1) $\delta E / \delta v > 0$ (maior risco apenas se houver maior retorno),

2) $\delta^2 E / \delta v^2 > 0$ (crescimento do retorno deve ser mais que proporcional ao crescimento do risco), já que ambos admitem aversão ao risco. A escolha da alternativa ótima depende, como na análise média-variância das hipóteses sobre a função de utilidade, merecendo o mesmo tipo de discussão da seção anterior.

2.2.3 Método de Hannotch e Levy

O método sugerido por Hannotch e Levy baseia-se nos axiomas de Bernoulli e no Teorema da Utilidade Esperada, com as seguintes hipóteses adicionais.

1) A função de utilidade do tomador de decisão é quadrática;

2) A função de distribuição de probabilidade dos retornos é simétrica. Permite realizar escolhas entre alternativas mesmo aquelas descartadas pela análise E-V.

De acordo com o método, quando pretendemos escolher entre alternativas 1 e 2 em que $\mu_1 > \mu_2$, mas a variância da primeira também é maior que a da segunda, a alternativa 1 será escolhida se seu rendimento médio for mais que proporcional à variância da seguinte forma:

$$2(\mu_1 - \mu_2) \sigma_1 + (\mu_1 - \mu_2)^2 - (\sigma_1^2 - \sigma_2^2) > 0, \text{ onde} \quad (7)$$

$$\mu_1 = E(X_1)$$

$$\mu_2 = E(X_2)$$

$$\sigma_1 = E\sqrt{\text{Var}(X_1)}$$

$$\sigma_2 = E\sqrt{\text{Var}(X_2)}$$

Como este método é uma extensão da Análise E-V permanece a discussão em torno do uso da função de utilidade.

2.2.4 Dominância Estocástica

Nos métodos anteriormente referidos apenas consideram os dois primeiros momentos da distribuição ou suas aproximações; porém, ao levar-se em consideração apenas a média e a variância na maximização da utilidade esperada, os demais momentos da distribuição estão sendo abandonados. O terceiro momento em relação à média mede a assimetria das distribuições de probabilidade de ocorrência dos eventos, isto é, sua inclinação para a direita ou para a esquerda. A assimetria deve ser levada em consideração pois duas distribuições podem apresentar mesma média e variância mas diferir na assimetria. Segundo STONE (1970) a distribuição assimétrica à direita é a mais desejável para um elemento averso a risco. Dessa forma ao não considerar a assimetria pode-se estar incorrendo num grave erro.

Os conceitos de Dominância Estocástica foram criados para evitar as deficiências teóricas dos critérios de ordenação como por exemplo o da média-variância. Os métodos de escolha deveriam considerar não apenas média e variância pois a utilidade esperada pode ser função de momentos da distribuição de ordem mais elevada.

As técnicas de Dominância Estocástica foram desenvolvidas por QUIRK e SAPOSNIK (1962), estendidas posteriormente por HADAR e RUSSEL (1969). Visam classificar alternativas incertas, mesmo desconhecendo-se

detalhes sobre a função de utilidade do tomador de decisão e sem a pressuposição de que o retorno das ações apresenta função de densidade de probabilidade com distribuição normal. As regras de Dominância Estocástica levam em consideração toda a distribuição cumulativa de probabilidade dos retornos ao invés de simplesmente a média e a variância. Por estes métodos as condições impostas à função de utilidade são menos restritivas que a pressuposição de determinada função de utilidade. Por suas vantagens, estas técnicas têm sido empregadas em diversos trabalhos envolvendo processo de decisão, como em GARCIA (1979 e 1984) , CORVALAN (1987), PACHECO (1985), SALOMÃO (1990).

Quando dispomos de duas "atividades" a e b em que $U_a < U_b$, isto é, b concede maior satisfação que a , terá preferência o conjunto de alternativas em que a maior utilidade se encontra associada à maior probabilidade, isto é,

$$(1 - \beta) \cdot U_a + \beta \cdot U_b > (1 - \alpha) \cdot U_a + \alpha \cdot U_b$$

onde,

α e β são probabilidades associadas e $\alpha < \beta$.

No caso de n "atividades" com as respectivas probabilidades α_i ($i = 1, 2, \dots, n$) sempre será possível construir um outro conjunto, com probabilidades β_i ($i = 1, 2, \dots, n$), tal que este venha a conceder maiores satisfações. Assim:

$$\underbrace{\beta_1 \cdot U_1 + \beta_2 \cdot U_2 + \dots + \beta_k \cdot U_k + \dots + \beta_n \cdot U_n}_{B} >$$

$$\underbrace{\alpha_1 \cdot U_1 + \alpha_2 \cdot U_2 + \dots + \alpha_k \cdot U_k + \dots + \alpha_n \cdot U_n}_{A}$$

$$\text{onde } U_i > U_j \text{ para } i > j \quad \text{e} \quad \begin{aligned} \beta_i &< \alpha_i & i = 1, 2, \dots, k-1 \\ \beta_i &> \alpha_i & i = k \\ \beta_i &= \alpha_i & i = k+1, \dots, n \end{aligned}$$

mesmo sendo $\beta_i = \alpha_i$ para as maiores utilidades, devido ao ponto k , onde $\beta_i > \alpha_i$, B passa a ser preferida a A .
Consequentemente:

$$\sum_{i=1}^n \beta_i \cdot U_i > \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot U_i \quad \text{e} \quad \sum_{i=1}^r \beta_i < \sum_{i=1}^r \alpha_i \quad r = 1, 2, \dots, n-1$$

Conclui-se então que a alternativa preferida B , nunca tem sua distribuição cumulativa excedendo a alternativa A . A probabilidade de ocorrência de resultados mais favoráveis é mais elevada. Esta condição é conhecida como DOMINANCIA ESTOCASTICA.

Há uma estreita relação entre DOMINANCIA ESTOCASTICA e preferência entre alternativas incertas. Dadas duas alternativas quaisquer A e B , se B é estocásticamente superior a A , então B é preferido a A indiferente às especificações da função de utilidade. Inversamente, diante de duas alternativas A e B , se B é preferido a A para qualquer função de utilidade, então B é estocásticamente superior a A . Estas proposições foram demonstradas por QUIRK e SAPOSNIK (1962), para um número finito de retornos. De acordo com as restrições impostas à função de utilidade, pode-se aumentar o poder de classificação de alternativas pela DOMINANCIA ESTOCASTICA.

2.2.4.1 Dominância Estocástica de Primeiro Grau (DEP)

Seja X o conjunto das variáveis x_i , f e g funções de probabilidade dessas variáveis e $F(x_i)$ e $G(x_i)$ as respectivas funções de distribuição cumulativas. A função de probabilidade g é dita pelo menos tão grande quanto f no sentido da DEP se

$$G(x_i) \leq F(x_i) \quad \text{para todo } x_i \in X$$

A distribuição cumulativa $G(x_i)$ apresenta-se inteira ou parcialmente sob $F(x_i)$. O critério de DEP envolve preferências entre alternativas incertas sob condições em que a função de utilidade não é restrita em qualquer aspecto essencial. Apenas é exigido que a primeira derivada da função no intervalo considerado seja positiva, ou seja, ela deve ser crescente.

Pode-se demonstrar¹ que se g é superior a f no sentido da DEP, então g é pelo menos tão preferida quanto f , ou seja, se $G(x_i) \leq F(x_i)$ para todo x_i , então a utilidade esperada de g é maior ou igual à de f , isto é, $\bar{U}_g - \bar{U}_f \geq 0$, sendo $U = \phi(x)$,

$$\bar{U}_f = \sum_{i=1}^n f(x_i) \cdot \phi(x_i) \quad \text{e} \quad \bar{U}_g = \sum_{i=1}^n g(x_i) \cdot \phi(x_i)$$

então,

¹ Demonstração realizada para dados discretos.

$$\begin{aligned}\bar{U}_g - \bar{U}_f &= \sum_{i=1}^n g(x_i) \cdot \phi(x_i) - \sum_{i=1}^n f(x_i) \cdot \phi(x_i) = \\ &= \sum_{i=1}^n [g(x_i) - f(x_i)] \cdot \phi(x_i) \quad (8)\end{aligned}$$

pelo teorema do valor médio [CHIANG (1982) p. 238]

$$\phi(x_i) = \phi(x_n) - \sum_{r=i}^{n-1} \phi'(\xi_r) \cdot \Delta x_r \quad i = 1, 2, \dots, n-1 \quad (9)$$

ξ_r é um ponto qualquer entre x_r e x_{r+1} , e $\Delta x_r = x_{r+1} - x_r$, assim, substituindo (9) em (8), fica:

$$\bar{U}_g - \bar{U}_f = \sum_{i=1}^n [g(x_i) - f(x_i)] \cdot \left[\phi(x_n) - \sum_{r=i}^{n-1} \phi'(\xi_r) \cdot \Delta x_r \right] = (10)$$

$$= \sum_{i=1}^n [g(x_i) - f(x_i)] \cdot \phi(x_n) - \sum_{i=1}^n [g(x_i) - f(x_i)] \cdot \sum_{r=i}^{n-1} \phi'(\xi_r) \cdot \Delta x_r =$$

$$= 0 - \sum_{r=1}^{n-1} \phi'(\xi_r) \cdot [G_1(x_r) - F_1(x_r)] \cdot \Delta x_r \quad (11)$$

como $\phi' > 0$, $\Delta x_r > 0$ e $G_1(x_r) - F_1(x_r) \leq 0$

pois por hipótese $G_1(x_i) - F_1(x_i) \leq 0$ para pelo menos um único i . Então,

$$\bar{U}_g - \bar{U}_f \geq 0,$$

isto é, a utilidade esperada de g é maior ou igual à utilidade esperada de f . Graficamente a Dominância Estocástica de Primeiro Grau pode ser representada como na Figura 12 na qual a alternativa g domina f .

Figura 12 : Dominância Estocástica de Primeiro Grau

A Dominância Estocástica de Primeiro Grau (DEP) refere-se ao comportamento de indivíduos indiferentes, aversos ou propensos a risco, pois apenas exige que a função de utilidade seja monotonicamente crescente. Ocorre porém, de distribuições cumulativas se interceptarem pelo menos uma vez, impossibilitando identificar a alternativa mais eficiente de acordo com os critérios da DEP. Assim o poder de discriminação entre alternativas é bastante reduzido.

2.2.4.2 Dominância Estocástica de Segundo Grau (DES)

Para identificar alternativas superiores, não ordenadas pela DEP, uma restrição ao comportamento dos indivíduos pode ser imposta. Além da crescente monotonicidade, admite-se que a função de utilidade dos indivíduos apresenta retornos marginais decrescentes, sendo côncava em relação às variáveis de x , ou seja

$[\delta^2 \phi(x) / \delta(x)^2] < 0$. Funções de utilidade com estas características, identificam indivíduos com aversão a risco. Pode-se demonstrar que se g é pelo menos tão grande quanto f no sentido da DES e a utilidade marginal é decrescente, então g é pelo menos tão preferida quanto f , isto é, se

$$\sum_{r=1}^n G_1(x_r) \cdot \Delta x_r \leq \sum_{r=1}^n F_1(x_r) \cdot \Delta(x_r), \quad \text{para todo } r < n,$$

então

$$\bar{U}_g - \bar{U}_f \geq 0$$

Partindo de (11):

$$\bar{U}_g - \bar{U}_f = - \sum_{r=1}^{n-1} \phi'(\xi_r) \cdot [G_1(x_r) - F_1(x_r)] \Delta x_r \geq 0$$

pelo teorema do ponto médio...

$$\phi'(\xi_r) = \phi'(\xi_{n-1}) - \sum_{s=r}^{n-2} \phi''(\eta_s) \cdot \Delta \xi_s \quad r=1, 2, \dots, n-2 \quad (12)$$

η_s é um valor qualquer entre ξ_s e ξ_{s+1}

$$\Delta \xi_s = \xi_{s+1} - \xi_s$$

então, substituindo (12) em (11), resulta:

$$\begin{aligned} \bar{U}_g - \bar{U}_f &= - \sum_{r=1}^{n-1} \phi'(\xi_r) \cdot [G_1(x_r) - F_1(x_r)] \cdot \Delta x_r = \\ &= - \sum_{r=1}^{n-1} \left[\phi'(\xi_{n-1}) - \sum_{s=r}^{n-2} \phi''(\eta_s) \cdot \Delta \xi_s \right] \cdot [G_1(x_r) - F_1(x_r)] \cdot \Delta x_r = \\ &= - \phi'(\xi_{n-1}) \cdot \sum_{r=1}^{n-1} [G_1(x_r) - F_1(x_r)] \Delta x_r + \\ &\quad + \sum_{s=r}^{n-2} \phi''(\eta_s) \cdot \Delta \xi_s \cdot \sum_{r=1}^{n-1} [G_1(x_r) - F_1(x_r)] \cdot \Delta x_r = \quad (13) \end{aligned}$$

como

$$\sum_{r=1}^s G_1(x_r) \cdot \Delta x_r = G_2(x_s) \quad \text{e} \quad \sum_{r=1}^s F_1(x_r) \cdot \Delta x_r = F_2(x_s),$$

então...

$$\begin{aligned} \bar{U}_g - \bar{U}_f &= - \phi'(\xi_{n-1}) \cdot [G_2(x_n) - F_2(x_n)] + \\ &\quad + \sum_{s=1}^{n-2} \phi''(\eta_s) \cdot [G_2(x_s) - F_2(x_s)] \cdot \Delta \xi_s = \quad (14) \end{aligned}$$

por pressuposição $G_2(x_a) \leq F_2(x_a)$, isto é,

$$G_2(x_a) - F_2(x_a) \leq 0,$$

como $\phi'(x) > 0$ e $\phi''(x) < 0$ então

$$\bar{U}_g - \bar{U}_f \geq 0.$$

Graficamente, podemos representar a DES de acordo com a Figura 13.

Figura 13 : Dominância Estocástica de Segundo Grau

O grupo de distribuições que pode ser ordenado por meio da DES é, em geral, maior que aquele ordenado por meio da DEP. Separa alternativas que apresentam mesmo desempenho ao nível da DEP. As alternativas selecionadas por DES são as que estão associadas a funções de utilidade com retornos decrescentes e portanto indicadas a indivíduos aversos ao risco.

2.2.4.3 Dominância Estocástica de Terceiro Grau (DET)

Nos casos em que não é possível determinar quais das alternativas são eficientes empregando os critérios da DES, uma nova restrição é imposta à função de utilidade. A pressuposição com respeito à preferência do tomador de decisão é que sua aversão a risco diminui à medida que sua riqueza aumenta, isto é:

$$\delta^3 \phi(x) / \delta(x)^3 > 0$$

a partir de um certo nível de bens, sua satisfação inclui a exposição ao risco. Sua aversão ao risco diminui.

Pode-se demonstrar que se g é pelo menos tão grande quanto f no sentido da DET, então g é pelo menos tão preferida quanto f , isto é:

se $\sum_{s=1}^n G_2(x_s) \cdot \Delta x_s \leq \sum_{s=1}^n F_2(x_s) \cdot \Delta x_s$ para todo $s < n$, então

$$U_g - U_f \geq 0.$$

Partindo de (14):

$$\begin{aligned} \bar{U}_g - \bar{U}_f = & -\phi'(\xi_{n-1}) \cdot [G_2(x_n) - F_2(x_n)] + \\ & + \sum_{s=1}^{n-2} \phi''(\eta_s) \cdot [G_2(x_s) - F_2(x_s)] \cdot \Delta \xi_s = \end{aligned}$$

pelo teorema do valor médio...

$$\phi''(\eta_s) = \phi''(\eta_{n-2}) - \sum_{t=s}^{n-3} \phi'''(\beta_t) \cdot \Delta \eta_t, \quad s=1, 2, \dots, n-3 \quad (15)$$

onde

β_t é um ponto qualquer entre η_t e η_{t+1} e

$$\Delta \eta_t = \eta_{t+1} - \eta_t$$

Substituindo (15) em (14), temos:

$$\begin{aligned} \bar{U}_g - \bar{U}_f = & -\phi'(\xi_{n-1}) \cdot [G_2(x_n) - F_2(x_n)] + \\ & + \sum_{s=1}^{n-2} \left[\phi''(\eta_{n-2}) - \sum_{t=s}^{n-3} \phi'''(\beta_t) \cdot \Delta \eta_t \right] \cdot [G_2(x_s) - F_2(x_s)] \cdot \Delta \xi_s = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= -\phi'(\xi_{n-1}) \cdot [G_2(x_n) - F_2(x_n)] + \\
&\quad + \phi''(\eta_{n-2}) \cdot \sum_{s=1}^{n-2} [G_2(x_s) - F_2(x_s)] \cdot \Delta\xi_s + \\
&\quad - \sum_{t=s} \phi'''(\beta_t) \cdot \Delta\eta_t \sum_{s=1} [G_2(x_s) - F_2(x_s)] \cdot \Delta\xi_s =
\end{aligned}$$

por hipótese: $\phi' > 0$, $\phi'' < 0$ e $\phi''' > 0$,

como

$$\sum_{s=1}^{n-2} G_2(x_s) \cdot \Delta\xi_s = G_3(x_1) \quad \text{e} \quad \sum_{s=1}^{n-2} F_2(x_s) \cdot \Delta\xi_s = F_3(x_1),$$

admitindo que $G_3(x_1) - F_3(x_1) \leq 0$, então

$$\bar{U}_g - \bar{U}_f \geq 0$$

para ao menos uma desigualdade irrestrita.

As condições da Dominância Estocástica de Terceiro Grau (DET) são ditas mais fracas que as da DES, que por sua vez são mais fracas que as da DEP. Os critérios desta são ditos mais poderosos por apresentarem poucas restrições e pressuposições, mas seu poder de discriminação é menor. Um pequeno número de alternativas é descartado como ineficiente pelos critérios da DEP. A DES classifica um maior número e a DET é capaz de descartar mais alternativas que a DES. Há grupo de alternativas que não pode ser ordenado nem mesmo empregando os critérios da DET. Neste caso as alternativas que permanecem serão consideradas igualmente eficientes.

A seleção de alternativas empregando o método da Dominância Estocástica baseia-se na comparação das distribuições cumulativas de probabilidade. A alternativa escolhida (dominante) será aquela cuja distribuição encontra-se inteiramente abaixo da alternativa dita dominada.

2.2.4.4 - A Dominância Estocástica e a Análise Média-Variância

Nos processos de escolha de tecnologias, em geral empregam-se o método da Análise E-V (ou suas variações) ou os processos de Dominância Estocástica. Conforme foi comentado nos capítulos anteriores a principal diferença entre os dois é quanto às pressuposições sobre as formas da função de utilidade e da função de distribuição da variável em estudo. O fato de a Dominância Estocástica não tomar estas restrições lhe confere superioridade sobre a análise E-V (GARCIA & CRUZ, 1979 ; PORTER & GAUMNITZ, 1972). Alguns trabalhos empregaram os dois métodos tentando comparar seus resultados. Em geral o que se tem observado é que o grupo selecionado por Média-Variância aproxima-se muito daquele selecionado com o emprego da Dominância Estocástica. (PACHECO, 1985; SALOMÃO, 1990; ANDERSON, 1974; PORTO *et alii*, 1982).

PORTER & GAUMNITZ (1972), compararam exaustivamente os grupos definidos pelos dois métodos a partir de número grande de alternativas. Gerada a fronteira eficiente E-V e de posse do grupo de alternativas dominantes pela DEP, DES e DET, concluíram que o uso da DEP como critério de decisão mostrou-se inefetivo pois poucas alternativas foram eliminadas. A DET, por sua vez, reduziu bastante o número de alternativas, eliminando o conflito quanto à eficiência de métodos.

Comparando as alternativas escolhidas com o emprego da DES e o método E-V, verificaram que algumas alternativas eficientes em E-V foram eliminadas pela DES, e foram exatamente as que apresentaram baixo retorno. Nos casos em que havia elevados retorno e variância, ou seja aquelas que seriam preferidas por investidores menos aversos a risco, poder-se-ia empregar indiferentemente os dois métodos, pois quanto mais elevadas as médias e variâncias, mais os grupos eficientes de acordo com E-V e DES se tornam semelhantes. A explicação estaria no fato de que como a aversão absoluta ao risco decresce com o aumento da riqueza, o indivíduo se move mais para cima na fronteira eficiente tornando as alternativas semelhantes pelos dois métodos.

Quanto aos investidores altamente aversos a risco, seriam penalizados com o emprego do método E-V, pois levaria a alternativas de baixo retorno. As alternativas com esta característica adotadas como eficientes pelo método E-V foram eliminadas empregando-se DES. Dessa forma, utilizando-se alternativas classificadas pelo método E-V, nos casos de elementos altamente aversos a risco, há maior probabilidade que elas apresentem baixos retornos do que no emprego da DES.

Resumindo, Porter & Gaumnitz deduziram que onde a aversão a risco é forte, as regras de DES e DET são mais consistentes com a maximização da utilidade esperada que as regras da média-variância. Essas conclusões reafirmam a

importância da Dominância Estocástica, especialmente no caso da DES e DET ao objetivar-se selecionar alternativas incertas dirigidas a "investidores" aversos a risco como admite-se serem os agricultores.

Uma das deficiências atribuídas à Dominância Estocástica seria que em geral não se pode escolher a(s) melhor(es) dentre as alternativas em julgamento. Os processos de D.E. fornecem um grupo de alternativas dominante sobre as demais (dominadas). Apenas descarta-se alternativas ineficientes. ANDERSON (1974) justifica que há um preço a pagar quando se generaliza sem restrições um critério de escolha. No caso da DE consegue-se identificar um grupo de alternativas de "eficiência-risco", em contraste com alternativas de ótimo-risco, que dependeria das preferências individuais. Por outro lado, ainda segundo Anderson (1974)¹, citado por MOUTINHO et alii.(1978), a determinação de um conjunto de alternativas eficientes reflete a ênfase colocada nas extremidades das distribuições comparadas. Para que uma distribuição f domine estocasticamente outra distribuição g , é necessário que f apresente seu menor valor possível maior que o menor valor de g e que a média de f não seja menor que a média de g . Este fato se mostra importante na medida em que é à

¹ ANDERSON, J.R. Risk efficiency in the interpretation of agricultural production research. *Review of Marketing and Agricultural Economics*. September - 1974, 131-184.

extremidade esquerda das curvas de distribuição que se encontra associada a noção de risco.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

No estudo da estabilidade de materiais genéticos disponíveis para cultivo, uma série de trabalhos vêm sendo desenvolvidos visando comparar os genótipos de acordo com seu comportamento em diferentes condições ambientais e temporais e dessa forma facilitar a indicação dos mesmos aos agricultores. Para comparar a performance dos métodos de escolha por estabilidade com a dos métodos que incorporam risco, foram tomados alguns desses trabalhos, tendo sido selecionados cinco, pelas seguintes razões: 1) cada trabalho envolve o estudo de uma cultura diferente; 2) todos comparam uma série de genótipos diferentes de cada espécie, visando eleger os mais estáveis, ou seja, aquele que forneça altos rendimentos com certa segurança ao agricultor; 3) cada estudo foi realizado com dados de experimentos desenvolvidos em locais variados e repetidos em anos diferentes, oferecendo portanto uma série de produtividades relativamente grande.

Os trabalhos selecionados foram os seguintes:

1) BONATO (1979); o estudo compara 10 (dez) cultivares de

soja em 11 (onze) locais diferentes durante 3 (três) anos; 2) SANTOS (1980), compara 12 (doze) variedades de feijão em 11 (onze) ambientes diferentes; 3) FERNANDES (1988), compara 15 (quinze) híbridos de milho em 10 (dez) locais durante 3 (três) anos; 4) RAIDAN (1988), compara 3 (três) genótipos de algodão em 6 (seis) locais e 9 (nove) genótipos da mesma cultura em 6 (seis) locais em anos diferentes; 5) SCHVARTZMAN (1989), compara 10 (dez) diferentes variedades de trigo, cultivadas em 7 (sete) locais durante 2 (dois) anos.

3.2 Métodos

Os dados constantes das Tabelas A.1 a A.11 (em Apêndice) foram tomados caso a caso e submetidos aos critérios da escolha incorporando o risco envolvido no processo de decisão. Conforme definido no item 2.2.4.4, dentre os critérios de seleção estudados foi empregado o da Dominância Estocástica (D.E.) por levar a escolhas mais consistentes com a maximização da utilidade esperada. O método também oferece resultados dirigidos a "investidores" aversos a risco e considera que a aversão diminui à medida que aumenta sua riqueza. Outra vantagem do método é a não necessidade do conhecimento detalhado da função de utilidade e da forma da função de densidade de probabilidade.

Para ser detectada a superioridade de um genótipo sobre os demais, utilizando o método da D.E., foi feito o ajustamento (manual) das Funções de Distribuição Cumulativas (F.D.C.) para cada uma das variedades que foram comparadas, de acordo com o Método dos "Dados Esparsos" (ANDERSON, 1973), artifício que gera a curva de distribuição de probabilidades. Os pontos foram obtidos pela regra de Schlaiffer: "Ao se ordenar de forma crescente as N observações disponíveis, a p-ésima observação é uma boa estimativa do fractil $p/(N+1)$ de probabilidade acumulada." [ANDERSON (1973) citando Schlaifer¹].

Os valores extremos, correspondentes a 0 e 100% de probabilidade procuraram reproduzir os valores extremos que as variedades poderão atingir. Foram calculados empregando as seguintes fórmulas:

$$VMax_i = Vm_i \left(1 + \frac{\mu_m - A}{A} \right)$$

$$VMin_i = Vp_i \left(1 + \frac{\mu_p - A}{A} \right)$$

onde:

$VMax_i$: Valor máximo calculado para a produtividade da variedade i.

Vm_i : Valor de produtividade máximo apresentado pela variedade i.

¹SCHLAIFER, R., Probability and Statistics for Business Decisions, New York, McGraw-Hill Book Company, 1959.

- μ_m : Média de produtividade apresentada por todas as variedades no melhor ano de produção.
- A_i : Média de produtividade de todas as variedades em todos os anos;
- $VMin_i$: Valor mínimo calculado para a produtividade da variedade i .
- Vp_i : Valor de produtividade mínimo apresentado pela variedade i .
- μ_{pi} : Média de produtividade apresentada por todas as variedades no pior ano de produção.

De posse das F.D.C. ajustadas, foram comparadas duas a duas, descartando-se as ineficientes sob o ponto de vista da Dominância Estocástica, de acordo com as condições expostas na seção 2.2.4.

A partir da classificação oferecida pela Dominância Estocástica do Primeiro Grau (DEP), as variedades dominantes foram separadas e consideradas como as que podem ser recomendadas a agricultores considerados aversos, indiferentes ou propensos a risco, já que elas são as que oferecem maiores probabilidades de conseguir os mais altos rendimentos e, portanto, preferidas por qualquer elemento.

Separadas as dominantes em primeiro grau, elas foram submetidas à comparação visando encontrar as que são dominantes segundo os critérios da Dominância Estocástica

do Segundo Grau (DES). As variedades consideradas dominantes são as que podem ser recomendadas a agricultores considerados aversos a risco. A DES apresenta um poder de discriminação maior, pois estabelece a seguinte restrição ao comportamento dos indivíduos: a sua curva de utilidade é côncava, ou seja apresenta retornos marginais decrescentes. Eles preferem uma determinada alternativa com ganhos certos a uma outra que, mesmo apresentando maiores ganhos, são incertos. Para um indivíduo com estas características, as perdas na utilidade, devido à perda de uma certa quantidade de bens, são maiores que os ganhos de utilidade provenientes do ganho de bens da mesma magnitude.

Separadas as alternativas pelos critérios da DEP e da DES, podem ainda permanecer alternativas impossíveis de serem discriminadas. Nestes casos, foi empregado o critério da Dominância Estocástica do Terceiro Grau (DET). Segundo este critério, as alternativas separadas como dominantes seriam indicadas a elementos com aversão a risco decrescente, ou seja, sua curva de utilidade a partir de um determinado ponto, ou nível de riqueza, transforma-se de côncava para convexa, passando o indivíduo a ser cada vez menos averso a risco.

De posse da classificação dos grupos de variedades pelos critérios da DEP, DES e DET, foi procedida a comparação com a classificação dos trabalhos escolhidos, verificando se possíveis diferenças existem

entre as variedades classificadas como estáveis e produtivas e aquelas indicadas aos indivíduos de acordo com seu grau de aversão ao risco.

O método da Dominância Estocástica, apesar de sua complexidade teórica, é de aplicação bastante simples com o emprego de microcomputadores. Cada etapa de sua aplicação se encontra detalhada no Apêndice deste trabalho (páginas 104 a 115), inclusive com a reprodução do programa desenvolvido por ANDERSON (1977) para seleção por eficiência estocástica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo encontram-se os resultados obtidos pela comparação entre os dois métodos de escolha de genótipos assim como sua avaliação. Nas seções 4.1 a 4.5 serão mostrados os resultados obtidos pela utilização da Dominância Estocástica, comparando-os com as conclusões a que chegaram os trabalhos que empregaram os métodos de Estabilidade. As seções foram identificadas pelo nome da cultura que foi motivo do estudo. Em seguida, na seção 4.6, será feito um balanço geral avaliando os resultados do estudo.

4.1 Cultura do Algodão

RAIDÂN (1988), avaliou o comportamento de 10 (dez) genótipos de algodão, cultivados em 6 (seis) locais diferentes da região Oriental do Paraguai durante dois anos. No ano 1985/86 apenas 3 e no ano 1986/87, 9 genótipos foram cultivados. O método de EBERHART & RUSSELL (1966) foi utilizado, detectando diferenças significativas entre os genótipos.

As produtividades, constantes das Tabelas A.1 e A.2 do Apêndice, extraídas de RAIDAN (1988), foram utilizadas para o ajustamento das funções de distribuição cumulativas dos genótipos permitindo o emprego dos critérios de Dominância Estocástica. Na Tabela 1 encontram-se resumidas as seleções dos genótipos de algodão de acordo com o critério utilizado.

Dos genótipos estudados, foram considerados eficientes em primeiro grau de Dominância Estocástica os genótipos SP-510xP-279-32 (G-4), SP-510xP-279-29/43 (G-5), SP-510xP-279-40/42 (G-6), Guazuncho (G-7) e Tamcot SP-21-S (G-8). Estes genótipos, dentro das condições em que foi conduzido o ensaio, poderão ser indicados a agricultores aversos, indiferentes ou propensos a risco.

Dos 5 genótipos escolhidos por DEP, foram selecionados como eficientes em segundo grau de Dominância Estocástica (DES) os genótipos G-4, G-5 e G-7, os quais, dentro daquelas condições, seriam indicados a agricultores considerados aversos a risco. Ao nível de terceiro grau de Dominância Estocástica, não foi possível qualquer discriminação, continuando como eficientes os mesmos três genótipos. Eles poderão então ser recomendados a agricultores cujas características são de redução da aversão ao risco com o aumento da riqueza.

Entre os genótipos descartados por DEP (G-1, G-2, G-3, G-9 e G-10) foram também eliminados por estabilidade G-1, G-3 e G-10, em virtude de

produtividade ou desvios significativos. Os genótipos G-2 (SP-510xP-270-100) e G-9 (SP-510xP-279-38/41) foram considerados estáveis.

Os genótipos escolhidos pelos critérios de DEP (G-4, G-5, G-6, G-7 e G-8) foram os mesmos selecionados por estabilidade, com exceção do G-8 que não se adaptou ao modelo, apresentando desvios significativos.

Tabela 1 - Seleção por Estabilidade e Dominância Estocástica de genótipos de algodão cultivados em 6 locais da região Oriental do Paraguai nos anos de 1985/86 e 1986/87.

Genótipos em Estudo	Genótipos Selecionados ¹			
	Estabilidade	DEP	DES	DET
G-1	-	-	-	-
G-2	x	-	-	-
G-3	-	-	-	-
G-4	x	x	x	x
G-5	x	x	x	x
G-6	x	x	-	-
G-7	x	x	x	x
G-8	-	x	-	-
G-9	x	-	-	-
G-10	-	-	-	-
Total	6	5	3	3

¹ Os genótipos selecionados estão marcados com a letra x.
Fontes: RAIDAN (1988) e Dados da Pesquisa

Do total de genótipos em estudo, foram selecionados por estabilidade 60% deles. Por DEP foram selecionados 50% dos genótipos, tendo sido deste grupo, separados 3 (três) como eficientes em segundo grau de DE, ou seja, indicados a agricultores aversos a risco. Entre os genótipos considerados estáveis, cerca de 67% foram

considerados eficientes pelos critérios de Dominância Estocástica de Primeiro Grau (DEP). Entre os genótipos considerados eficientes pela DE, 80% encontravam-se entre os estáveis. Em resumo, para este grupo de genótipos de algodão, os resultados mostram que ao selecionar-se por DE, estariam sendo descartados 33% dos genótipos considerados estáveis. A escolha feita por estabilidade excluiria 20% dos estocasticamente eficientes.

4.2 Cultura do Feijão

SANTOS (1980), utilizou produtividades de 12 (doze) cultivares de feijão em 11 (onze) ambientes do Sul de Minas Gerais, durante 4 anos. Estudou seus comportamentos no que diz respeito à estabilidade fenotípica empregando o método de EBERHART & RUSSELL (1966). De acordo com Santos os cultivares reagiram de forma diferente às variações ambientais embora seus coeficientes de regressão, com exceção de um único cultivar, não tenham diferido significativamente de 1. A avaliação da estabilidade foi feita com base nas médias de produtividade e nos desvios da regressão.

A partir dos dados de produtividades constantes da Tabela A.3 do Apêndice, extraída de SANTOS (1980), foram estimadas funções de distribuição cumulativas de probabilidade, permitindo o emprego dos critérios de Dominância Estocástica. Na Tabela 2, encontra-se resumido o resultado da seleção pelo emprego dos critérios de estabilidade e Dominância Estocástica.

Dentre os cultivares comparados, 6 (seis) foram considerados eficientes em primeiro grau de Dominância Estocástica (DEP): Rico 23 (C-1), Costa Rica 1031 (C-2), Carioca 1030 (C-4), ESAL 1 (C-5), Pintado (C-6) e Vi 1011 (C-9). Estes cultivares podem, dentro das condições em que foi conduzido o ensaio, ser recomendados a agricultores de qualquer natureza com relação ao comportamento de risco. Dentre os cultivares selecionados pelos critérios da DEP, foram considerados como eficientes pelos critérios da Dominância Estocástica de Segundo Grau (DES) os cultivares C-2, C-6 e C-9. Entre estes, não foi possível aumentar o poder de discriminação, permanecendo os três como eficientes pelos critérios da Dominância Estocástica de Terceiro Grau (DET). Os cultivares Costa Rica 1031, Pintado e Vi 1011, podem então ser indicados a agricultores aversos a risco como também àqueles cuja aversão a risco reduz-se com o aumento da riqueza.

Os cultivares rejeitados pelos critérios da DEP, também foram eliminados pelos critérios da estabilidade por causa da baixa produtividade e/ou por apresentarem desvios significativos.

Os cultivares C-1, C-4 e C-5 que foram selecionados por DEP e rejeitados por DES também foram descartados pelos critérios de estabilidade por apresentarem elevados desvios apesar da alta produtividade.

Costa Rica 1031 (C-2), Pintado (C-6) e Vi 1011 (C-9), selecionados como eficientes por DES e DET foram destacados por estabilidade. Os cultivares C-2, C-6 e C-9 apresentaram todas as características desejáveis (alta produtividade, baixos desvios e adaptação geral), embora C-2 tenha mostrado alguma tendência para ambientes mais promissores e C-6 para ambientes mais pobres.

Tabela 2 - Seleção por Estabilidade e Dominância Estocástica de cultivares de feijão cultivados em 11 ambientes (combinação de locais e anos) do Sul de Minas Gerais.

Cultivares em Estudo	Cultivares Selecionados ¹			
	Estabilidade	DEP	DES	DET
C-1	-	x	-	-
C-2	x	x	x	x
C-3	-	-	-	-
C-4	-	x	-	-
C-5	-	x	-	-
C-6	x	x	x	x
C-7	-	-	-	-
C-8	-	-	-	-
C-9	x	x	x	x
C-10	-	-	-	-
C-11	-	-	-	-
C-12	-	-	-	-
Total	3	6	3	3

¹ Os Cultivares selecionados estão marcados com a letra x
Fontes: SANTOS (1980 e Dados de Pesquisa

Dos 12 (doze) cultivares em estudo, 25% foram considerados estáveis, enquanto 50% foram escolhidos como eficientes estocasticamente. Todos os cultivares estáveis foram incluídos no grupo selecionado por DE. Se a seleção fosse por Estabilidade, metade dos cultivares considerados

estocasticamente eficientes ficariam de fora. Os resultados indicam que os cultivares estáveis são os mesmos que poderiam ser indicados a agricultores considerados aversos a risco.

4.3 Cultura do Milho

FERNANDES (1988), estudou o comportamento, com respeito à estabilidade, de 15 híbridos de milho cultivados em 10 locais da região Centro Sul do Brasil, durante 3 (três) anos consecutivos. Empregou os métodos de EBERHART & RUSSELL (1966) e SILVA & BARRETO (1985), tendo constatado que houve diferenças significativas entre os híbridos.

As produtividades constantes das Tabelas A.4 a A.6 do Apêndice, foram utilizadas para o ajustamento das funções de distribuição cumulativas, permitindo o emprego dos critérios de Dominância Estocástica. Os resultados da aplicação dos critérios de Estabilidade e Dominância Estocástica encontram-se resumidos na Tabela 3.

Dos 15 híbridos em estudo, foram selecionados como eficientes em Dominância Estocástica de Primeiro Grau (DEP) Contimax 322 (H-1), Cargill 111 (C-7), Cargill 115 (C-8) e Dina 10 (C-13). Estes híbridos, dentro das condições em que foram cultivados, podem ser recomendados para agricultores com características de aversão, indiferença ou propensão a risco. O poder de discriminação foi bastante elevado para os híbridos de milho, tendo sido da ordem de 73%.

Dos quatro híbridos selecionados por DEP, apenas o híbrido CONTIMAX 322 (H-1) foi considerado eficiente ao nível de segundo grau de Dominância Estocástica. O poder de discriminação atingiu 93%. CONTIMAX 322 seria então recomendado a agricultores com característica de aversão a risco.

Todos os híbridos rejeitados pelos critérios de Dominância Estocástica também o foram pelos critérios de estabilidade por causa de baixa produtividade ou desvios significativos. Entre os híbridos selecionados por DEP e rejeitados por DES (H-7, H-8, H-13), foram considerados estáveis H-7 e H-13. As conclusões de Fernandes demonstram que o primeiro apresentou todas as características desejáveis de acordo com os critérios do método de Eberhart & Russell e permaneceu com coeficientes de regressão iguais a 1 pelo método de Silva & Barreto. O segundo foi selecionado por apresentar as características desejáveis de acordo com os critérios do método de Silva & Barreto.

O híbrido CONTIMAX 322 (H-1) constituiu-se num foco de divergência entre as classificações por Dominância Estocástica e por Estabilidade. Enquanto o híbrido foi escolhido como indicado a agricultores aversos a risco, foi rejeitado pelos métodos de estabilidade pois apesar de sua boa produtividade e adaptação geral (coeficiente de regressão não diferiu de 1 significativamente) apresentou elevados desvios da linearidade.

Tabela 3 - Seleção por Estabilidade e Dominância Estocástica de híbridos de milho cultivados em 10 locais da região Centro-Sul do Brasil nos anos 1983/84, 1984/85 e 1985/86.

Híbridos em Estudo	Híbridos Selecionados ¹			
	Estabilidade	DEP	DES	DET
H-1	-	x	x	x
H-2	-	-	-	-
H-3	-	-	-	-
H-4	-	-	-	-
H-5	-	-	-	-
H-6	-	-	-	-
H-7	x	x	-	-
H-8	-	x	-	-
H-9	-	-	-	-
H-10	-	-	-	-
H-11	-	-	-	-
H-12	-	-	-	-
H-13	x	x	-	-
H-14	-	-	-	-
H-15	-	-	-	-
Total	2	4	1	1

¹ Os híbridos selecionados estão marcados com a letra x
Fontes: FERNANDES (1988) e Dados de Pesquisa

Foram selecionados por estabilidade 2 (dois) híbridos, correspondendo a 13 % do total em estudo. Pelos critérios de primeiro grau de Dominância Estocástica foram escolhidos cerca de 27 % dos híbridos, tendo sido selecionado apenas 1 (um) deles como eficiente em segundo grau de Dominância Estocástica (cerca de 6,7 % do total). Entre os escolhidos como eficientes pela Dominância Estocástica de Primeiro Grau todos os considerados estáveis foram incluídos. Entretanto o híbrido H-1 considerado como indicado a agricultores aversos a risco,

foi excluído do grupo dos estáveis tendo em vista que mostrou desvios significativos, ou seja, não mostrou adaptação ao modelo adotado para seleção por estabilidade. Em resumo, também neste caso, a seleção por Dominância Estocástica incluiria os híbridos estáveis. Inversamente, a escolha considerando apenas os critérios de estabilidade eliminaria 50% dos híbridos eficientes estocasticamente.

4.4 Cultura da Soja

BONATO (1979), estudou o comportamento de 10 (dez) cultivares de soja cultivados durante três anos consecutivos em 11 (onze) locais do Rio Grande do Sul. Em seu trabalho de estabilidade, empregou o método de EBERHART & RUSSELL (1966) e constatou que os cultivares mostraram-se semelhantes em comportamento. Os coeficientes de regressão não diferiram significativamente de 1 (um), permitindo a avaliação do comportamento a partir das médias de produtividade e dos desvios apresentados pelas regressões.

A partir das produtividades fornecidas pelos cultivares e constantes das Tabelas A.7 a A.9 do Apêndice, extraídas de BONATO (1979), foram ajustadas funções de distribuição cumulativas de probabilidade de ocorrência das produtividades, permitindo o emprego dos critérios de Dominância Estocástica (DE). A Tabela 4 mostra os cultivares selecionados tanto pelos critérios de DE como de estabilidade.

Dos 10 (dez) cultivares de soja estudados, foram considerados eficientes a nível de 1º, 2º e 3º graus de Dominância Estocástica IAS-1 (C-4), IAS-4 (C-6), IAS-5 (C-7), Pérola (C-8) e Planalto (C-9). Estes cultivares, dentro das condições em que foi conduzido o ensaio, poderão ser indicados a agricultores aversos, indiferentes ou propensos a risco, pelo fato de terem sido eficientes nos três graus de DE. As funções cumulativas estimadas mostraram-se muito semelhantes, impedindo um maior poder de discriminação mesmo a nível de terceiro grau de dominância.

Dos 5 (cinco) cultivares rejeitados pelo emprego da Dominância Estocástica, três também o foram pelos critérios de estabilidade. Os cultivares Bragg (C-2) e Prata (C-10) não foram rejeitados por estabilidade tendo sido considerados desejáveis com a ressalva de que C-2 demonstra uma tendência a melhor desempenho em ambientes considerados promissores enquanto C-10 apresenta produtividade abaixo da média do grupo.

Houve uma certa divergência entre os resultados conseguidos por DE e por Estabilidade. Os cultivares C-4, C-7, C-8 e C-9 considerados eficientes estocasticamente, foram rejeitados pelos critérios de estabilidade por apresentarem desvios da regressão ajustada altamente significativos o que demonstra que eles não se adaptam ao modelo linear adotado. Apenas C-6 foi considerado como eficiente pelos dois critérios.

Conforme ressaltado por Bonato, as semelhanças existentes entre as respostas lineares apresentadas pelos cultivares provavelmente demonstram que as pesquisas têm conseguido selecionar materiais com características de responder bem à melhoria no ambiente (coeficientes de regressão não diferem de 1), mas não tem conseguido indicar as que apresentam resultados consistentes através dos ambientes (baixos desvios da regressão ajustada). A semelhança entre os cultivares, quanto ao comportamento, encontra-se refletida também em suas distribuições de probabilidade, impedindo, como dito anteriormente, um maior poder de discriminação pela Dominância Estocástica.

Tabela 4 - Seleção por Estabilidade e Dominância Estocástica de cultivares de soja cultivados em 11 locais do Rio Grande do Sul nos anos 1972/73, 1973/74 e 1974/75.

Cultivares em Estudo	Cultivares Selecionados ¹			
	Estabilidade	DEP	DES	DET
C-1	-	-	-	-
C-2	x	-	-	-
C-3	-	-	-	-
C-4	-	x	x	x
C-5	-	-	-	-
C-6	x	x	x	x
C-7	-	x	x	x
C-8	-	x	x	x
C-9	-	x	x	x
C-10	x	-	-	-
Total	3	5	5	5

¹ Os cultivares selecionados estão marcados com a letra x
Fontes: BONATO (1979) e Dados de Pesquisa

O emprego dos critérios de estabilidade permitiu a indicação de 3 (três) cultivares de soja como os mais estáveis entre os componentes do grupo estudado. Os critérios de Dominância Estocástica indicaram 5 (cinco) como sendo aqueles que poderiam ser recomendados a agricultores, indiferentes, aversos ou propensos ao risco. Para este caso, houve uma única coincidência na escolha pelos dois critérios, o cultivar IAS-4 (C-6).

Os cultivares selecionados por Dominância Estocástica, formam um grupo diverso daquele que constitui o grupo de cultivares mais estáveis. Apenas 1(um) dos selecionados por estabilidade foi considerado eficiente estocasticamente, enquanto 20% dos selecionados por DE poderiam ser considerados estáveis. Ou seja, se a escolha fosse simplesmente por DE, cerca de 67% dos estáveis ficariam de fora. A escolha sendo apenas por estabilidade deixa de considerar 80% daqueles cultivares indicados a agricultores de acordo com sua preferência com relação ao risco.

4.5 Cultura do Trigo

SCHVARTZMAN (1989) comparou o desempenho de 10 (dez) cultivares de trigo nos anos de 1986 e 1987 em 7 (sete) locais da região Oriental do Paraguai. Empregou em seu estudo o método sugerido por CRUZ *et alii* (1988) para detectar a estabilidade dos materiais genéticos. O autor concluiu que os cultivares não mostraram diferenças

significativas quanto à estabilidade pois de um modo geral exibiram desvios da regressão significativos.

As produtividades fornecidas pelos cultivares, (Tabelas A.10 e A.11 do Apêndice), permitiram o ajustamento da função de distribuição cumulativa para cada um deles, objetivando o emprego dos critérios de Dominância Estocástica. Os cultivares selecionados por estes critérios e pelo da estabilidade são mostrados na Tabela 5.

Seis cultivares foram considerados eficientes ao nível de primeiro, segundo e terceiro graus de Dominância Estocástica: Cordillera 4 (C-2), IAN-7 (C-4), Itapúa 30 (C-6), C-8289 (C-7), C-8055 (C-8) e E-8109 (C-9). Estes cultivares podem, dentro das condições em que foi desenvolvido o ensaio, ser recomendados a agricultores aversos, indiferentes ou propensos a risco. A semelhança entre as distribuições cumulativas não permitiu um maior poder de discriminação em segundo ou mesmo em terceiro graus de Dominância Estocástica..

Os 4 (quatro) cultivares rejeitados pelos critérios da DE também o foram por estabilidade por causa de seus desvios significativos. Entretanto dentre os seis escolhidos como eficientes pelos critérios de DE foram rejeitados por estabilidade os cultivares C-2, C-6, C-7 e C-9 também por causa da significância dos desvios. O cultivar cujas respostas reuniram as características mais desejáveis em estabilidade foi o C-8055 (C-8) que também consta do grupo eficiente por DE.

O emprego da Dominância Estocástica permitiu a escolha de 6 (seis) cultivares considerados eficientes, correspondendo a 60% do total em estudo. A seleção pelo emprego dos critérios de estabilidade destacou apenas 2 (dois) cultivares considerados estáveis. No grupo considerado eficiente por DE encontra-se incluída a totalidade dos cultivares estáveis, ou seja, se a escolha fosse apenas por DE, incluiria também aqueles cultivares considerados estáveis, enquanto que a escolha apenas pelos critérios de estabilidade descarta 67% dos cultivares que podem ser indicados a agricultores com características de aversão ao risco.

Tabela 5 - Seleção por Estabilidade e Dominância Estocástica de cultivares de trigo cultivados em 7 localidades da Região Oriental do Paraguai nos anos 1986 e 1987.

Cultivares em Estudo	Cultivares Seleccionados ¹			
	Estabilidade	DEP	DES	DET
C-1	-	-	-	-
C-2	-	x	x	x
C-3	-	-	-	-
C-4	x	x	x	x
C-5	-	-	-	-
C-6	-	x	x	x
C-7	-	x	x	x
C-8	x	x	x	x
C-9	-	x	x	x
C-10	-	-	-	-
Total	2	6	6	6

¹ Os Cultivares seleccionados estão marcados com a letra x
Fontes: SCHVARTZMAN (1989) e Dados de Pesquisa

4.6 Avaliação Geral

Comparando os grupos selecionados pelo emprego dos critérios da Dominância Estocástica e dos métodos de Estabilidade, foi possível observar que, no caso da cultura do algodão, a seleção por Dominância Estocástica deixou de incluir 33% dos genótipos considerados estáveis. Para a cultura da soja, 67% dos cultivares estáveis não constavam entre os estocasticamente eficientes. Em contrapartida, nas culturas do Feijão, Trigo e Milho, os genótipos escolhidos como eficientes estocasticamente incluíram a totalidade dos genótipos estáveis. Em todos os grupos avaliados não houve caso em que a totalidade dos genótipos eficientes estocasticamente estivessem contidos no conjunto dos estáveis.

Fazendo uma avaliação pelo total de genótipos selecionados, observa-se que dos 57 (cinquenta e sete) genótipos estudados, foram selecionados 30 (trinta) pelos dois critérios de escolha. Do total selecionado, 16 (aproximadamente 53%) pertencem ao grupo dos estáveis e 26 (cerca de 87%) ao grupo dos eficientes estocasticamente, sendo que 12 (46%) foram classificados, simultaneamente, pelos dois critérios. Assim, entre os genótipos selecionados, apenas 13% não são considerados eficientes estocasticamente, enquanto cerca de 46% do total não foram considerados estáveis.

Avaliando apenas os genótipos classificados por Estabilidade, 75% deles mostraram-se eficientes estocasticamente, enquanto os restantes (25%) foram descartados pela Dominância Estocástica. Dentro do grupo classificado como estocasticamente eficiente, 46% foram classificados como estáveis e 54% não. Desse modo, percebe-se uma tendência maior de os genótipos estáveis constarem do grupo dos Dominantes estocásticos do que o inverso. Se a seleção fosse feita exclusivamente por DE, se descartaria apenas 13% do total selecionado, enquanto a seleção, que leva em conta a Estabilidade, abandonaria 54% do total de genótipos escolhidos, pelos dois critérios.

Todos os genótipos eliminados por critérios de estabilidade e que constam do grupo dos eficientes estocasticamente apresentaram desvios da regressão significativos, inclusive os eficientes em segundo e terceiro grau de Dominância Estocástica, indicando falta de adaptação ao modelo linear empregado nos métodos de estabilidade. Este fato demonstra que a variância das distribuições de probabilidade, não apresenta relação com os desvios da regressão. A função de distribuição cumulativa reflete, entre outros momentos da distribuição, a variância da produtividade de cada um dos genótipos e a Dominância Estocástica ao selecionar genótipos em nível de segundo e terceiro grau considera a magnitude da variância na escolha. Em tais casos, os genótipos selecionados podem ser indicados a agricultores com

características de aversão a risco e, portanto, é de se esperar que eles apresentem características especiais, entre as quais que as variâncias apresentadas pelas distribuições não sejam elevadas.

O grupo selecionado por DE mostrou-se maior que o grupo gerado pelos critérios de estabilidade e engloba um percentual bastante elevado dos genótipos classificados como estáveis.

No estudo dos genótipos de milho, o híbrido H-1 que havia sido descartado por critérios de Estabilidade foi selecionado em segundo grau de Dominância Estocástica, recomendando-o a agricultores com características de aversão ao risco.

Os cultivares de feijão Rico 23 (C-1), Carioca 1030 (C-4) e ESAL 1 (C-5) que, no trabalho de SANTOS (1980), tendo sido excluídos pelos critérios de Estabilidade devido a seus elevados desvios da regressão, receberam comentários do autor quanto à sua popularidade entre os agricultores do Sul de Minas Gerais e sua aceitação comercial. Estes cultivares foram também escolhidos por DE, mostrando a abrangência do método em incluir em sua seleção grande número de genótipos estáveis e também, como não podia deixar de ser, aqueles que são preferidos pelos agricultores. Para a cultura do feijão é importante selecionar-se cultivares de acordo com a preferência do agricultor, pois na escolha do material para plantio eles consideram elementos como cor, textura e sabor do grão.

Nos métodos para medir estabilidade, em geral, empregam-se modelos lineares, descartando-se genótipos cuja regressão ajustada demonstra elevados desvios, ou seja aqueles que não se adaptam ao modelo. É discutível a imposição de um modelo linear de resposta. Não necessariamente um genótipo necessita oferecer respostas lineares. Outros modelos (talvez curvilíneos) com os quais as respostas de um genótipo mostrassem melhor adaptação poderiam ser tentados, permitindo a escolha de genótipos altamente previsíveis ($S_d^2 \approx 0$) em suas respostas dentro do novo modelo. Assim, genótipos, como no caso do CONTIMAX 322 (H-1) na cultura do milho, e Rico 23 (C-1), Carioca 1030 (C-4) e ESAL 1 (C-5) no caso do feijão, que foram selecionados para indicação a agricultores por Dominância Estocástica e eliminados por Estabilidade devido à falta de previsibilidade (desvios significativos), talvez viessem a apresentar adaptação a outro modelo adotado para ajustar a regressão, no qual seus desvios se mostrassem não significativos.

Uma resposta curvilínea foi referida por STORCK (1989) ao propor um novo modelo para aplicação na análise de estabilidade de genótipos. O autor admite que as respostas das produtividades podem variar de acordo com uma função com forma semelhante à da curva de Gompertz. Sua proposta é um modelo linear que substitua a curva de Gompertz já que a estimação e interpretação de seus parâmetros não seria simples.

5. CONCLUSÕES

O objetivo principal deste trabalho consistiu na comparação de grupos de genótipos considerados eficientes pelo emprego dos métodos desenvolvidos para detectar estabilidade, com grupos de genótipos escolhidos pelo emprego dos critérios da Teoria da Decisão. Entre os métodos estudados visando seleção de alternativas em condições de incerteza foi aplicado o da Dominância Estocástica. A escolha se deu por ter sido o método considerado superior aos demais, em virtude de uma série de razões teóricas derivadas da necessidade de se impor menos restrições à forma específica das funções de utilidade dos agricultores.

Comparados os grupos de genótipos obtidos pelos dois critérios, foi possível chegar às seguintes conclusões:

As escolhas realizadas por Dominância Estocástica e por métodos de Estabilidade apresentaram maior número de semelhanças do que de divergências nos diversos estudos realizados. As divergências se verificaram no estudo envolvendo genótipos de soja e algodão. Para estes, o grupo considerado estocasticamente

eficiente deixou de incluir 33% dos genótipos escolhidos por estabilidade. No estudo para a cultura da soja, o percentual não incluído alcançou 67% dos cultivares considerados estáveis. Entretanto, para os trabalhos realizados para as culturas do trigo, milho e feijão, 100% dos genótipos estáveis, fizeram parte do grupo considerado estocasticamente eficiente.

Dos 57 genótipos estudados, 30 foram selecionados pelos dois critérios e dentre os escolhidos apenas 13% não constavam do grupo dos selecionados por Dominância Estocástica. O número de genótipos estocasticamente eficientes foi maior e englobou 75% dos genótipos estáveis, demonstrando haver uma tendência de os estáveis pertencerem ao grupo selecionado por DE.

O fato de alguns materiais apresentarem elevados desvios da regressão não mostrou associação com as variâncias das funções de distribuição de probabilidades, pois genótipos excluídos pelos critérios de Estabilidade devido aos elevados desvios apresentados, foram selecionados por Dominância Estocástica de segundo e terceiro graus, podendo ser indicados a agricultores com características de aversão ao risco.

A Dominância Estocástica mostrou-se capaz de incluir em sua seleção genótipos estáveis e também, como era de se esperar, aqueles que seriam preferidos pelos agricultores. Entre os excluídos por Estabilidade e selecionados por Dominância Estocástica foram encontrados

alguns cultivares de feijão considerados como sendo de boa aceitação comercial e populares entre os agricultores da região onde foram testados.

O estudo apresentou limitações por comparar um número pequeno de grupos de genótipos. Estes primeiros resultados, no entanto, apesar das restrições, permitem sugerir que, antes da utilização dos métodos para avaliar estabilidade, seja feita uma pré-seleção de genótipos empregando métodos que levem em consideração as preferências do agricultor quanto às suas características de aversão ao risco.

Conforme foi observado, com o emprego da Dominância Estocástica, a possibilidade de serem descartados genótipos "estáveis" mostra-se pequena. Em contrapartida, o seu emprego certamente aumentaria em muito a segurança a ser levada ao agricultor quando da seleção dos genótipos mais estáveis.

Os coeficientes de regressão são função das produtividades e os desvios da regressão, conforme destacou KNIGHT (1970), dependem da semelhança ou não entre os genótipos estudados. Assim, o emprego dos métodos de estabilidade dentro de um grupo de genótipos eficientes estocasticamente pode levar a resultados diferentes dos obtidos apenas com o emprego da estabilidade. Esta prática talvez venha a permitir a seleção de materiais que, apenas com o uso dos métodos de Estabilidade, seriam descartados, ainda que tenha sido constatada sua preferência para

cultivo (caso da cultura do feijão) ou quando recomendados a agricultores aversos a risco pelos critérios de Dominância Estocástica.

A seleção de genótipos, seja por Estabilidade seja utilizando os critérios de Dominância Estocástica, tem como objetivo maior levar segurança ao agricultor, grandemente exposto às adversidades. A aplicação dos dois critérios, sequencialmente, por certo aumentaria o grau de segurança no processo de adoção de variedades melhoradas. Selecionar genótipos por estabilidade dentro do grupo estocasticamente eficiente estaria, antes de avaliar o comportamento dos genótipos nas variadas condições ambientais que se apresentam, dando prioridade às preferências do agricultor diante de situações envolvendo incerteza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J.R. Sparce data, climate variability and yield uncertainty in response analysis. *American Journal of Agricultural Economics*, Carbondale, 55(1): 77-82, 1973.
- ANDERSON, J.R. Sparce data, estimational reliability, and risk-efficient decisions. *American Journal of Agricultural Economics*, Carbondale, 56(3):564-72, 1974.
- ANDERSON, J.R.; DILLON J.L.; HARDAKER, B. *Agricultural decision analysis*. 1.ed. Iowa, Iowa State University Press, 1977. 344 p.
- ARROW, J.K. *Essays in the theory of risk-bearing*. 1.ed. North-Holland, North-Holland Publishing Company, 1974. 278 p.
- AZEVEDO Fo., A.J.B.V. & PERES, F.C. Competitividade da cultura da soja em uma empresa da região de Campinas, SP. In: EMBRAPA, ed. *Planejamento da propriedade agrícola ; Modelos de Decisão*. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1984. p.289-300.

- BARNARD, C.S. & NIX, J.S. *Farm planning and control*. 2 ed. Cambridge, Camb. Univ. Press, 1979. 600 p.
- 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, 1979. 75 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BORCH, K. The rationale of the mean-standard deviation analysis: comment. *American Economic Review*, Ithaca, 64(3): 428-30, 1974.
- BREEZE, E.L. The measurement and significance of genotype-environment interaction in grasses. *Heredity*, London, 24(1): 27-44, 1969.
- CHAHAL, G.S. & VERMA, M.M. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theoretical Applied Genetics*, Berlin, 53: 89-91, 1978.
- CHIANG, A.C. *Matemática para Economistas*. 2.ed. São Paulo. McGraw Hill, 1982. 684 p.
- CORVALAN LATAPIA, L.M. O risco na escolha de cultivares de milho. Piracicaba, 1987. 135 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP).

- CRUZ, C.D.; TORRES, R.A.A.; VENCovsky, R. Modelo alternativo para a análise de estabilidade proposto por Silva e Barreto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 17., Piracicaba, 1988. *Resumos*. Piracicaba, Fundação Cargill, 1988. p.121.
- CRUZ, E.R. Aspectos teóricos sobre incorporação de risco em modelos de decisão. In: EMBRAPA, ed. *Planejamento da empresa agrícola ; Modelos de Decisão*. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1984. p.
- DILLON, J.L. Avaliação de tecnologias agrícolas sob risco. *Revista Econômica do Nordeste*. Fortaleza, 7(3):407-32, 1976.
- EBERHART S.A. & RUSSELL W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, 6(1):36-40, 1966.
- FELDESTEIN, M.S. Mean-variance analysis in the theory of liquidity preference and portfolio selection. *Review of Economic Studies*, London, 36: 5-12, jan 1969.
- FERNANDES, J.S.C. Estabilidade ambiental e de cultivares de milho (*Zea mays* L.) na região centro sul do Brasil. Piracicaba, 1988. 94 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- FINLAY, K.W. & WILKINSON G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, 14:742-54, 1963.
- FRANCIS, T.R. & KANNENBERG, W.L. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, Ontario, 58:1029-34, 1978.
- FRIEDMAN, M. & SAVAGE, L.J. The utility analysis of choices involving risk. *Journal of political economy*, Chicago, 56:279-304, Ago. 1948.
- GARCIA, J.C. Seleção de cultivares e sistemas de produção de milho com respeito a risco. In: EMBRAPA, ed. *Planejamento da empresa agrícola ; Modelos de Decisão*. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1984. p.261-272.
- GARCIA, J.C. & CRUZ, J.C. Seleção pela dominância estocástica de práticas agrícolas eficientes com respeito ao risco - uma aplicação para a cultura do milho. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 17(2): 131-42, abr./jun. 1979.
- HADAR, J. & RUSSEL, W.R. Rules for ordering uncertain prospects. *American Economics Review*, Itahaca, 59:25-34, 1969.

- HAZELL, P.B.R. A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty. *American Journal of Agricultural Economics*, Carbondale, 53(1): 53-62, 1971.
- KNIGHT, F.H. *Risco, incerteza e lucro*. Trad. de Cantuária, H. Rio de Janeiro, Expressão e Cultura, 1972. 385 p.
- KNIGHT, R. The measurement and interpretation of genotype-environment interactions. *Euphytica*, Wageningen, 19: 225-35, 1970.
- MIEZAN, K.; MILLIKEN, G.A. ; LIANG, G.H. Using regression coefficient as a stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, 54: 7-9, 1979.
- MOUTINHO, D.A.; SANDERS Jr., J.H.; WEBER, M.T. Tomada de decisão sob condições de risco em relação à nova tecnologia para a produção do feijão de corda. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 16(4):41-58, out-dez 1978.
- PACHECO, J.A.C. Modelos de decisão na análise econômica de experimentos agrícolas. Piracicaba, 1985. 111p. (Mestrado- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

PEIXOTO T.C. et. alii. Técnicas de análise de interação genótipo x ambiente e estabilidade de clones de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA. Piracicaba, 1985. *Anais*. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p. 243-258.

PERES F.C. Planejamento da empresa agrícola em condições de risco. In: EMBRAPA, ed. Planejamento da propriedade agrícola ; Modelos de Decisão. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1984. P. 273-288.

PERKINS, M.J. & JINKS, J.L. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. *Heredity*, London, 23: 339-56, 1968.

PORTER, R. & GAUMNITZ, J.E. Stochastic dominance vs. mean-variance portfolio analysis: an empirical evaluation. *American Economic Review*, Ithaca, 62(3): 438-46. 1972.

PORTO V.H.F. & CRUZ, E.R. Metodologia para incorporação de risco em modelos de decisão usados na análise comparativa entre alternativas - O caso da cultura do arroz irrigado. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 20(2): 193 - 211, abr./jun. 1982.

QUIRK, J.P. & SAPOSNIK, R. Admissibility and measurable utility functions. *Review of Economic Studies*, London, 29(1): 140-46, 1962.

RAIDÂN GONZALES, L.M.A. Estudo da interação de genótipos x ambientes para a cultura do algodão (*Gossypium sp.*) na região oriental do Paraguai. Piracicaba, 1988. 91 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SALOMÃO, C. C. Sistema de plantio direto e convencional - um enfoque de análise de decisão. Piracicaba, 1990. 126 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SANTOS, J.B. Estabilidade fenotípica de cultivares 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).

SCHOEMAKER, P.J.H. The expected utility model: its variants, purposes, evidence and limitations. *Journal of Economic Literature*, Tennessee 20(2): 529-563, 1972.

SCHVARTZMAN BERWINKUNKIN, J.J. Estabilidade de cultivares do trigo (*Triticum aestivum* L.) e escolha de locais para seleção nas condições da região oriental do Paraguai. Piracicaba, 1989. 80 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- SHUKLA, G.K. An invariant test for the homogeneity of variances in a two-way classification. *Biometrics*, Washington, 28:1063-72, Dec. 1972.
- 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.
- STONE, B.K. *Risk, return and equilibrium*. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press, 1970.
- STORCK, L. Modelo de regressão bi-segmentado descontínuo com erros de medida aplicado na análise de estabilidade de cultivares. Piracicaba, 1989. 217 p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- TOBIN, J. Comment on Borch and Feldstein. *Review of Economic Studies*, London, 36:13-14, jan. 1969.
- TSIANG, S.C. The rationale of the mean-standard deviation analysis, skewness preference, and the demand for money *American Economic Review*, Ithaca, 62(3):354-71. 1972

VENCOVSKY, R. & TORRES, R. Estabilidade geográfica e temporal de alguns cultivares de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., Belo Horizonte, 1986. *Anais*. Sete Lagoas, EMBRAPA - CNPMS, 1988. p.295-300.

YATES, F. & COCHRAN, W.G. The analysis of groups of experiments. *Journal of Agricultural Science*, London, 28:556-580. 1938.

A P Ê N D I C E

Tabela A.1 Produtividade média em kg/20 m² de genótipos de algodão em seis localidades da Região Oriental do Paraguai: 1985/86

GENÓTIPOS		LOCAIS				MEDIA	
		Pirareta	Ybycui	Caaguazu	Caazapa	Cel. Bogado	Concepcion GENÓTIPO
Reba P-279	(G-1)	2.1137	4.4862	5.1062	3.4150	1.8387	5.9187 3.8131
SP-510xP-270-100	(G-2)	2.2487	3.2825	5.0437	2.9325	1.8112	5.8437 3.5271
SP-510xP-279-22	(G-3)	2.2275	3.9975	4.4625	2.7737	1.7800	5.9937 3.5392
MEDIA LOCAL		2.1966	3.9221	4.8708	3.0404	1.8100	5.9187 3.6264

Fonte: RAIDAN (1988)

Tabela A.2 Produtividade média em kg/20 m² de genótipos de algodão em seis localidades da Região Oriental do Paraguai: 1986/87

GENÓTIPOS		LOCAIS				MEDIA	
		Pirareta	Ybycui	Caaguazu	Caazapa	Cel. Bogado	Concepcion GENÓTIPO
Reba P-279	(G-1)	4.6800	4.3600	3.6125	7.6750	6.3275	6.3875 5.5071
SP-510xP-270-100	(G-2)	3.3475	4.5975	3.6250	7.1250	6.2250	6.9375 5.3096
SP-510xP-279-32	(G-4)	5.0625	4.4425	3.8375	7.6400	6.5050	6.9000 5.7313
SP-510xP-279-29/43	(G-5)	5.4350	4.2450	3.8150	7.6025	6.1475	7.0000 5.7075
SP-510xP-279-40/42	(G-6)	5.4475	4.1800	3.4625	7.8375	6.3475	6.6125 5.6479
Guazuncho	(G-7)	5.0550	4.5350	4.3250	6.7275	6.2950	6.0750 5.5021
Tamcot SP-21-S	(G-8)	3.9900	4.3700	4.3375	7.5500	6.1700	5.7875 5.3675
SP-510xP-279-38/41	(G-9)	4.8000	3.8725	3.3000	7.7300	6.1550	5.6000 5.2429
SP-510xP-279-28/39	(G-10)	4.6475	3.6225	3.8625	7.2350	5.6475	4.8625 4.9796
MEDIA LOCAL		4.7183	4.2472	3.7975	7.4581	6.2022	6.2403 5.4439

Fonte : RAIDAN (1988)

Tabela A.3 Produção média de grãos de 12 (doze) cultivares de feijão em onze ambientes do Sul de Minas Gerais (kg/ha)

CULTIVARES	AMBIENTES											MEDIA CULTIVAR		
	Campos Gerais	Tres Coracoes		Perdões	Lavras		Tres Coracoes		Lavras	Caldas	Machado		Caldas	Perdões
		74/75	74/75		75/76	75/76	76/77	76/77						
Rico 23 (C-1)	495.7	873.5	1779.2	1190.2	2391.6	566.5	866.0	612.5	404.3	296.5	625.2	918.3		
C. Rica 1031 (C-2)	352.9	1178.8	1720.5	1695.6	2416.3	496.6	748.9	1728.0	499.3	530.7	771.8	1103.6		
S. Cuva 168 N (C-3)	419.9	1085.0	1794.7	1741.5	1404.7	306.3	618.9	423.0	454.5	449.3	835.9	866.7		
Carioca 1030 (C-4)	469.7	846.6	2049.6	1692.3	2575.4	400.4	618.1	652.5	809.9	260.5	421.3	981.5		
ESAL 1 (C-5)	335.7	1186.2	2114.9	1259.9	2101.1	312.2	688.9	739.4	723.5	537.3	509.9	955.4		
Pintado (C-6)	398.0	1019.9	1732.9	1128.6	1631.5	454.1	719.4	1268.1	429.8	496.0	818.3	917.9		
Jato EEP 558 (C-7)	408.8	861.2	1565.4	1063.3	1528.7	432.6	768.8	1031.0	369.3	246.7	820.0	826.9		
Vi. 1010 (C-8)	225.1	1222.6	1505.4	1296.3	1471.0	231.3	705.8	1096.6	530.3	420.0	550.3	841.3		
Vi. 1011 (C-9)	372.6	1190.8	1836.2	1170.9	2001.8	422.4	963.1	1471.1	533.7	640.7	635.8	1021.7		
M. Fosco 11 (C-10)	200.6	403.5	1283.6	966.1	1479.1	182.0	444.8	973.9	292.1	412.0	687.1	665.9		
Ricobato 1014 (C-11)	162.4	990.2	1644.7	1294.6	1598.5	276.9	899.5	1719.5	466.8	465.0	717.2	930.5		
Ricopardo 896 (C-12)	248.0	541.5	1024.1	754.5	1862.6	414.0	576.9	1322.0	391.7	236.7	356.9	702.6		
MEDIA AMBIENTE	340.8	950.0	1670.9	1271.2	1871.9	374.6	718.3	1086.5	492.1	416.0	645.8	894.4		

Fonte: SANTOS (1980)

Tabela A.4. Produção média em kg/ha de 15 (quinze) híbridos de milho em varios locais da região Centro Sul do Brasil
1983/84

HÍBRIDOS	LOCAIS										MÉDIA HÍBRIDO
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	
H-1	5400.0	8838.0	8952.0	7384.0	5943.0	5461.0	7184.0	9785.0	9457.0	5718.0	7412.2
H-2	3726.0	6053.0	6502.0	4906.0	5117.0	5855.0	6227.0	7452.0	8369.0	4717.0	5892.4
H-3	3852.0	6324.0	7890.0	5425.0	6056.0	5026.0	5819.0	9324.0	9330.0	4307.0	6335.3
H-4	3346.0	6166.0	5959.0	5659.0	5360.0	6450.0	6698.0	8851.0	10142.0	4764.0	6339.5
H-5	3463.0	8426.0	6453.0	5918.0	6472.0	5695.0	6179.0	8963.0	9243.0	5318.0	6613.0
H-6	3665.0	6574.0	8254.0	5004.0	5391.0	5430.0	5535.0	7964.0	8576.0	4120.0	6051.3
H-7	4147.0	7397.0	8114.0	6144.0	5803.0	5925.0	6163.0	9382.0	10567.0	4968.0	6861.0
H-8	4509.0	8967.0	7916.0	6991.0	5102.0	6077.0	6506.0	9349.0	9498.0	4912.0	6982.7
H-9	4120.0	7788.0	7600.0	5960.0	4790.0	5697.0	6022.0	8115.0	8390.0	5082.0	6356.4
H-10	4138.0	6172.0	8616.0	5620.0	5825.0	5399.0	6240.0	8985.0	9277.0	4490.0	6476.2
H-11	4054.0	5411.0	6837.0	5266.0	5629.0	5326.0	5061.0	7631.0	9761.0	4502.0	5947.8
H-12	3456.0	6246.0	7080.0	4995.0	5345.0	5474.0	5502.0	6966.0	8568.0	4376.0	5800.8
H-13	3970.0	7536.0	7061.0	6336.0	5241.0	6498.0	6866.0	9471.0	10637.0	4805.0	6842.1
H-14	3861.0	6881.0	6356.0	4609.0	5611.0	5600.0	5802.0	8291.0	9496.0	4535.0	6104.2
H-15	3242.0	6111.0	7203.0	3988.0	5793.0	5383.0	4828.0	8307.0	9187.0	4345.0	5838.7
MÉDIA	3929.9	6992.7	7386.2	5613.7	5565.2	5686.4	6042.1	8589.1	9366.5	4730.6	6390.2

Fonte: FERNANDES (1988)

Tabela A.4.1 Identificação dos Híbridos de Milho

H-1: CONTIMAX 322	H-6: CAMPEAO CBR 02	H-11: RD 91
H-2: CONTIMAX 133	H-7: CARGILL 111	H-12: IAC HMD 8214
H-3: G 03 C	H-8: CARGILL 115	H-13: DINA 10
H-4: XL 678	H-9: IAC HMD 8222	H-14: IAC HMD 8214
H-5: XL 605	H-10: AG 401	H-15: CAMPEAO CBR 02

Fonte: FERNANDES (1988)

Tabela A.4.2 Identificação dos Locais

L1: Coimbra-MG	L6: Campinas-SP
L2: Rio Paranaíba-MG	L7: Jardinópolis-SP
L3: Sete Lagoas-MG	L8: Jacarezinho-PR
L4: Altinópolis-SP	L9: Brasília-DF
L5: Birigui-SP	L10: Goiânia-GO

Fonte: FERNANDES (1988)

Tabela A.5. Produção média em kg/ha de 15 (quinze) híbridos de milho em vários locais da região Centro Sul do Brasil
1984/85

HIBRI- DOS	LOCAIS										MÉDIA HÍBRIDO
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	
H-1	8219.0	5395.0	7285.0	6273.0	7757.0	7602.0	8274.0	4138.0	6105.0	5980.0	6702.8
H-2	7538.0	4085.0	6379.0	5329.0	6883.0	5948.0	7091.0	2963.0	5595.0	5663.0	5747.4
H-3	5923.0	3526.0	6670.0	4961.0	6121.0	5274.0	6210.0	2958.0	3923.0	4127.0	4969.3
H-4	7973.0	5098.0	7198.0	4863.0	7637.0	5808.0	5790.0	3476.0	5776.0	4802.0	5842.1
H-5	7905.0	4942.0	6234.0	4726.0	7273.0	5585.0	7040.0	3334.0	5752.0	4596.0	5738.7
H-6	6274.0	4721.0	6676.0	5223.0	6113.0	6105.0	6938.0	2661.0	5309.0	5264.0	5528.4
H-7	6956.0	5348.0	7432.0	4660.0	7194.0	6199.0	7534.0	3244.0	5444.0	5790.0	5980.1
H-8	7103.0	5034.0	7645.0	4449.0	6938.0	6639.0	7451.0	3276.0	5129.0	6568.0	6023.2
H-9	4331.0	3415.0	4163.0	3973.0	4920.0	4072.0	5140.0	2807.0	3742.0	3502.0	4006.5
H-10	7321.0	4660.0	5796.0	4573.0	7011.0	5731.0	6845.0	2938.0	5464.0	5899.0	5623.8
H-11	7336.0	4910.0	6377.0	4565.0	6687.0	6378.0	7481.0	3149.0	5233.0	5164.0	5728.0
H-12	4931.0	3019.0	5044.0	4277.0	4589.0	4584.0	5653.0	2949.0	3856.0	3387.0	4228.9
H-13	8535.0	5362.0	7712.0	4956.0	6373.0	6578.0	7219.0	4122.0	5986.0	6640.0	6348.3
H-14	6187.0	4938.0	6399.0	3920.0	5373.0	5496.0	6107.0	3218.0	4482.0	4904.0	5102.4
H-15	6584.0	2197.0	5865.0	3935.0	5772.0	4406.0	6116.0	2612.0	4486.0	4134.0	4610.7
MÉDIA	6874.4	4443.3	6458.3	4712.2	6442.7	5760.3	6725.9	3189.7	5085.5	5094.7	5478.7

Fonte: FERNANDES (1988)

Tabela A.5.1 Identificação dos Híbridos de Milho

H-1: CONTIMAX 322	H-6: CAMPEAO CBR 02	H-11: RD 91
H-2: CONTIMAX 133	H-7: CARGILL 111	H-12: IAC HMD 8214
H-3: G 03 C	H-8: CARGILL 115	H-13: DINA 10
H-4: XL 678	H-9: IAC HMD 8222	H-14: IAC HMD 8214
H-5: XL 605	H-10: AG 401	H-15: CAMPEAO CBR 02

Fonte: FERNANDES (1988)

Tabela A.5.2 Identificação dos Locais

L1: Capinópolis-MG	L6: Ribeirão Preto-SP
L2: Lavras-MG	L7: Goiânia-GO
L3: Sete Lagoas-MG	L8: Guara-SP
L4: Jaboticabal-SP	L9: Santa Helena-GO
L5: Matão-SP	L10: Jataí-SP

Fonte: FERNANDES (1988)

Tabela A.6. Produção média em kg/ha de 15 (quinze) híbridos de milho em vários locais da região Centro Sul do Brasil

1985/86

HIBRI- DOS	LOCAIS										MÉDIA HÍBRIDO
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	
H-1	8295.0	9431.0	8358.0	6600.0	8810.0	9115.0	8955.0	8268.0	5145.0	6335.0	7931.2
H-2	8497.0	7815.0	6882.0	7142.0	8810.0	8911.0	8370.0	6793.0	5741.0	5813.0	7477.4
H-3	6885.0	6887.0	7720.0	7462.0	8478.0	10102.0	8172.0	6915.0	5389.0	7866.0	7587.6
H-4	8491.0	8148.0	6965.0	8062.0	8810.0	9798.0	7831.0	6954.0	5695.0	7660.0	7841.4
H-5	8298.0	7584.0	6766.0	8238.0	7833.0	9241.0	7105.0	6854.0	5813.0	6342.0	7407.4
H-6	7080.0	7948.0	8334.0	5912.0	7428.0	9367.0	7227.0	6978.0	5642.0	6450.0	7236.6
H-7	7631.0	8288.0	7320.0	6960.0	8330.0	9207.0	7137.0	6912.0	5763.0	6436.0	7398.4
H-8	8165.0	8750.0	8853.0	5573.0	7258.0	10236.0	8057.0	8002.0	4990.0	7311.0	7719.5
H-9	6097.0	7728.0	7835.0	6099.0	8048.0	7805.0	7372.0	6419.0	4941.0	6610.0	6895.4
H-10	6423.0	6486.0	6410.0	6303.0	7856.0	8152.0	7814.0	7427.0	5087.0	7496.0	6945.4
H-11	6863.0	7206.0	7641.0	6080.0	7055.0	8838.0	7992.0	6959.0	4234.0	6752.0	6962.0
H-12	7581.0	7619.0	6819.0	6135.0	7443.0	7899.0	7361.0	5666.0	5687.0	5860.0	6807.0
H-13	7709.0	8632.0	7993.0	6770.0	8606.0	9666.0	8971.0	5482.0	6498.0	5733.0	7606.0
H-14	6750.0	7202.0	7644.0	6258.0	6941.0	8269.0	7000.0	4298.0	4235.0	8005.0	6660.2
H-15	6644.0	5872.0	7584.0	4623.0	5774.0	6579.0	5647.0	4169.0	3877.0	8269.0	5903.8
MÉDIA	7427.3	7706.4	7541.6	6547.8	7832.0	8879.0	7667.4	6539.7	5249.1	6862.5	7225.3

Fonte: FERNANDES (1988)

Tabela A.6.1 Identificação dos Híbridos de Milho

H-1: CONTIMAX 322	H-6: CAMPEAO CBR 02	H-11: RO 91
H-2: CONTIMAX 133	H-7: CARGILL 111	H-12: IAC HMD 8214
H-3: G 03 C	H-8: CARGILL 115	H-13: DINA 10
H-4: XL 678	H-9: IAC HMD 8222	H-14: IAC HMD 8214
H-5: XL 605	H-10: AG 401	H-15: CAMPEAO CBR 02

Fonte: FERNANDES (1988)

Tabela A.6.2 Identificação dos Locais

L1: Capinópolis-MG	L6: Mococa-SP
L2: Rio Paranaíba-MG	L7: Ribeirão Preto-SP
L3: Sete Lagoas-MG	L8: Goiânia-GO
L4: Londrina-PR	L9: Itumbiara-GO
L5: Cravinhos-SP	L10: São João da Barra-SP

Fonte: FERNANDES (1988)

Tabela A.7 Produções médias, em kg/ha, dos ensaios realizados com 10 (dez) cultivares de soja em 11(onze) locais do RS

1972/73

CULTI- VARES	LOCAIS										MEDIA
	Pelotas	Camaqua	Bage	Cachoeira do Sul	Verano- polis	Encan- tado	Erexim	Fundo	Palm. das Julio de Missoes Castilho	Santa Rosa	
Bossier (C-1)	2463.0	3684.0	3819.0	3476.0	2521.0	2822.0	2562.0	1148.0	2471.0	2933.0	4604.0 2954.8
Bragg (C-2)	2921.0	4025.0	3708.0	4003.0	2729.0	3329.0	2724.0	1367.0	2948.0	3490.0	4920.0 3287.6
Hardee (C-3)	1201.0	3040.0	3764.0	2899.0	2389.0	2643.0	2341.0	1558.0	2530.0	2761.0	5028.0 2741.3
IAS - 1 (C-4)	2828.0	4263.0	2493.0	3948.0	2736.0	3558.0	3036.0	1968.0	3221.0	4686.0	4583.0 3392.7
IAS - 2 (C-5)	3068.0	4164.0	2806.0	3684.0	3285.0	3827.0	2408.0	1550.0	2468.0	3311.0	4278.0 3168.1
IAS - 4 (C-6)	3125.0	4482.0	3781.0	4167.0	3062.0	3913.0	3395.0	1847.0	2783.0	3758.0	4937.0 3568.2
IAS - 5 (C-7)	2869.0	4783.0	3833.0	4573.0	3090.0	3726.0	2682.0	2093.0	2913.0	3654.0	4014.0 3475.5
Perola (C-8)	3373.0	4412.0	3750.0	3302.0	3111.0	3703.0	2503.0	2071.0	2715.0	3587.0	4538.0 3369.5
Planalto(C-9)	3420.0	4051.0	3944.0	4288.0	2819.0	3994.0	2880.0	2246.0	2782.0	3568.0	4271.0 3478.5
Prata (C-10)	3435.0	4071.0	3486.0	3871.0	2674.0	3364.0	2374.0	1560.0	2411.0	2856.0	4042.0 3104.0
NEDIA LOCAL	2870.3	4097.5	3538.4	3821.1	2841.6	3487.9	2690.5	1740.8	2724.2	3460.4	4521.5 3254.0

Fonte: BDNATO (1979)

Tabela A.8 Produções médias, em kg/ha, dos ensaios realizados com 10 (dez) cultivares de soja em 11(onze) locais do RS

1973/74

CULTI- VARES	LOCAIS										MEDIA CULTIVAR
	Pelotas	Camaquã	Bage	Cachoeira do Sul	Verano- polis	Encan- tado	Erexim	Fundo	Palm. das Missoes	Santa Cristina	
Bossier (C-1)	3760.0	3000.0	2807.0	3302.0	1893.0	3281.0	3191.0	3208.0	3010.0	2198.0	2930.7
Bragg (C-2)	5000.0	4344.0	3068.0	3479.0	2449.0	3312.0	3736.0	3442.0	3333.0	2937.0	3378.9
Hardee (C-3)	3771.0	2896.0	2562.0	3156.0	1363.0	3354.0	3264.0	3479.0	3167.0	2615.0	2917.8
IAS - 1 (C-4)	4302.0	4469.0	3234.0	2872.0	2383.0	3615.0	3507.0	3687.0	3260.0	3198.0	3398.3
IAS - 2 (C-5)	3802.0	3927.0	3641.0	3997.0	2116.0	3198.0	3836.0	3417.0	2446.0	3240.0	3265.7
IAS - 4 (C-6)	3906.0	3812.0	3021.0	3961.0	2148.0	3896.0	3518.0	3646.0	3760.0	2984.0	3304.2
IAS - 5 (C-7)	3729.0	3708.0	2776.0	4039.0	2322.0	3323.0	3509.0	2812.0	3333.0	3094.0	3188.8
Perola (C-8)	4823.0	3792.0	3260.0	3466.0	2163.0	3797.0	3533.0	3167.0	3104.0	2917.0	3311.2
Planalto(C-9)	4094.0	4198.0	3042.0	3227.0	2155.0	3906.0	3511.0	3146.0	3260.0	2865.0	3224.7
Prata (C-10)	3385.0	3437.0	3130.0	3685.0	2176.0	2927.0	3542.0	3396.0	2750.0	2802.0	3039.4
MEDIA LOCAL	4057.2	3758.3	3054.1	3518.4	2116.8	3460.9	3514.7	3340.0	3162.3	2887.0	3202.0

Fonte: BONATO (1979)

Tabela A.9 Produções médias, em kg/ha, dos ensaios realizados com 10 (dez) cultivares de soja em 11(onze) locais do RS

1974/75

CULTI- VARES	LOCAIS										MEDIA CULTIVAR	
	Pelotas	Camaqua	Bage	Cachoeira do Sul	Verano- polis	Encan- tado	Erexim	Passo Fundo	Palm. das Missoes	Santa Castilho Rosa		
Bossier (C-1)	2333.0	3858.0	1591.0	3583.0	2375.0	3742.0	2983.0	3558.0	3676.0	3427.0	4117.0	3203.9
Bragg (C-2)	2717.0	4758.0	1350.0	3571.0	2529.0	3900.0	3408.0	4067.0	3470.0	4547.0	3525.0	3440.2
Hardee (C-3)	2517.0	4158.0	1092.0	3042.0	2296.0	2600.0	3383.0	3900.0	2656.0	3852.0	3617.0	3010.3
IAS - 1 (C-4)	2517.0	4475.0	1253.0	4012.0	2750.0	3408.0	3917.0	3908.0	4022.0	4677.0	3192.0	3466.5
IAS - 2 (C-5)	2575.0	4192.0	1352.0	2917.0	2437.0	3200.0	4025.0	3592.0	2685.0	3848.0	3075.0	3081.6
IAS - 4 (C-6)	2900.0	4267.0	1288.0	4129.0	2617.0	3858.0	4575.0	4525.0	3767.0	4800.0	3600.0	3666.0
IAS - 5 (C-7)	2633.0	4358.0	1426.0	3683.0	2579.0	3275.0	4383.0	3808.0	2952.0	4130.0	5000.0	3475.2
Perola (C-8)	2933.0	3992.0	1603.0	3900.0	3046.0	4075.0	3192.0	3422.0	2907.0	4223.0	3967.0	3387.3
Planalto(C-9)	3008.0	4208.0	1702.0	3912.0	2650.0	4025.0	4075.0	3750.0	2491.0	4534.0	4100.0	3495.9
Prata (C-10)	2450.0	4000.0	1176.0	3125.0	2646.0	3392.0	4217.0	3517.0	3083.0	3815.0	3683.0	3191.3
MEDIA LOCAL	2658.3	4226.6	1383.3	3587.4	2592.5	3547.5	3815.8	3804.7	3170.9	4185.3	3787.6	3341.8

Fonte: BONATO (1979)

Tabela A.10 Rendimento medio de graos (kg/ha) de 10 (dez) cultivares de trigo
em 7 (sete) localidades da Regiao Oriental do Paraguai
1986

CULTIVARES	LOCAIS						MEDIA CULTIVAR
	Caacupe	Volendam	Colonia Yguazu	T. R. Pereira	Capitan Miranda	S. J. Bautista	
Cordillera 3 (C-1)	1640.0	2585.0	2313.0	1703.0	2672.0	2366.0	2160.4
Cordillera 4 (C-2)	1211.0	2002.0	2574.0	1808.0	2419.0	2159.0	1944.4
IAN 5 (C-3)	1525.0	2118.0	1917.0	1333.0	2406.0	1950.0	1805.7
IAN 7 (C-4)	1738.0	1944.0	2707.0	1752.0	2269.0	2097.0	1983.1
Itapua 25 (C-5)	1224.0	2202.0	1636.0	1272.0	2147.0	1747.0	1684.4
Itapua 30 (C-6)	1503.0	2302.0	2778.0	2184.0	1769.0	1763.0	1998.1
C - 8289 (C-7)	1652.0	2065.0	2761.0	2523.0	2206.0	2147.0	2193.4
C - 8055 (C-8)	1476.0	2074.0	2410.0	2186.0	2188.0	2084.0	2001.7
E - 8109 (C-9)	1309.0	2193.0	3088.0	2426.0	1969.0	2375.0	2194.3
C - 81116 (C-10)	1894.0	2570.0	1779.0	1282.0	1509.0	2213.0	1731.7
MEDIA LOCAL	1517.2	2205.5	2396.3	1846.9	2155.4	2090.1	1969.7

Fonte: SCHVARTZMAN (1989)

Tabela A.11 Rendimento medio de graos (kg/ha) de 10 (dez) cultivares de trigo
em 7 (sete) localidades da Regiao Oriental do Paraguai
1987

CULTIVARES	LOCAIS						MEDIA CULTIVAR
	Caacupe	Volendam	Colonia Yguazu	T. R. Pereira	Capitan Miranda	S. J. Bautista	
Cordillera 3 (C-1)	2146.0	2021.0	1854.0	1719.0	3434.0	881.0	1957.9
Cordillera 4 (C-2)	1313.0	2153.0	2185.0	2135.0	3247.0	1441.0	2033.3
IAN 5 (C-3)	2010.0	2131.0	2267.0	2243.0	3391.0	1009.0	2122.9
IAN 7 (C-4)	1729.0	2463.0	2379.0	2260.0	3088.0	1169.0	2137.6
Itapua 25 (C-5)	1349.0	2181.0	1528.0	1948.0	2634.0	1009.0	1738.7
Itapua 30 (C-6)	1771.0	2245.0	1813.0	1823.0	3097.0	1300.0	1927.1
C - 8289 (C-7)	2375.0	2524.0	2175.0	1986.0	2738.0	988.0	2069.9
C - 8055 (C-8)	1843.0	2020.0	2629.0	2583.0	3284.0	1100.0	2176.7
E - 8109 (C-9)	2021.0	1991.0	2922.0	2469.0	3872.0	981.0	2338.4
C - 81116 (C-10)	2510.0	2291.0	2265.0	2490.0	3822.0	981.0	2295.0
MEDIA LOCAL	1906.7	2202.0	2201.7	2165.6	3260.7	1085.9	2079.7

Fonte: SCHVARTZMAN (1989)

UTILIZAÇÃO DA DOMINÂNCIA ESTOCÁSTICA COM O EMPREGO DE MICROCOMPUTADORES

De acordo como exposto na seção 2.2.4 os critérios da Dominância Estocástica visam escolher um grupo de alternativas eficientes que poderão ser recomendadas a indivíduos de acordo com seu comportamento em relação a situações envolvendo incerteza. Pela aplicação dos critérios de Dominância Estocástica de Primeiro Grau (DEP) são descartadas uma série de alternativas consideradas ineficientes. O grupo restante (eficientes) recebe uma restrição ($U'' < 0$). Destacam-se, com isso mais alternativas, separando-se um novo grupo agora considerado eficiente em Dominância Estocástica de Segundo Grau (DES). As alternativas que constituem o grupo eficiente em DES podem ser recomendadas a elementos considerados aversos ao risco. O grupo eficiente em DES ainda pode receber nova restrição ($U''' > 0$), separando-se as eficientes em Dominância Estocástica de Terceiro Grau (DET), as quais podem ser recomendadas a indivíduos cuja aversão reduz-se com o aumento da riqueza. Para selecionar alternativas eficientes pela DEP, DES e DET, são utilizadas as Funções de Distribuição Cumulativas (FDC) da variável em estudo. Da comparação entre as FDC é que surgem as alternativas consideradas eficientes.

A comparação manual das FDC é um processo bastante trabalho, porém com o emprego do programa para

microcomputadores sugerido por ANDERSON (1977), rapidamente chega-se ao resultado esperado.

Para aplicação da Dominância Estocástica na seleção de variedades melhoradas os seguintes passos devem ser obedecidos:

1. Para cada genótipo, tomar o maior número possível de produtividades obtidas nas mais variadas situações (adversas e favoráveis). As n produtividades são então dispostas em ordem crescente para aplicação da regra de Schlaifer. De acordo com esta regra, a k -ésima produtividade constitui uma razoável aproximação do $k/n+1$ fractil da Função de Distribuição Cumulativa (FDC) de probabilidade. Assim, se dispusermos de 3 produtividades com valores 4, 5 e 7 por exemplo; elas constituirão, nesta ordem, uma razoável aproximação das frações 0,25, 0,50 e 0,75 da FDC. As produtividades relativas a 0,0 e 1,0 de probabilidade acumulada deverão ser estimadas como a menor e a maior produtividade que se espera daquela variedade. Neste trabalho e em outros envolvendo Dominância Estocástica, as produtividades extremas foram calculadas pelas fórmulas apresentadas na seção 3.2.

2. As produtividades e respectivas frações de probabilidade acumulada são então plotadas num gráfico (preferencialmente usando papel milimetrado, para facilitar a leitura), objetivando traçar a FDC. Desenha-se então, passando pelo maior número de pontos possível, uma curva em S, de acordo com o exemplo na figura A.1.

Figura A.1 - Ajustamento manual da Função de Distribuição Cumulativa (FDC)¹

3. De posse das FDC, uma para cada genótipo, é possível verificar, para a curva ajustada, qual a produtividade correspondente às frações de probabilidade acumuladas que se deseja (0,10; 0,20; 0,30; etc...).

O programa desenvolvido por ANDERSON (1977), tem como finalidade a escolha de alternativas eficientes pela Dominância Estocástica. Da forma como se encontra, no final desta seção, permite a comparação de 40 alternativas (40 FDC), com 21 frações de probabilidade cada uma.

¹ As produtividades 2 e 10 da figura A.1, correspondentes aos extremos de probabilidade, foram arbitrariamente tomadas para exemplificar o traçado da FDC.

Nas FDC ajustadas (item 2), são tomadas então 21 produtividades, correspondentes às frações de probabilidade 0,00; 0,05; 0,10; 0,15;...;0,95 e 1,00. As produtividades são então distribuídas em uma tabela, de acordo com o exemplo a seguir: Na tabela A. 12 estão distribuídas as 21 produtividades de 10 cultivares que estão sendo comparadas. Cada 3 (três) linhas, correspondem às produtividades de um cultivar.

4. A matriz deverá ser digitada em um processador de texto, obedecendo a seguinte estrutura: Na primeira linha constarão o número de FDC comparadas e o número de frações que foram tomadas para comparação (no exemplo da Tabela A.12, respectivamente 10 e 21). Os dois números deverão terminar sempre nas colunas 10 e 20 do processador de texto, respectivamente. Nas linhas seguintes serão digitadas as produtividades correspondentes às frações de probabilidade (de 0,00 a 1,00) sempre em ordem crescente. Cada uma das produtividades deverá ter seu valor sempre terminando nas colunas 7, 14, 21, etc. até a coluna de número 70, continuando na linha seguinte, sempre obedecendo o mesmo critério. Concluída a digitação das produtividades, nas linhas seguintes e sempre terminando na coluna de número 10, serão distribuídos os números correspondentes aos genótipos comparados. Estes números funcionam como nome para cada FDC. A matriz digitada será então "salva" em disquete para posterior leitura pelo programa.

5.O programa criado por Anderson, em linguagem FORTRAN, após digitado e compilado poderá ser utilizado para leitura e processamento da matriz de dados. Acessado o programa, será solicitado o arquivo de entrada de dados, cujo nome deverá ser digitado no local correspondente, indicando o "drive"(se necessário) onde se encontra armazenado. Em seguida será solicitado um nome para o arquivo de saída. Com este nome será então colocado no disquete um arquivo contendo o resultado, ou seja indicando os grupos eficientes em primeiro, segundo e terceiro graus de Dominância Estocástica. A leitura do resultado poderá ser feita através do comando "TYPE" do microcomputador.

O programa para determinar Eficiência Estocástica encontra-se a seguir.

```

PROGRAM EFISTOC
DIMENSION FC(40,21), INC(40), IDC(40), XC(40)
CHARACTER*64 ARQENT
CHARACTER*64 ARQSAI
WRITE(*,500)
500 FORMAT(1X,'***** ANALISE DE EFICIENCIA ESTOCASTICA *****' /
&' *****          Programa: ANDERSON, J          *****' /
&' *****  Entrada de dados: RODRIGUEZ, LCE          *****' /
&' *****    Use sob orientacao: PERES, FC          *****' /
&' *****  Depto Econ e Soc Rural/ESALQ/USP          *****' /)
WRITE(*,502)
502 FORMAT(1X,'NOME DO SEU ARQUIVO DE DADOS: ' /)
READ(*,504) ARQENT
WRITE(*,506)
504 FORMAT(A)
506 FORMAT(1X,'NOME DO ARQUIVO DE RESULTADOS: ' /)
READ(*,504) ARQSAI
WRITE(*,508)
508 FORMAT(1X / / /, '***** AGUARDE *****', / / /)
OPEN(2,FILE=ARQSAI,STATUS='NEW')
OPEN(3,FILE=ARQENT)
READ(3,510) NA, NC, IE, JT
DO 600 I=1,NA

```

```

      READ(3,512) (F(I,J),J=1,NC)
600 CONTINUE
      DO 601 I=1,NA
        READ(3,514) INC(I), IDC(I), X(I)
601 CONTINUE
510 FORMAT (4I10)
512 FORMAT (10F7.2)
514 FORMAT (2I10,F13.2)
      CALL SDOMCNA,NC,F,IN,IE,ID,JT,X)
      WRITE(*,516)
516 FORMAT(' OS RESULTADOS FORAM ARMAZENADOS NO ARQUIVO: --> ' )
      WRITE(*,504) ARQSAI
      STOP
      END
      SUBROUTINE SDOMCNA,NC,F,IN,IE,ID,JT,X)
      DIMENSION FC(40,21),SC(40,21),TC(40,21),IDC(40),INC(40),XC(40)
      DIMENSION ZC(2,42)
      NS=NC-1
      DP=NS
      DP=1./DP
      NA1=NA-1
      IF(X(1).NE. 0.)GO TO 102
      DO 101 I=1,NA
        X(I)=0.
      DO 100 J=1,NS
100  X(I)=X(I)+F(I,J)
101  X(I)=DP*(X(I)+(F(I,NC)-F(I,1))* .5)
102 CONTINUE
      IF(IE.LT.0)GO TO 104
      DO 103 I=1,NA
103  IDC(I)=0
104 CONTINUE
      DO 105 I=1,NA
        IF(IDC(I).EQ.1)GO TO 105
      DO 106 J=1,NS
        IF(F(I,J+1).GE.F(I,J))GO TO 105
        CDFE=DP*(J-1)
        WRITE(2,550)INC(I),CDFE
550 FORMAT(1X,'ALTERNATIVA',I4,' COM PROBLEMAS NA SEPARATRIZ '
          &,F5.3, / )
        IDC(I)=1
106 CONTINUE
105 CONTINUE
      DO 160 IC=1,NA1
        IM=IC+1
      DO 160 JC=IM,NA
        IK=IC
        JK=JC
        IF(IDC(IK).EQ.1.OR.IDC(JK).EQ.1)GO TO 160
        IT=0
      DO 110 L=1,NC
        IF(FC(IK,L)-FC(JK,L))114,110,115
110 CONTINUE
114 CALL CSUBCIK,JK,IT)
115 L=L+1
        IF(X(IK).LT.X(JK)) GO TO 155
      DO 140 K=L,NC

```

```

      IFC FCIK,KD. LT.FCJK,KD)GO TO 155
140 CONTINUE
      IDCJKD=1
155 IFCIT.EQ.0) GO TO 160
      CALL CSUBCIK,JK,ITD
160 CONTINUE
      CALL SELC1,NA,ID,NA,IN,JF)
      JT=JF
      IFCJF.LT.2)GO TO 390
      DO 200 I=1,JF
      K=IDCID)
      XCI=XCKD
      DO 200 J=1,NC
200 FCI,J)= FCK,J)
      DO 205 I=1,JF
205 IDCID=0
      DO 210 I=1,JF
      SCI,1D)=0.
      DO 210 J=2, NC
      A=J
210 SCI,J)= SCI,J-1D)+ DP*(FCI,J)-FCI,J-1D)*(A-1.5)
      JF1=JF-1
      DO 260 IC=1,JF1
      IM=IC+1
      DO 260 JC=IM,JF
      IK=IC
      JK=JC
      IFCIDCIK).EQ.1.OR.IDCJKB).EQ.1)GO TO 260
      IT=0
      DO 213 L=1,NC
      IFCFCIK,LD-FCJK,LD)214,213,215
213 CONTINUE
214 CALL CSUBCIK,JK,ITD
215 IZ=2
      IFCXCIK).LT.XCJKB) GO TO 255
      DO 240 K=2,NC
      DO 220 IX=IZ,NC
      IFCFCJK,IX).GT.FCIK,KD)GO TO 225
220 CONTINUE
      IZ=NC
      GO TO 230
225 IZ= IX-1
      A=IZ
      RI= FCIK,KD-FCJK,IZ)
      SCF=SCJK,IZ)
      IFCFCJK,IX).EQ.FCJK,IZ)GO TO 235
      SCF=SCJK,IZ)+.5*RI**2*DP/(FCJK,IX)-FCJK,IZ))+
      &RI*DP*(A-1.)
      GO TO 235
230 RI=FCIK,KD-FCJK,IZ)
      SCF=SCJK,IZ)+RI
235 IFCSCI,KD).GT. SCF)GO TO 255
240 CONTINUE
      IFCIZ.GT.NC-1)GO TO 250
      IZ=IZ+1
      DO 245 IX=IZ,NC
      SCF=SCIK,NC) + FCJK,IX)-FCIK,NC)

```

```

      IF(SCF.GT.SC(JK,IX))GO TO 255
245  CONTINUE
250  CONTINUE
      NC1=NC+1
      NC2=NC*2
      DO 251 I=1,NC
        J=NC+I
        ZC(1,J)=FC(JK,I)
        ZC(2,J)=0.
        ZC(1,I)=FC(IK,I)
251  ZC(2,I)=1.
      CALL JASO2(NC2,Z)
      IH=0
      JH=0
      DO 252 M=1,NC2
        IF(ZC(2,M).EQ.0.)JH=JH+1
        IF(ZC(2,M).EQ.1.)IH=IH+1
        IF(IH.EQ.1)GO TO 253
252  CONTINUE
253  NC21=NC2-1
      AIT=0
      AJT=0
      IF(FC(IK,IH+1).NE.FC(IK,IH))AIT=.5*DP/(FC(IK,IH+1)-FC(IK,IH))
      IF(FC(JK,JH+1).NE.FC(JK,JH))AJT=.5*DP/(FC(JK,JH+1)-FC(JK,JH))
      AAA=AJT-AIT
      IF(AAA.EQ.0.)GO TO 2534
      BBB=2.*(AIT*FC(IK,IH)-AJT*FC(JK,JH))+DP*(JH-IH)
      CCC=DP*(IH-1)*FC(IK,IH)-DP*(JH-1)*FC(JK,JH)+SC(JK,JH)-SC(IK,IH)
      CCC=CCC+AJT*FC(JK,JH)**2-AIT*FC(IK,IH)**2
      RAD=BBB*BBB-4.*AAA*CCC
      IF(RAD.LT.0.)GO TO 2534
      RAD=SQRT(RAD)
      SOL1=(-BBB+RAD)/2./AAA
      SOL2=(-BBB-RAD)/2./AAA
      IF(ZC(1,M+1).EQ.ZC(1,M))GO TO 2534
      IF(SOL1.LT.ZC(1,M+1).AND.SOL1.GT.ZC(1,M).OR.SOL2.LT.ZC(1,M+1).
&AND.SOL2.GT.ZC(1,M))GO TO 2555
2534  CONTINUE
      IF(M.EQ.NC21)GO TO 254
      M=M+1
      IF(ZC(2,M).EQ.0.)JH=JH+1
      IF(ZC(2,M).EQ.1.)IH=IH+1
      IF(IH.EQ.NC.OR.JH.EQ.NC)GO TO 254
      GO TO 253
254  ID(JK)=1
      GO TO 255
2555  CONTINUE
255  IF(IT.EQ.0)GO TO 260
      CALL CSUB(IK,JK,IT)
260  CONTINUE
      CALL SEL(2,JF,ID,NA,IN,JS)
      JT=JS
      IF(JS.LT.2)GO TO 390
      DO 300 I=1,JS
        K=ID(I)
        X(I)=X(K)
      DO 300 J=1,NC

```

```

      F(I,J)=F(K,J)
300  S(I,J)=S(K,J)
      DO 305 I=1,JS
305  ID(I)=0
      DO 310 I=1,JS
      TC(I,1)=0.
      DO 310 J=2,NC
      A=J
      DI=F(I,J)-F(I,J-1)
310  TC(I,J)=TC(I,J-1)+.5*DP*DI*DI*(A-2.+1./3.)+DI*S(I,J-1)
      JS1=JS-1
      DO 360 IC=1,JS1
      IM=IC+1
      DO 360 JC=IM,JS
      IK=IC
      JK=JC
      IF(ID(IK).EQ.1.OR.ID(JK).EQ.1)GO TO 360
      IT=0
      DO 313 L=1,NC
      IF(F(IK,L)-F(JK,L))314,313,315
313  CONTINUE
314  CALL CSUB(IK,JK,IT)
315  IZ=2
      IF(X(IK).LT.X(JK)) GO TO 355
316  IF(F(IK,NC).LT.F(JK,NC))GO TO 317
      RI=F(IK,NC)-F(JK,NC)
      SCF=SC(JK,NC)+RI
      IF(SC(IK,NC).GT.SCF)GO TO 355
      GO TO 318
317  SCF=SC(IK,NC)+F(JK,NC)-F(IK,NC)
      IF(SCF.GT.SC(JK,NC))GO TO 355
318  CONTINUE
      DO 340 K=2,NC
      DO 320 IX=IZ,NC
      IF(F(JK,IX).GT.F(IK,K))GO TO 325
320  CONTINUE
      IZ=NC
      GO TO 330
325  IZ=IX-1
      A=IZ
      RI=F(IK,K)-F(JK,IZ)
      TCF=TC(JK,IZ)
      &+.5*RI**2*DP*(A-1.)+RI*SC(JK,IZ)
      IF(F(JK,IX).EQ.F(JK,IZ))GO TO 335
      TCF=TCF+.1./6.*RI**3*DP/(F(JK,IX)-F(JK,IZ))
      GO TO 335
330  RI=F(IK,K)-F(JK,IZ)
      TCF=TC(JK,IZ)+.5*RI**2+SC(JK,IZ)*RI
335  IF(TC(IK,K).GT.TCF)GO TO 355
340  CONTINUE
      IF(IZ.GT.NC-1)GO TO 350
      IZ=IZ+1
      DO 345 IX=IZ,NC
      RI=F(JK,IX)-F(IK,NC)
      TCF=TC(IK,NC)+.5*RI**2+SC(IK,NC)*RI
      IF(TCF.GT.TC(JK,IX))GO TO 355
345  CONTINUE

```

```

350 CONTINUE
   IDC(JK)=1
355 IF(IT.EQ.0)GO TO 360
   CALL CSUBCIK,JK,IT)
360 CONTINUE
   CALL SELC3,JS,ID,NA,IN,JT)
390 RETURN
   END
   SUBROUTINE SELCIB,NB,ID,NA,IN,JF)
   DIMENSION IDC(40),INC(40)
   JF=0
   DO 170 I=1,NB
   IF(IDC(I).EQ.1) GO TO 170
   JF=JF+1
   IDC(JF)=I
   INC(JF)=INC(I)
170 CONTINUE
   IF(JF.EQ.0)RETURN
   WRITE(2,420)JF,IB
   K=1
   IF(JF.LE.5)GO TO 180
   IND=INC(2)-INC(1)
   DO 160 I=3,JF
   IT=INC(I)-INC(I-1)
   IF(IT.LT.IND)IND=IT
160 CONTINUE
   INS=INC(1)
   DO 175 I=2,JF
   K=I-1
   IF((INC(I)-INC(K)).NE.IND)GO TO 177
175 CONTINUE
   I=0
   K=JF
177 CONTINUE
   IF(K.EQ.1)GO TO 180
   WRITE(2,430)INS,IND,INCK)
   IF(I.EQ.0)RETURN
180 WRITE(2,410) (INC(J),J=K,JF)
410 FORMAT(3(1X,I4,23I5,/))
420 FORMAT(20X,I3,' ALTERNATIVA EFICIENTE DE GRAU ',I3)
430 FORMAT(8X,' INTERVALO EFICIENTE INICIAL ',2X,I5,1HC,I2,1H),I4)
   RETURN
   END
   SUBROUTINE CSUBCIK,JK,IT)
   IT=IK
   IK=JK
   JK=IT
   IT=1
   RETURN
   END
   SUBROUTINE JASO2CN,X)
   DIMENSION X(2,N)
   N1=N-1
   DO 20 I=1,N1
   NI=N-I
   DO 20 J=1,NI
   IF(X(1,J)-X(1,J+1))20,20,10

```



```
10 T=X(1,J)
   S=X(2,J)
   X(1,J)=X(1,J+1)
   X(2,J)=X(2,J+1)
   X(1,J+1)=T
   X(2,J+1)=S
20 CONTINUE
   RETURN
   END
```