ESTABILIDADE DE VARIEDADES DE CANA - DE - AÇÚCAR (*Saccharum spp*) NO ESTADO DE ALAGOAS

GRATULIANO GOMES CALHEIROS

Orientador: ROLAND VENCovsky

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Mestre em Genética e
Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1977

E R R A T A

Tabela 4. pg. 22

Como apresentada, a tabela pressupõe um modelo totalmente aleatório. Sendo fixos os efeitos de genótipos esta passa a ser:

F.V.	GL	QM	E (QM)
Ambientes	GL ₁	Q ₁	$\frac{\sigma_e^2}{2} + \sigma_b^2 + \bar{R}(\frac{\sigma_{ga}^2}{2} + \sigma_a^2)$
Repetições/Ambientais	GL ₂	Q ₂	$\frac{\sigma_e^2}{2} + \sigma_b^2$
Resíduo médio	GL ₃	Q ₃	$\frac{\sigma_e^2}{2}$

Tabela 5. pg. 27

Como efeitos fixos de genótipos a tabela 5 deve ser:

F.V.	GL	QM	E (QM)
Ambientes	GL ₄	Q ₄	$\frac{\sigma_e^2}{2} + \sigma_b^2 + \bar{R}\sigma_a^2$
Repetições/Ambientais	GL ₅	Q ₅	$\frac{\sigma_e^2}{2} + \sigma_b^2$
Resíduo médio	GL ₆	Q ₆	$\frac{\sigma_e^2}{2}$

Estas alterações não modificaram a expressão da estimativa da componente de variação da interação de tratamentos por ambientes, dada na página 27 ($\hat{\sigma}_{pa}^2$).

"In memoriam" de minha mãe,-

OFERÉÇO.

À meu pai,

Aos meus irmãos,

À minha esposa,

Aos meus filhos,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos:

- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e ao Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (PLANALSUCAR), os quais possibilitaram a realização do Curso de Pós-Graduação;

- Ao Prof. Dr. Roland Vencovsky, pela dedicação e orientação constante durante a realização do presente trabalho;

- "In memoriam" do Dr. Gilberto Miller Azzi, Superintendente do PLANALSUCAR, pelas facilidades proporcionadas;

- Ao Eng^o Agr^o Jarbas Elias da Rosa Oiticica, Coordenador Regional Nordeste do PLANALSUCAR, e demais funcionários, pelo apoio dado;

- Ao Dr. José Alberto Gentil Costa e Sousa, Coordenador Geral do PLANALSUCAR, e demais funcionários, na solução dos problemas administrativos;

- Ao Dr. Renato Ruschel, pela colaboração e sugestões;

- Ao Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho, pelas sugestões;

- Ao Prof. Dr. Cyro Paulino da Costa, pelas orientações recebidas;

- Aos colegas Eng^{os}. Agr^{os}. Antonio Maria Cardoso Rocha, Manoel Rocha Sampaio, Cristovão Lins da Rosa Diticica e George Claudius Leite Girard, técnicos agrícolas e funcionários, pela obtenção dos dados;

- Aos docentes do Instituto de Genética, pelos ensinamentos recebidos;

- Ao Prof. Magno Antonio Patto Ramalho, pelas inúmeras sugestões e colaboração;

- Aos demais colegas do curso.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

	<u>página</u>
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	8
4. MATERIAL	14
5. MÉTODOS	19
5.1. Análise conjunta de um genótipo	19
5.2. Análise envolvendo os dois padrões	25
5.3. Modelos relacionados com a seleção de variedades	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6.1. Análise da variância dos diferentes pares de grupos de ex perimentos com o padrão Co 331 e CB 45-3, e as respecti- vas variedades	32
6.2. Análise da variância de cada padrão e da média dos dois .	39
6.3. Estimativas dos erros envolvidos no processo de seleção .	42
6.4. Comparação dos resultados médios dos padrões Co 331 e CB 45-3	44
7. CONCLUSÕES	46
8. SUMMARY	48
9. LITERATURA CITADA	51

LISTA DE TABELAS

página

Tabela 1. Locais, anos, numero de repetições, numero de tratamentos (variedades), número de graus de liberdade do resíduo e quadrado médio residual dos experimentos instalados na região canavieira do Estado de Alagoas pela EECAA	15
Tabela 2. Variedades que participaram nos experimentos realizados pela EECAA no período de 1966 a 1973 e os seus respectivos progenitores.	16
Tabela 3. Número de experimentos em que cada variedade foi ensaiada juntamente com os padrões e o total de pares com cada um deles.	20
Tabela 4. Esquema de análise da variância e esperanças dos quadrados médios para cada genótipo num dado par, ensaiado em <u>m</u> ambientes	22
Tabela 5. Esquema da análise conjunta da variância da média dos dois padrões e as respectivas esperanças dos quadrados médios	27
Tabela 6. Resumo das análises conjuntas de variância nos diferentes pares de grupos de experimentos formados com o padrão Co331 e as respectivas variedades, média geral e a magnitude relativas dos componentes de variância, para	

os dados obtidos dos experimentos instalados pela Estação Experimental de Cana-de-Açúcar em diversos anos (1966 a 1973) e locais na região canavieira de Alagoas.

33

Tabêla 7. Resumo das análises conjunta da variância dos diferentes pares de grupos de experimentos formados com o padrão CB45-3 e as respectivas variedades, média geral e magnitude relativas dos componentes da variância para os dados obtidos dos experimentos instalados pela Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Alagoas em diversos anos (1966 a 1973) e locais na região canavieira de Alagoas

34

Tabela 8. Resumo da análise da variância para os padrões Co331 e CB45-3, e da média dos mesmos (TCH) em 18 experimentos instalados na região canavieira do Estado de Alagoas no período de 1966 a 1973, as magnitudes relativas dos componentes da variância e a estimativa da variância em percentagem da estimativa da variância fenotípica da média dos padrões

40

Tabela 9. Resumo da análise conjunta da variância para os resultados médios de produção dos padrões Co 331 e CB 45-3, em 18 ambientes da região canavieira do Estado de Alagoas, no período de 1966 a 1973.

45

LISTA DE FIGURAS

página

Figura I.	Situação geográfica da região canavieira do Estado de Alagoas e as usinas onde foram instalados os <u>ex</u> perimentos	18
Figura II.	Estimativa da variância fenotípica das variedades em percentagem da estimativa da variância <u>fenotípi</u> ca do padrão Co 331	36
Figura III.	Estimativa da variância fenotípica das variedades em percentagem da estimativa da variância <u>fenotípi</u> ca do padrão CB 45-3	38

1. RESUMO

Um dos objetivos do presente estudo, foi o de detectar a variabilidade dos padrões que são utilizados no programa de melhoramento da cana-de-açúcar para o Estado de Alagoas, em comparação com outras variedades previamente ensaiadas. Para tal, foram tomados os dados de produção agrícola da primeira colheita em toneladas de cana por hectare (TCH), obtidos dos experimentos de competição de variedades instalados em blocos ao acaso nos anos de (1966 a 1973) e locais na região canavieira de Alagoas. Como padrões foram consideradas as variedades Co 331 e CB 45-3.

Constituíram-se pares de grupos de experimentos nos quais um padrão ocorria junto com uma variedade, estimando-se as magnitudes relativas da componente de variância devida à interação genótipo x ambiente mais a de ambientes, a variância entre repetições dentro de ambientes e variância média do erro. Nesta análise conjunta da variância feita com apenas um genótipo, não foi possível isolar a variância da interação genótipo x ambiente da variância entre ambientes. A estimativa da variância fenotípica de cada variedade foi comparada com a estimativa da variância fenotípica

do respectivo padrão.

Para os padrões Co 331 e CB 45-3, foram agrupados 18 experimentos nos quais os mesmos ocorriam, fazendo-se a análise conjunta da variância de cada padrão e da média dos dois. Com as esperanças matemáticas dos quadrados médios entre ambientes foi possível estimar a componente devida à interação padrões x ambientes isolada da componente devida a ambientes. A estimativa da variância fenotípica de cada padrão foi comparada com a da variância fenotípica da média dos dois.

Pelos modelos matemáticos para a média de um padrão e para a média de uma variedade, foi estimado o erro do contraste entre estas, admitindo-se que a seleção seja feita pela comparação de um padrão com uma variedade ou clone sem o uso de repetições, um padrão repetido duas vezes, e com a média dos dois padrões, para efeito de seleção nos estágios preliminares do programa de melhoramento regional da cana-de-açúcar.

A magnitude relativa da estimativa da variância devida à interação genótipo x ambiente mais a devida a ambientes, teve maior influência na variância fenotípica das variedades e dos padrões, contribuindo em média com 69%. Em média as variedades estudadas foram 41,3% mais variáveis que o padrão Co 331 e menos variáveis que o padrão CB 45-3 em 2,0%. A magnitude relativa da estimativa da variância entre ambientes, foi a que mais contribuiu para a variância fenotípica da média dos padrões. Ambos os padrões foram mais variáveis do que a média dos dois com 39% mais variável para CB 45-3 e 12% para Co 331. A média geral de produção do padrão CB 45-3 foi de 99,79 TCH e a do Co 331 de 93,62 TCH. Houve significativa inte-

ração padrões x ambientes mostrando que a diferença entre ambos não é estável de um ambiente para outro. A escolha da média dos dois padrões para a comparação com variedades ou clones a serem indicados para o plantio comercial, dará mais eficiência na seleção, desde que ela mostrou menor interação por ambientes ou seja maior estabilidade para a região canavieira de Alagoas.

O contraste entre a média de um padrão e a média de uma variedade ou clone sem o uso de repetição como vem sendo feito nos estágios preliminares de seleção, de modo visual, apresentou um erro de 19,65% da média do padrão. Inferências feitas no sentido de reduzir este erro, repetindo-se o padrão duas vezes ou utilizando-se os dois padrões e tomando-se a média para efeito de comparação apresentaram um erro de 18,45% e 17,02% da média de produção respectivamente.

Nos estágios finais de seleção, que envolvem ensaios com repetições em vários ambientes, a estimativa do erro do contraste entre a média de um clone e de um padrão foi da ordem de 4,8% da média deste último. Tal fato indica que a recomendação de variedades apenas superiores ao padrão não apresenta uma segurança suficiente. Sugere-se que maior segurança pode ser obtida escolhendo-se variedades com produção pelo menos 10% superior a do padrão.

2. INTRODUÇÃO

Nas regiões de climas tropicais e sub-tropicais, a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) é uma cultura que apresenta grande interesse econômico. A importância da cana-de-açúcar no Brasil, ganhou maior destaque nos últimos anos com a criação do Programa Nacional do Alcool, na utilização do álcool como combustível, visando diminuir paulatinamente a importação do petróleo que carrega grande parte da economia brasileira.

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de açúcar de cana, ocupando o Estado de Alagoas o terceiro lugar na escala nacional de produção. A atividade agro-industrial da cana-de-açúcar é responsável por 60% da economia alagoana*. A área cultivada com cana-de-açúcar em Alagoas é de 326.232 hectares* a qual corresponde a 16,90% da área com canaviais no Brasil.

Em 1966, foi criada a Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Alagoas (EECAA), tendo como objetivo comandar os estudos e pesqui-

* IAA - PLANALSUCAR (1976, 1977).

saas destinadas a nova reformulação técnica dos processos tradicionais da agro-industria açucareira alagoana, visando o aumento da produção por área e uma melhor qualidade de matéria prima.

Em todas as áreas canavieiras do mundo, um grande número de variedades locais e introduzidas são submetidas anualmente a esquemas de experimentação com a finalidade de determinar a capacidade produtiva das mesmas, visando a indicação das melhores variedades adaptadas à cada região ecológica.

A introdução de variedades é considerada um método de melhoramento (ALLARD, 1960). No entanto, para se detectar entre as variedades de cana-de-açúcar introduzidas, aquelas que apresentam boa produtividade numa determinada região, são necessários muitos anos desde o período de quarentena até a fase final de experimentação. Este período corresponde praticamente à seleção de variedades por um programa de melhoramento regional.

Entre as Instituições que merecem destaque no melhoramento da cana-de-açúcar no Brasil estão: a Estação Experimental do Ministério da Agricultura em Campos, RJ, criadora das variedades CB's plantadas em 60,28% da área canavieira do Brasil e o Instituto Agrônômico de Campinas com as variedades IAC's ocupando 5,03% da área*.

Com o objetivo de desenvolver variedades locais para as diferentes regiões canavieiras, foi criado em 1971 pelo Instituto do Açúcar e do Alcool, autarquia do Ministério da Indústria e Comércio, o Programa

* IAA - PLANALSUCAR (1976).

Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (PLANALSUCAR). A introdução de variedades de outros centros canavieiros do mundo, passou a ter como principal finalidade enriquecer o banco de germoplasma do PLANALSUCAR.

Para um programa de melhoramento em qualquer cultura, é de maior importância a seleção. Particularmente, em cana-de-açúcar, a seleção é praticada desde o primeiro ano em viveiro de campo entre as plântulas obtidas dos cruzamentos. A seleção entre os clones é repetida por anos sucessivos até a fase de experimentação em vários locais (Usinas) que representam a área canavieira da região, avaliando-se assim a capacidade produtiva daqueles promissores a se tornarem variedades comerciais.

Nos estágios preliminares, a seleção é feita tendo em vista as características morfológicas desejáveis, resistência a pragas e doenças, e brix refratométrico de campo, pela comparação dos clones com uma ou mais variedades "padrões". Em geral o padrão ou padrões, são variedades bem estabelecidas e de boa produção que predominam o cultivo na região. É importante também, que uma variedade padrão além de alta produtividade, apresente uma boa estabilidade sobre ampla região, a fim de que possa ser tomada como referência nos diversos estágios de seleção num programa de melhoramento de cunho regional.

O comportamento dos genótipos em relação com o ambiente, tem merecido especial atenção por parte dos melhoristas. A interação entre genótipos e ambientes interfere com a correta avaliação dos processos de seleção e com os resultados da mesma.

Diversos autores tem definido o termo "estabilidade de pro-

dução" de variedades de plantas cultivadas sob maneiras diferentes. Geralmente uma variedade é considerada estável se apresenta pequenas variações no seu comportamento geral, quando cultivada sob condições variadas de ambientes. Recentemente, *FINLAY e WILKINSON (1963)* definiram "estabilidade média" de uma forma dinâmica, para caracterizar uma variedade cuja produção varia de acordo com a capacidade dos ambientes em proporcionar altas ou baixas produtividades. Para o melhorista de plantas é de grande interesse o conceito de estabilidade de produção, no sentido de obter variedades que se comportem bem não somente em um ambiente particular, mas também sob diferentes condições de ambientes.

Em função da variabilidade ecológica do Estado de Alagoas, o presente trabalho tem como objetivo: mensurar a magnitude da variância fenotípica das variedades Co 331 e CB 45-3 mais plantadas neste Estado e consideradas como padrões no programa de melhoramento em comparação com outras variedades introduzidas e testadas anteriormente; a magnitude da variância fenotípica individual de cada padrão; a magnitude da variância fenotípica da média dos dois padrões; e finalmente investigar a possibilidade de modificação no método comparativo de seleção.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Os melhoristas de cana-de-açúcar procuram nos programas de melhoramento, realizar ensaios de competição incluindo clones promissores do programa e de outras regiões. Estes ensaios são normalmente realizados em vários anos e locais. Apesar dos dados assim obtidos, permitirem um estudo de estabilidade, isso normalmente não é realizado. Em vista disto, nesta revisão serão apresentadas algumas metodologias utilizadas para medir a estabilidade de um dado genótipo, com maior ênfase àqueles poucos trabalhos realizados em cana-de-açúcar.

Várias são as metodologias empregadas para medir a estabilidade de um genótipo. OLIVEIRA (1976), cita que o método mais antigo, consiste na análise conjunta da variância de uma série de experimentos instalados em vários anos e locais. Além dos efeitos isolados de variedades, locais e anos, são estudados os efeitos das interações variedades x locais, variedades x anos, locais x anos e variedades x locais x anos, de maneira a proporcionar estimativas das magnitudes de suas variâncias. Considerando as combinações de locais e anos por ambientes, a variação de ambientes

dentro de cada variedade é uma medida da estabilidade da variedade. A variedade que apresentar a menor variação, estimada pelo quadrado médio de ambientes dentro de variedade é considerada a mais estável. *YATES e COCHRAN (1938)*, sugerem a decomposição da interação variedades x ambientes, e para cada variedade determina-se uma regressão linear da produção em relação à média de produção de todas as variedades em cada ambiente. Uma equação de regressão é ajustada para cada variedade que representada em um gráfico de eixos cartesianos, mostrará o comportamento individual de cada variedade sob o efeito dos diferentes ambientes.

Outro método para medir a estabilidade, foi apresentado por *PLAISTED e PETERSON (1959)*. Neste método, eles consideram os resultados de um ano, e o primeiro passo é uma análise conjunta da variância de todas as variedades e todos os locais. Sendo a interação variedades x locais significativa, realiza-se análise conjunta da variância do conjunto de todos os anos para cada combinação de variedades duas a duas. Com m variedades são necessárias $m(m - 1)/2$ análises. O conjunto de análises fornece uma estimativa da componente de variância da interação variedades x locais (σ_{v1}^2) para cada par de variedades. Calcula-se, assim a média aritmética das estimativas de σ_{v1}^2 para cada variedade. A variedade que apresentar o menor valor médio, é a que contribui menos para as interações variedades x locais e é considerada a mais estável.

"Ecovalência" (valência ecológica), é um parâmetro de estabilidade definido por Wricke e citado por *OLIVEIRA (1976)*. A ecovalência é uma medida da avaliação das oscilações de rendimentos sob variadas condições de ambientes.

X *FINLAY e WILKINSON (1963)*, introduziram o método para comparar a "performance" de um conjunto de variedades em vários ambientes, que se baseia na análise simples de regressão. O coeficiente de regressão é estimado através de duas variáveis, índice de ambiente (variável independente) e a produção individual média de cada variedade em cada ambiente (variável dependente). A estabilidade é determinada pelo coeficiente de regressão e a produção média da variedade sob todos os ambientes. A estabilidade absoluta é expressada por $b = 0$. Um coeficiente de regressão alto está associado com a variedade fenotipicamente instável. Coeficiente de regressão próximo de 1,0 indica que a variedade tem estabilidade média sobre todos os ambientes. (*KNIGHT (1970)*, aplicando este método em *Dactylis glomerata*, faz restrições ao mesmo quanto as transformações para tornar linear uma resposta genotípica.) O método de *EBERHART e RUSSEL (1966)*, segue os mesmos princípios do de Finlay e Wilkinson, porém os parâmetros de estabilidade para cada variedade, são o coeficiente de regressão e o quadrado médio dos desvios da regressão. Os autores consideram uma variedade estável, aquela que apresenta coeficiente de regressão 1,0 e desvios da regressão zero.

TAI (1971), descreve um método semelhante ao de Eberhart e Russel, no qual, tenta-se determinar a resposta linear da variedade para os efeitos ambientais. Este método engloba uma extensão do modelo matemático convencional para a análise da variância e estima o potencial do genótipo da variedade para estabilização na "performance" quando variam os ambientes. Considera dois parâmetros, definidos com α_1 e λ_1 , sendo α_1 estimado pela covariância entre efeitos de ambientes e efeitos da interação va

riedades x ambientes dividida pela variância dos efeitos ambientais, e λ_1 estimado pela razão entre a variância dos desvios da resposta linear e a variância do erro associada com os efeitos da interação variedades x ambientes. Neste processo, uma variedade é considerada estável quando $\alpha = -1$ $\lambda = 1$, e como estabilidade média $\alpha = 0$ e $\lambda = 1$.

Trabalhos tem sido feitos no intuito de comparar as respostas apresentadas pelos diferentes métodos para medir a estabilidade de genótipos. Os métodos de Finlay e Wilkinson, Eberhart e Russel, Bucio Alanis, Bucio Alanis e Hill, e Perkins e Jinks, foram testados por *KALTSIKES e LARTER (1970)*, em trigo. Os autores relatam que qualquer um desses métodos pode ser utilizado na seleção para estabilidade. *OLIVEIRA (1976)*, realizou um estudo comparativo entre os métodos anteriormente apresentados, sobre resultados experimentais obtidos no "Ensaio Nacional de Milho", nos anos agrícolas de 1972/73 e 1973/74. Conclui o autor que de uma maneira geral houve concordância entre os resultados obtidos com os diferentes métodos. Ressalta também, que os métodos de Finlay e Wilkinson, e Eberhart e Russel, parecem fornecer maiores informações, desde que, forneçam informações a respeito do comportamento dos genótipos para cada ambiente, através do ajustamento da equação de regressão, e além de estimarem estabilidade absoluta estimam a estabilidade média, que é a estabilidade sob uma forma dinâmica.

Apesar destes métodos serem amplamente utilizados para medir a estabilidade em um grande número de culturas, para a cana-de-açúcar, as poucas referências encontradas referem-se a aplicação dos métodos de Finlay e Wilkinson, e Eberhart e Russel. *POLLOCK (1975)*, medindo a estabi

lidade de três variedades padrões na Austrália, concluiu que será preferível selecionar clones em experimentos com repetições, pela comparação com a média das três variedades padrões, tendo em vista a sua maior estabilidade. *MARIOTTI et alii (1976)*, em Tucumán - Argentina, menciona que as respostas dos genótipos aos ambientes tendem a ser lineares mesmo com coeficientes de regressão baixos. Conclui ainda que um particular experimento e a idade da colheita tem uma importante influência em determinar a natureza das respostas, que a produção de cana e açúcar são independentes dos coeficientes de regressão, porém estão positivamente associadas a estabilidade. *RUSCHEL (1977)*, no Brasil, utilizando dados de toneladas de cana por hectare da primeira colheita dos experimentos conduzidos pela Estação Experimental de Campos (MA) nos anos de 1956/57, 1964 e 1970 na região norte fluminense, relata que apesar de a variedade CB 45-3 apresentar nível ótimo de estabilidade, é mais válido utilizar a média das variedades CB 45-3 e CB 56-20 como padrão na seleção de clones do programa de melhoramento regional, desde que, esta apresentou maior estabilidade, e a superioridade da mesma sobre as produções individuais da variedade CB 45-3.

Como se observa, são realmente poucas as informações a respeito da estabilidade em cana-de-açúcar. Convém nesta oportunidade ressaltar a importância deste parâmetro, o qual, sem dúvida alguma auxiliará nas decisões a serem tomadas em um programa de melhoramento desta cultura. *SKINNER (1971)*, relata que quando clones de cana são selecionados em uma localidade, a eficiência da seleção decresce se a interação clone x ambiente é grande. Estudando o efeito do ambiente na seleção clonal, *MARIOTTI (1974)* cita, que diferentes ambientes afetam notavelmente as médias, va-

riâncias e grau de determinação genética para a maioria dos caracteres estudados. O método mais antigo citado por *OLIVEIRA (1976)*, apesar de ser menos detalhado tem a vantagem de ser menos exigente em termos de delineamento experimental em comparação com os criados posteriormente. Em função dessa menor exigência ele pode ser utilizado para um maior número de condições.

4. MATERIAL

Para o presente trabalho foram utilizados os resultados de rendimento agrícola em TCH (toneladas de cana por hectare) da primeira colheita, obtidos dos experimentos de competição de variedades lançados em blocos ao acaso pela (EECAA) em diversos anos (1966 a 1973) e locais na região canavieira do Estado de Alagoas. Experimentos de competição de variedades e clones são conduzidos anualmente no maior número possível de locais, tendo por finalidade a comparação de rendimento agrícola e industrial, e outros atributos, de variedades introduzidas de outras regiões ou países, clones promissores do programa de melhoramento regional, com variedades em cultivo comercial consideradas como padrões. As variedades Co 331 e CB 45-3, foram tomadas neste estudo como padrão 1 e padrão 2 respectivamente.

O local, ano, número de repetições, número de tratamentos (variedades), número de graus de liberdade do erro e o quadrado médio do erro, dos experimentos utilizados neste estudo são apresentados na Tabela 1. Na Tabela 2, estão relacionadas as variedades que participaram nos ex-

perimentos e os seus respectivos progenitores.

Tabela 1. Locais, anos, número de repetições, número de tratamentos (variedades), número de graus de liberdade do resíduo e quadrado médio residual dos experimentos instalados na região canavieira do Estado de Alagoas pela EECAA.

Local (Usina)	Ano	Nº		G.L.R.	Q.M.R.
		Rep.	Trat.		
Utinga Leão	1966	6	4	15	65,625
João de Deus	1967	6	5	20	32,516
Sinimbú	1967	5	6	20	31,794
Bititinga	1967	5	6	20	78,414
Sta. Clotilde	1967	6	8	35	79,058
Sta. Clotilde	1967	6	8	35	129,183
Sta. Clotilde	1967	6	8	35	103,697
Sta. Clotilde	1967	6	8	28	301,234
Pôrto Rico Velha	1968	4	5	12	45,975
Utinga Leão	1968	6	4	15	85,721
Terra Nova	1969	4	7	15	57,043
Conceição do Peixe	1970	7	7	36	130,990
Coruripe	1970	8	6	35	103,880
Sto. Antonio	1970	7	6	30	70,360
Laginha	1970	6	8	34	53,950
Camaragibe	1970	6	7	28	215,420
São Simeão	1970	7	6	30	43,240
São Simeão	1972	6	8	35	32,735
Utinga Leão	1972	6	8	35	65,449
Pôrto Rico Nova	1973	4	16	45	113,388
Coruripe	1973	3	16	30	78,973
São Simeão	1973	4	12	33	11,768
Triunfo	1973	3	16	30	82,291

Tabela 2. Variedades que participaram nos experimentos realizados pela EECAA no período de 1966 a 1973 e os seus respectivos progenitores.

Variedades	Progenitores
B34104	Co 281 x BH 10/12
B4362	B 37161 x POJ 2878
CB33-61	POJ 2878 (PL)
CB40-13	POJ 2878 x Co 290
CB40-69	POJ 2878 x Co 290
CB41-42	?
CB41-46	?
CB41-64	?
CB41-81	?
CB41-115	?
CB45-3*	Co 290 x Co 331
CB45-27	M 28 x Co 331
CB45-155	Co 413 x ?
CB47-15	POJ 2947 x ?
CB47-89	POJ 2947 x ?
CB49-134	CB 40-7 x ?
CB52-5	CB 36-24 (PL)
CB56-20	AZUL x ?
CG12-745	Co 281 x POJ 2878
Co331*	Co 213 x Co 214
Co419	POJ 2878 x Co 290
Co421	POJ 2878 x Co 285
CP51-22	F 36-819 x CP 33-372
CP52-70	CP 43-64 x CP 43-74
H44-3098	H 32-8560 x ?
IAC50-134	Co 419 x Co 285
IANE51-17	Co 419 x Co 331
PR980	Co 281 x POJ 2878

* Variedades padrões

Obs: (PL) Polinização Livre

Origem das variedades

- B - Barbados
- CB - Estação Experimental de Campos, Brasil
- CG - Casa Grande, Peru
- Co - Coimbatore, India
- CP - Canal Point, Florida, USA
- H - Hawaii
- IAC - Instituto Agronômico de Campinas, Brasil
- IANE - Instituto Agronômico do Nordeste, Brasil
- PR - Puerto Rico (Rio Piedras Insular Experiment Station).

Todos os 23 experimentos que forneceram os dados para a realização deste trabalho, receberam adubação de NPK, sendo o Fósforo aplicado todo em fundação e o Nitrogênio e Potássio, 50% na fundação e 50% três meses após o plantio. O número de repetições, variou entre os experimentos de 3 a 8, como também, o número de tratamentos (variedades) de 4 a 16. A área das parcelas variou em função do comprimento do sulco (8,00 a 12,00 m), espaçamento entre sulcos (1,00 a 1,50 m) e número de sulcos (6 a 8).

Para obtenção dos dados, foram colhidos os quatro sulcos centrais de cada parcela que correspondeu à área útil, considerando os sulcos restantes de cada parcela como bordadura. O peso da cana obtido em cada área útil da parcela foi transformado em TCH. A idade da colheita variou de 12 a 18 meses entre os experimentos.

Na Figura I, encontra-se a situação geográfica da região canavieira do Estado de Alagoas com a localização das usinas onde foram realizados os experimentos.

Figura I. Situação geográfica da região canavieira do Estado de Alagoas e as usinas onde foram instalados os experimentos.

5. MÉTODOS

5.1. Análise conjunta de um genótipo

Conforme foi apresentado na Tabela 1, os experimentos que forneceram os dados para a realização deste trabalho, tiveram números variáveis de repetições e de tratamentos (variedades), impossibilitando a realização de uma análise conjunta dos mesmos, que estabelecesse os parâmetros de estabilidade de acordo com os modelos preconizados por *FINLAY e WILKINSON (1963)*, *EBERHART e RUSSEL (1966)*, entre outros.

Para detectar a magnitude da variância fenotípica de um padrão ou variedade, foram agrupados os experimentos nos quais um determinado padrão ocorria juntamente com uma variedade. Em alguns grupos formados, foram tomados experimentos instalados na mesma usina, porém em locais diferentes. Um ambiente aqui considerado é representado pelo local e ano de instalação do experimento. De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, observa-se que foram formados 25 pares, ou seja, 12 com o padrão Co 331 e 13 com o padrão CB 45-3.

Tabela 3. Número de experimentos em que cada variedade foi ensaiada juntamente com os padrões e o total de pares com cada um deles.

Variedades / Padrões	Número de experimentos envolvidos	
	Co331	CB45-3
B4362	7	6
B34104	3	2
CB33-61	3	2
CB41-42	-	2
CB45-27	4	2
CB45-155	13	13
CB52-5	4	4
CB56-20	8	8
Co419	7	6
CP51-22	12	9
H44-3098	8	9
IAC50-134	7	7
PR980	4	4
Total de pares	12	13

A variância fenotípica entre ambientes para cada um dos genótipos, padrão ou variedade, estes formados pela combinação local e ano, indicará o comportamento do genótipo, ou seja, a sua variabilidade sobre os ambientes estudados. O confronto entre a variância fenotípica do padrão com a variância fenotípica da variedade que forma o referido par, tem por finalidade mostrar qual dos dois genótipos foi o mais variável. É, no entanto, conveniente ressaltar, que espera-se um comportamento menos variável dos padrões, tendo em vista, que os mesmos vem sendo largamente cultivados e apresentam, portanto, uma certa adaptação.

Para cada par de variedade com um padrão foi feita uma análise da variância separadamente, para cada membro do par, considerando o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = m + b_{j(i)} + g_k + a_i + (ga)_{ik} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} : comportamento de um genótipo k no bloco j dentro do ambiente i;

m : valor fenotípico médio;

$b_{j(i)}$: efeito do bloco j dentro do ambiente i;

j = 1, 2,, r_i ;

i = 1, 2,, n ;

g_k : efeito fixo do genótipo k;

k = 1;

a_i : efeito ambiental aleatório representativo da iésima região canavieira do Estado de Alagoas (i=1,2, ...n);

$(ga)_{ik}$: efeito da interação do genótipo k, padrão ou variedade, com o ambiente i;

e_{ijk} : erro entre parcelas.

De acordo com o modelo matemático apresentado, estabeleceu-se o esquema da análise da variância com as respectivas esperanças dos quadrados médios, mostrado na Tabela 4.

Tabela 4. Esquema de análise da variância e esperanças dos quadrados médios para cada genótipo num dado par, ensaiado em n ambientes.

F.V.	G.L.	Q.M.	E(Q.M.) $\overset{\text{fixo}}{\downarrow}$
Ambientes	GL_1	Q_1	$\sigma_e^2 + \sigma_b^2 + \bar{R}(\sigma_{ga}^2 + \sigma_a^2)$
Repetições/Ambientes	GL_2	Q_2	$\sigma_e^2 + \sigma_b^2$
Resíduo Médio	GL_3	Q_3	σ_e^2

$$GL_1 = n - 1;$$

$$GL_2 = \sum_i^n (r_i - 1)$$

$$GL_3 = \sum_i^n (t_i - 1)(r_i - 1)$$

r_i, t_i : n° de repetições e tratamentos no ensaio realizado no ambiente i ;

$\bar{R}$: média dos valores r_i , calculada através da fórmula

$$\bar{R} = \frac{1}{n - 1} \left(\sum r_i - \frac{\sum r_i^2}{\sum r_i} \right)$$

conforme STEEL e TORRIE (1960) para número desigual de repetições.

Também,

$$Q_3 = \frac{\sum_i^n GLR_i \cdot QMR_i}{\sum_i^n GLR_i}$$

é a média ponderada dos quadrados médios residuais, tendo em vista os diferentes números de graus de liberdade do resíduo de cada experimento conforme mostrado na Tabela 1. O mesmo quadrado médio Q_3 foi tomado para o padrão e a variedade correspondente em cada par, desde que os dados foram tirados dos mesmos experimentos;

GLR_i, QMR_i : número de graus de liberdade e quadrado médio do resíduo no ambiente i ;

$Q_3 = \bar{\sigma}_e^2$: média dos quadrados médios residuais.

A partir desta análise tem-se:

$$(\hat{\sigma}_{ga}^2 + \hat{\sigma}_a^2) = \frac{Q_1 - Q_2}{\bar{R}}$$

como a estimativa da componente da variância apresentada pelo genótipo k . Como pode-se observar, por estar envolvido apenas um genótipo, em cada grupo de experimentos, não é possível isolar a variância da interação genótipo x ambiente (σ_{ga}^2) da variância entre ambientes (σ_a^2).

Ainda,

$$\hat{\sigma}_b^2 = Q_2 - Q_3$$

é a estimativa da variância entre repetições dentro de ambientes.

Com as estimativas das componentes da variância apresentadas anteriormente, estimou-se a variância fenotípica ($\hat{\sigma}_T^2$) de um genótipo (padrão ou variedade) pela expressão:

$$\hat{\sigma}_T^2 = \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_b^2 + (\hat{\sigma}_{ga}^2 + \hat{\sigma}_a^2)$$

A estimativa da variância de uma variedade foi expressa em

percentagem da variância fenotípica do padrão pela fórmula $\frac{\hat{\sigma}_{TV}^2 \cdot 100}{\hat{\sigma}_{TP}^2}$, sendo $(\hat{\sigma}_{TV}^2)$ a estimativa da variância fenotípica de uma variedade e $(\hat{\sigma}_{TP}^2)$ a estimativa fenotípica do padrão.

Para estimar a variância fenotípica média de um padrão e a variância fenotípica médias das variedades que formaram os diferentes pares de grupos de experimentos, ou seja, 12 pares com o padrão Co 331 e 13 pares com o padrão CB 45-3, foi calculada a média ponderada das respectivas estimativas da variância fenotípica. Para isto, foi calculado o número de graus de liberdade para cada estimativa da variância fenotípica, usando-se a expressão da Satterthwaite relatada por *PIMENTEL GOMES (1973)*

Considerando o esquema da Tabela 4, tem-se:

$$GL_k = \frac{(\hat{\sigma}_T^2)^2}{\frac{(Q_2)^2}{GL_2} + \frac{(\frac{Q_1}{\bar{R}})^2}{GL_1} + \frac{(\frac{Q_2}{\bar{R}})^2}{GL_2}}$$

como o número de graus de liberdade da estimativa da variância fenotípica do genótipo k em cada grupo de experimentos.

A estimativa da variância fenotípica média das variedades $(\hat{\sigma}_V^2)$ foi obtida em percentagem da estimativa da variância fenotípica média do padrão $(\hat{\sigma}_p^2)$ através do quociente

$$\frac{\hat{\sigma}_V^2}{\hat{\sigma}_p^2} \cdot 100$$

5.2. Análise envolvendo os dois padrões

Com a finalidade de estimar a variância fenotípica da média dos dois padrões, bem como a variância devida à interação de padrões com ambientes foram realizadas análises conforme descrito a seguir.

Em dezoito experimentos os padrões ocorreram juntos o que possibilitou uma análise conforme esquematizado na Tabela 5. Esta foi baseada na média dos dois padrões em cada repetição. Pela esperança dos quadrados médios, dados nesta tabela, pode-se observar que, aparecem divididas por dois tanto o componente $\hat{\sigma}_e^2$ como o devido à interação $\hat{\sigma}_{pa}^2$.

A variância fenotípica da média dos dois padrões passa a ser estimada por:

$$\hat{\sigma}_{TM}^2 = \frac{\hat{\sigma}_e^2}{2} + \hat{\sigma}_b^2 + \frac{\hat{\sigma}_{pa}^2}{2} + \hat{\sigma}_a^2 = Q_5 + \frac{Q_4 - Q_5}{\bar{R}}$$

A fim de verificar quanto a média dos dois padrões é mais estável, para fins de seleção, do que os dados de um padrão só, computaram-se os quocientes $\frac{\hat{\sigma}_{TP1}^2}{\hat{\sigma}_{TM}^2} \cdot 100$ e $\frac{\hat{\sigma}_{TP2}^2}{\hat{\sigma}_{TM}^2} \cdot 100$ para os padrões 1 e 2, respectivamente.

A componente da variância devida à interação de padrões com ambientes por sua vez foi estimada por

$$\hat{\sigma}_{pa}^2 = \frac{Q_{11} + Q_{12} - 2Q_4 - Q_3}{\bar{R}}$$

Sendo Q_{11} e Q_{12} o quadrado médio entre ambientes para os padrões 1 e 2, os quais pertencem às análises feitas para cada padrão, nos

18 ambientes, conforme a Tabela 4. O significado dos quadrados médios Q_3 e Q_4 é dado pelas Tabelas 4 e 5.

Visto que a utilização de um padrão deve levar em conta, não só sua estabilidade, como também sua produtividade, realizou-se uma análise da variância dos dezoito experimentos, com o fim de testar a diferença entre as médias dos dois padrões, com relação ao carater em estudo. A referida análise também forneceu o nível de significancia do quadrado médio da interação padrões por ambientes. O processo de análise é o sugerido por Yates, segundo *STEEL e TORRIE (1960)*, e apropriado para tabelas do tipo $r \times 2$, com número desigual de dados por casela. Nele, além dos quadrados médios dos efeitos principais (no caso padrões e ambientes) e da interação entre ambos, inclui-se um referente ao erro experimental. Este, no caso correspondeu ao quadrado médio residual médio; dos 18 experimentos. Tendo em vista a heterogeneidade destes últimos, o número de graus de liberdade do resíduo médio foi ajustado pela expressão de Satterthwaite, segundo *PI-MENTEL GOMES (1973)*.

Tabela 5. Esquema da análise conjunta da variância da média dos dois padrões e as respectivas esperanças dos quadrados médios.

F.V.	G.L.	Q.M.	E(Q.M.)
Ambientes	GL ₄	Q ₄	$\frac{\sigma_e^2}{2} + \sigma_b^2 + \bar{R}(\frac{\sigma_{pa}^2}{2} + \sigma_a^2)$
Repetições/Ambientes	GL ₅	Q ₅	$\frac{\sigma_e^2}{2} + \sigma_b^2$
Resíduo Médio	GL ₆	Q ₆	$\frac{\sigma_e^2}{2}$

pa : estimativa da variância da interação padrões x ambientes;

$$GL_4 = 17;$$

$$GL_5 = \sum_{i=1}^{18} (r_i - 1);$$

$$GL_6 = \sum_{i=1}^{18} (t_i - 1)(r_i - 1).$$

5.3. Modelos relacionados com a seleção de variedades

Como a seleção se baseia na comparação de médias de variedades com a de padrões, consideraram-se os seguintes modelos com a finalidade de obter a variância de contrastes envolvidos na seleção.

Média de um padrão num dado experimento

$$\bar{Y}_{kij} = m + a_i + p_k + (pa)_{ik} + \bar{b} \cdot (i) + \frac{\sum_j e_{kij}}{r}$$

m : média geral;

a_i : efeito do ambiente i; i = 1, 2 ... n;

p_k : efeito do genótipo do padrão k; $k = 1, 2$;

$(pa)_{ik}$: efeito da interação do padrão k com o ambiente i;

$\bar{b} \cdot (i)$: efeito médio dos blocos dentro do ambiente i;

$\frac{\sum_j e_{kij}}{r}$: média dos erros entre parcelas para o padrão k, no ambiente i;

$j = 1, 2, \dots, r$;

r : número de repetições.

A média de uma variedade ou clone é representada por

$$\bar{Y}_{k'ij} = m + a_i + v_{k'} + (va)_{ik'} + \bar{b} \cdot (i) + \frac{\sum_j e_{k'ij}}{r}$$

m : média geral;

a_i : efeito do ambiente i; $i = 1, 2, \dots, n$;

$v_{k'}$: efeito do genótipo da variedade ou clone k' ;

$\bar{b} \cdot (i)$: efeito médio dos blocos, dentro do ambiente i;

$\frac{\sum_j e_{k'ij}}{r}$: média dos erros entre parcelas para a variedade ou clone k' , no ambiente i;

$j = 1, 2, \dots, r$;

r : número de repetições.

A estimativa do contraste entre a média do padrão e a média da variedade ou clone no ambiente i, corresponde a

$$\hat{Y}_i = (\hat{p}_k - \hat{v}_{k'}) + [(\hat{pa})_{ik} - (\hat{va})_{ik'}] + \left(\frac{\sum_j \hat{e}_{kij}}{r} - \frac{\sum_j \hat{e}_{k'ij}}{r} \right)$$

Como nos estágios preliminares, a seleção é feita sem o uso

de repetições, temos neste caso $r = 1$, e a expressão anterior se transforma na seguinte:

$$\hat{Y} = (\hat{p}_k - \hat{v}_k) + [(\hat{p}a)_{ik} - (\hat{v}a)_{ik}] + (\hat{e}_{kij} - \hat{e}_{k'ij})$$

Considerando como fixa a diferença entre o genótipo do padrão e o genótipo da variedade ou clone, a estimativa da variância de $\hat{Y}_i$ equivale a:

$$\hat{\sigma}^2(\hat{Y}_i) = (\hat{\sigma}_{pa}^2 + \hat{\sigma}_{va}^2) + (\hat{\sigma}_{ep}^2 + \hat{\sigma}_{ev}^2), \quad \text{sendo}$$

$\hat{\sigma}_{pa}^2, \hat{\sigma}_{va}^2$: estimativas da variância da interação padrão x ambientes e variedade x ambientes;

$\hat{\sigma}_{ep}^2, \hat{\sigma}_{ev}^2$: estimativas da variância do erro entre parcelas para o padrão e variedade.

Nesta estimativa da variância, $\hat{\sigma}^2(\hat{Y}_i)$, as componentes $\hat{\sigma}_{pa}^2$ e $\hat{\sigma}_{ep}^2$, evidentemente, são devidas ao padrão utilizado.

Considerando que o padrão seja ensaiado em duas parcelas, em cada bloco, a variância do contraste em pauta passa a ser estimado por

$$\hat{\sigma}^2(\hat{Y}_1) = (\hat{\sigma}_{pa}^2 + \hat{\sigma}_{va}^2) + \left(\frac{\hat{\sigma}_{ep}^2}{2} + \hat{\sigma}_{ev}^2 \right)$$

Agora o padrão contribui com $\hat{\sigma}_{pa}^2 + \frac{\hat{\sigma}_{ep}^2}{2}$ na referida estimativa da variância.

Admitindo-se que o contraste seja feito entre a média de dois padrões e a média de uma variedade ou clone, com uma repetição para cada padrão, a estimativa do contraste é:

$$\hat{\bar{Y}}_i = \left[\frac{(\hat{p}_1 + \hat{p}_2)}{2} - v_{k'} \right] + \left[\frac{(\hat{pa})_{i1} + (\hat{pa})_{i2}}{2} - (\hat{va})_{ik'} \right] + \\ + \left[\frac{(\hat{e}_{1ij} + \hat{e}_{2ij})}{2} - \hat{e}_{k'ij} \right], \text{ sendo}$$

$\frac{p_1 + p_2}{2}$: média dos genótipos dos padrões;

$\frac{(pa)_{i1} + (pa)_{i2}}{2}$: média das interações dos padrões com o ambiente i ;

$\frac{e_{1ij} + e_{2ij}}{2}$: média dos erros entre parcelas para os padrões 1 e 2;

$j = 1.$

A estimativa da variância do contraste anteriormente apresentado, considerando-se como fixa a diferença entre a média dos genótipos dos padrões e a média do genótipo de uma variedade ou clone, corresponde a

$$\hat{\sigma}^2(\hat{\bar{Y}}_i) = \frac{\hat{\sigma}_{pa}^2}{2} + \frac{\hat{\sigma}_{ep}^2}{2} + \hat{\sigma}_{va}^2 + \hat{\sigma}_{ev}^2$$

Com o emprego da média de dois padrões diferentes os padrões agora contribuem com a metade da variância devido à sua interação com os ambientes e igualmente com metade da variância devido ao erro entre parcelas.

Fica evidente pelo exposto que se procurou verificar, quanto se pode aumentar a precisão dos contrastes a. usando-se o mesmo padrão repetido duas vezes em cada lote de seleção, b. usando-se a média de dois

padrões diferentes como ponto de referência para o julgamento das variedades ou clones.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Análise da variância dos diferentes pares de grupos de experimentos com o padrão Co 331 e CB 45-3, e as respectivas variedades

O resumo da análise da variância para os diferentes pares de grupos de experimentos com o padrão Co 331 encontra-se na Tabela 6 e com o padrão CB 45-3 na Tabela 7. São apresentadas também: a magnitude relativa dos respectivos componentes da variância devida à interação genótipo x ambientes mais a de ambientes, repetições dentro de ambientes, e ao resíduo médio, e as médias de produção do padrão e das variedades envolvidas. Os experimentos que forneceram os dados para estas análises tiveram coeficientes de variação na sua maioria baixos, variando de 7,0 a 30,0% com uma média de 11,7%.

Como se observa nas Tabelas 6 e 7, os números de graus de liberdade são iguais para cada par do padrão com a variedade, visto tratar-se dos mesmos experimentos analisados.

A importância relativa dos componentes da variância é indi-

Tabela 6. Resumo das análises conjunta de variância dos diferentes pares de grupos de experimentos formados com o padrão Co31 e as respectivas variedades. Média geral e magnitude relativas dos componentes da variância, para os dados obtidos dos experimentos instalados pela Estação Experimental de Cana-de-Açúcar em diversos anos (1966 a 1973) e locais na Região canavieira de Alagoas.

Q.M.		 

* As estimativas de componentes da variância que apresentarem valores negativos, foram substituídas por zero.

cada pelas suas magnitudes com relação à variância fenotípica. Para o padrão Co331 e as variedades que formaram os diferentes pares com o mesmo , observa-se na Tabela 6 que a maior magnitude foi devida à interação genótipo x ambiente mais ambientes, variando de 24,46 a 89,35%. A magnitude relativa da estimativa da variância entre repetições dentro de ambientes, foi de natureza negativa para o padrão Co331 em 50% dos pares formados e em 25% das variedades analisadas. Apenas para a variedade Co419, ela mostrou-se superior à magnitude relativa da variância do erro. Nos demais casos, esta foi de menor importância oscilando de 0,00 a 32,04%. A magnitude relativa da estimativa da variância do erro, apresentou-se em segundo lugar, sendo que para o par formado pelo padrão Co331 com a variedade B34104 foi a de menor importância com 9,23 e 10,99% respectivamente, o mesmo ocorrendo com a variedade CB45-155 com 10,03%. Para os demais casos ela variou entre 15,61 a 50,97%.

Na Figura II, são mostradas, em forma de gráfico, as estimativas da variância fenotípica de cada variedade com o padrão Co331, para os diferentes pares formados. Observa-se que as variedades B4362, H44-3098, CB45-27, B34104 e CB33-61 foram menos variáveis do que o padrão Co331. Na Tabela 6, verifica-se que, entre elas, somente a variedade H44-3098 mostrou-se superior ao padrão Co331, sendo de 96,60 e 88,70 TCH as respectivas médias de produção.

A estimativa média da variância fenotípica das variedades envolvidas com o padrão Co331 foi 41,3% superior à estimativa média da variância fenotípica do referido padrão.

Figura II. Estimativas da variância fenotípica das variedades em porcentagem da estimativa da variância fenotípica do padrão Co331

Na Tabela 7, referente ao padrão CB45-3 e às variedades que formaram os diferentes pares do grupo de experimentos, verifica-se que a magnitude relativa da estimativa da variância da interação genótipo x ambientes mais a de ambientes, foi a de maior importância na maioria dos casos, variando de 0,00 a 95,06%. Sendo a segunda em importância para a variedade CP51-22 (30,98%) e para o padrão CB45-3 (23,05%) no par com a variedade B34104. Foi negativa para a variedade B34104 e para o padrão CB45-3 no par com a variedade CB45-27.

A magnitude relativa da estimativa de variância de repetições dentro de ambientes, apresentou-se como de menor importância, variando de 0,00 a 21,26%. Para o padrão CB45-3, ela foi negativa em 10 dos 13 pares formados, ocorrendo o mesmo com as variedades B4362, PR980, CB33-61 e CB41-42.

A magnitude relativa do erro, foi a principal causa da variância do padrão CB45-3 no par com a variedade CB45-27 e a terceira em relação a variedade Co419. Nos demais casos, tanto para o padrão CB45-3 como para as variedades envolvidas, foi a segunda em magnitude relativa da variância fenotípica, variando de 0,00 a 100,00%.

Na Figura III, são mostrados em forma de gráfico, as percentagens das estimativas da variância fenotípica das variedades que formaram os diferentes pares de grupo de experimentos com o padrão CB45-3 em relação à estimativa da variância fenotípica do mesmo.

Como observa-se na Figura III, o padrão CB45-3 apresentou-se mais variável do que as variedades que ocorreram juntas com ele em 8

Figura III. Estimativa da variância fenotípica das variedades em percentagem da estimativa da variância fenotípica do padrão CB45-3

parea dos 13 analisados. Verifica-se na Tabela 7, que destas variedades menos variáveis, apenas a variedade IAC50-134 teve produção superior ao padrão CB45-3 no referido par de grupo de experimento ou seja, 123,624 e 117,838 TCH respectivamente.

A estimativa média da variância fenotípica das variedades que formaram os diferentes pares de grupos de experimentos com o padrão CB45-3 mostrou-se 2,0% menos do que a estimativa média da variância fenotípica do padrão.

6.2. Análise da variância de cada padrão e da média dos dois

A análise conjunta de cada padrão forneceu pela esperança dos quadrados médios, as seguintes estimativas de componentes da variância; variância média do erro (σ_e^2), variância entre repetições dentro de ambientes (σ_b^2) e variância da interação padrões x ambientes mais a de ambientes ($\sigma_{pa}^2 + \sigma_a^2$). O resumo das análises da variância para cada padrão e para a média dos dois, é apresentado na Tabela 8, com as respectivas médias em TCH, as magnitudes relativas dos componentes da variância e a estimativa da variância fenotípica de cada padrão em percentagem sobre a estimativa da variância fenotípica da média dos padrões.

Verifica-se na Tabela 8, que os números de graus de liberdade e o quadrado médio do erro, foram iguais para o padrão Co331, para o padrão CB45-3 e para a média de ambos, pois os resultados analisados originaram-se dos mesmos experimentos.

Tabela 8. Resumo da análise da variância para os padrões Co331 e CB45-3, e da média dos mesmos (TCH) em 18 experimentos instalados na região canavieira do Estado de Alagoas no período de 1966 a 1973, as magnitudes relativas dos componentes da variância e a estimativa da variância em percentagem da estimativa da variância fenotípica da média dos padrões.

F.V.	G.L.	Q.M.		
		Co331	CB45-3	Média
Ambientes	17	1653,870	2136,701	1597,637
Repetições/Ambientes	79	80,820	80,650	44,629
Resíduo Médio	537	85,730	85,730	85,730
Média (TCH)		93,62	99,79	96,71
Componentes				
$\hat{\sigma}_T^2$		373,753	463,527	$\hat{\sigma}_{pa}^2$ 333,829
$(\hat{\sigma}_{pa}^2 + \hat{\sigma}_a^2)\%$		78,38	82,60	$\frac{\hat{\sigma}_{pa}^2}{2} \%:14,21$
				$\hat{\sigma}_a^2 \%:72,42$
$\hat{\sigma}_b\%$		-1,32	-1,09	$\hat{\sigma}_e^2$ 0,53
$\hat{\sigma}_e^2\%$		22,94	18,49	$\frac{\hat{\sigma}_e^2}{2} \%:12,84$
$\sigma_{TP}^2 \cdot 100/\sigma_{TM}^2$		112	139	100

TCH: Toneladas de Cana por Hectare.

A magnitude relativa da estimativa de variância da interação padrões x ambientes mais a de ambientes, que não foi possível isolar em

virtude da análise ter sido feita com apenas um genótipo, foi a que mais contribuiu para a variância fenotípica, tanto para o padrão Co331, com 78,38%, como para o padrão CB45-3, com 82,60%. Já para a análise conjunta da média dos padrões a estimativa de variância de interação padrões x ambientes foi isolada da estimativa de variância entre ambientes e como verifica-se na Tabela 8 ela ficou dividida por dois, contribuindo com 14,21 % para a estimativa de variância fenotípica da média. A magnitude relativa da estimativa de variância entre ambientes foi de maior importância para a média dos padrões com 72,42%.

A magnitude relativa da estimativa de variância entre repetições dentro de ambientes para ambos os padrões foi negativa e para a média dos dois contribui com apenas 0,53% da estimativa da variância fenotípica.

A magnitude relativa da estimativa da variância média do erro contribui com 22,94% para o padrão Co331 e com 18,49% para o padrão CB45-3. Para a análise conjunta da média dos dois padrões, esta ficou dividida por dois, contribuindo com apenas 12,84% da estimativa da variância fenotípica.

Na última linha da Tabela 8, a estimativa da variância fenotípica de cada padrão, está representada em percentagem da estimativa da variância fenotípica da média dos padrões. Verifica-se então, que o padrão Co331 foi mais variável em 12% e o padrão CB45-3 mais variável em 39%, do que a média dos dois, considerada como 100%. O fato de o padrão Co331 apresentar-se menos variável que o padrão CB45-3, foi em virtude do mesmo

provavelmente apresentar um maior poder homeostático, visto que, quando da realização dos experimentos aqui estudados, apresentava boa produtividade e ocupava 80% da área canavieira de Alagoas. O padrão Co331 foi sendo substituído gradativamente pelo padrão CB45-3 com maior produtividade média e mais aclimatado às diferentes condições ecológicas do Estado, o qual é atualmente considerado como padrão nos testes preliminares de seleção no programa regional de melhoramento.

6.3. Estimativas dos erros envolvidos no processo de seleção

Nos estágios preliminares de seleção no programa de melhoramento regional, a seleção é conduzida pela comparação do padrão com um clone, este sendo plantado com uma repetição nos campos de testes. Por este contraste considerado como fixo a diferença entre o genótipo do padrão e o genótipo da variedade ou clone, contribuem para o erro do contraste as variâncias das interações padrões x ambientes (σ_{pa}^2) mais variedade x ambientes (σ_{va}^2) e as variâncias dos erros para o padrão (σ_{ep}^2) mais a da variedade (σ_{ev}^2).

Com as estimativas das variâncias da interação padrões x ambientes (94,890) e do erro (85,730), e considerando-se os mesmos valores para a variedade, foi estimado o erro do contraste ($\pm 19,00$ TCH) que corresponde a 19,65% da média dos padrões. Como podemos observar a interação padrões x ambientes foi maior do que o erro, indicando que a diferença no comportamento dos padrões não é constante nos ambientes e sendo assim, muito variável no seu comportamento fenotípico dificultando a seleção. Para

minimizar este erro na seleção, o padrão ou padrões ideais serão aqueles que apresentem menor interação x ambientes, comportando-se mais estáveis frente as mudanças ambientais. Com esta magnitude de erro a pressão de seleção nos estágios preliminares deverá ser diminuída dando oportunidade a aqueles clones que estejam abaixo do padrão, a fim de não serem eliminados clones que no estágio seguinte de seleção venham a se revelar promissores, e deixando-se para os estágios finais de seleção, quando são feitos experimentos com repetições, aplicação de uma maior pressão seletiva. A seleção final de uma variedade ou clone a ser indicada comercialmente é feita com ensaios em vários locais e anos, e com várias repetições. O contraste ($\hat{Y}$) no qual a seleção é baseada passa ter a seguinte estimativa de variância:

$$\hat{\sigma}^2(\hat{Y}) = 2 \left[(\hat{\sigma}_{ga}^2)/A + \hat{\sigma}_e^2 / AR \right]$$

Utilizando-se as estimativas obtidas e considerando o número de ambiente (A) igual a 10, e o número de repetições (R) igual a 6, a estimativa do erro deste contraste foi de $\pm 4,70$ TCH que corresponde a 4,8% da média dos padrões. Este valor é evidentemente bem inferior ao estimado para os estágios preliminares, mesmo assim um erro de 4,8% indica que possivelmente a recomendação de variedades que são apenas superiores ao padrão não fornecem uma segurança suficiente. Uma segurança maior de recomendação obter-se-ia se fossem recomendadas variedades que sejam superiores ao padrão em pelo menos 10%.

Nestes estágios preliminares não se tomam dados referentes a produção agrícola (TCH), a seleção é feita de maneira indireta e visual, visando-se um aumento da mesma. Desde que os caracteres considerados na

seleção, tais como o número de colmos por touceira, o comprimento do colmo, o diâmetro do colmo, o brix refratométrico, etc., estão direta ou indiretamente correlacionados com a produção, e que são caracteres quantitativos cujos coeficientes de herdabilidade são de uma maneira geral de valores baixos a médios, dificultando a avaliação fenotípica empregada na seleção, admite-se que o erro com relação à TCH possa ocorrer nestes caracteres também.

Baseando no exposto anteriormente e utilizado o mesmo raciocínio, serão apresentadas inferências para minimizar o erro na seleção.

Admitindo-se que a seleção seja baseada na média de duas parcelas do padrão, ao invés de só uma, o contraste entre o comportamento do clone e a referida média passa a ter um erro de $\pm 17,84$ TCH ou seja, de 18,45%. Considerando que sejam utilizados os padrões Co331 e CB45-3 e tomada a sua média para efeito de comparação na seleção de um clone, o contraste dessa média com um clone, passa a ter seu erro estimado de $\pm 16,46$ ou 17,02% da média de produção.

6.4. Comparação dos resultados médios dos padrões Co 331 e CB45-3

Verifica-se na Tabela 8, que os resultados médios em TCH dos padrões nos 18 ambientes estudados da região canavieira de Alagoas, foi de 93,62 TCH para o padrão Co331 e de 99,79 TCH para o padrão CB45-3. A análise da variância realizada não detectou diferença significativa entre os mesmos, apesar de apresentarem resultados médios diferentes. No entanto, a interação PXA foi significativa ao nível de 1% indicando que os pa-

drões, um em relação ao outro, responderam diferentemente nos diversos locais e anos (18 ambientes) da região canavieira de Alagoas.

Tabela 9. Resumo da análise conjunta da variância para os resultados médios de produção dos padrões Co 331 e CB 45-3, em 18 ambientes da região canavieira do Estado de Alagoas, no período de 1966 a 1973.

F.V.	G.L. (1)	Q.M.	F
Padrões (P)	1	1829,790	3,08 ⁺
Ambientes (A)	17	3196,955	-
P X A	17	593,418	6,92**
Resíduo Médio	537	85,730	
	(339)		

(1) Entre parenteses está o número de graus de liberdade do resíduo médio ajustado para fins de teste F, em função da heterogeneidade entre os resíduos dos experimentos.

⁺ : $0,05 < P < 0,10$

7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, suportam as seguintes conclusões:

1. A magnitude relativa da estimativa da variância devida à interação genótipo x ambiente mais a de ambientes, foi a que mais contribuiu para a variância fenotípica dos padrões;
2. A magnitude relativa da estimativa da variância entre ambientes isolada da análise conjunta da média dos padrões, foi a que mais contribuiu para a variância fenotípica da média dos padrões;
3. Com relação aos requisitos que deve preencher um bom padrão, isto é, boa produtividade média e boa estabilidade, o padrão Co 331 apresentou-se mais estável, e o CB 45-3 mais produtivo. A maior estabilidade Co 331 indica que o mesmo não deva ser desprezado como tal e esta sua característica contribui para compensar a deficiência do padrão CB 45-3;
4. A escolha da média dos dois padrões para a comparação com variedades ou clones a serem selecionadas para o plantio comercial, dará maior efi-

ciência na seleção, tendo em vista, a sua maior estabilidade;

5. Há necessidade de estudos posteriores no sentido de encontrar um ou mais padrões que além de apresentarem boa produtividade média interajam menos com as regiões canavieiras de Alagoas;
6. Estudos posteriores possibilitarão dividir a área canavieira do Estado de Alagoas, em diferentes regiões ecológicas possibilitando um maior sucesso no programa de melhoramento regional.

8. SUMMARY

The objective of this study was to detect the variability of controls being used for the program of sugarcane improvement in the State of Alagoas when compared with other varieties previously tested. For that case, data of agricultural yield were taken from the first harvest in tons of cane per hectare (TCH). Those were obtained from the comparative experiments of varieties installed randomized complete from 1966 to 1973 in the sugarcane area of Alagoas. Co331 and CB45-3 were considered as control varieties..

Experiments consisted of pairs of groups where a control occurred together with a variety. These were considered for estimating the relative amount of the component of variance due to genotype x environment plus that of environments, the variance among replications within possible environments and the mean variance of error. It was not possible to isolate the variance due to genotype x environment interaction from the variance among environments. The estimative of the phenotypic variance of each variety was compared with the corresponding estimative of

the phenotypic variance of the respective control.

Eighteen experiments were grouped for the control varieties Co331 and CB45-3 where both occurred, making a combined analysis of variance of each control and an average of both. With expected value of the mean squares among environments, it was possible to estimate the component due to control x environment interaction isolated from the component due to environments. The estimative of the phenotypic variance of each control was compared with the phenotypic variance of the average of both.

By using a mathematical model including the mean of a control and a variety, the error of the contrast between them was estimated. This was done on the supposition that selection is done by comparing: 1) a control with a variety or clone without replications; 2) a control replicated twice; and 3) with an average of both controls. In any case, the effect of selections in the first stages of the regional program for sugarcane improvement, was under consideration.

The relative amount of the variance due to the genotype x environment interaction plus that due to the environments had more influence on the phenotypic variance of the varieties and controls with an average contribution of 69% to total variation. Varieties under study, varied 41.3% more than the control Co331 and 2% less than the control CB45-3. The relative amount of variance among environments had a greater contribution to the phenotypic variance of the control mean. The variation of individual controls were greater than the control mean; i.e.,

39% for CB45-3 and 12% for Co331, as compared to the control mean. Controls yielded 99.79 TCH and 93.62 TCH, on the average, respectively. There was a significant interaction of controls x environments showing that the difference between them is not consistent from one environment to another. The choice of the average of two controls for comparison with varieties or clones, to be indicated for commercial planting, is more effective for selection, because the relatively smaller interaction with environments, i.e., more stability for the sugarcane area of Alagoas.

The contrast between the mean of a control and the mean of a variety or clone without control replication, as it has been done in preliminary stages of visual selection showed an error of 19.65% in relation to the control yield averaged over environments. Replicating the control twice or using two controls and taking an average for comparison, showed a reduction of error variance; i.e., 18.45% and 17.02%, respectively, in relation to the mean yield.

In the final stages of selection, involving replicated trials over several environments, the contrast between the mean of a clone and a control showed an error of 4.8%. This indicates that the recommendation based on the superiority of varieties over a control within the range of the error does not represent satisfactorily a good margin for safety. It is suggested that more accurate recommendations can be done by choosing varieties producing at least 10% more than the control.

9. LITERATURA CITADA

ALLARD, R.W. 1960. *Principles of Plant Breeding*, John Wiley e Sons. Inc., New York, 485 p.

EBERHART, S.A. e W.A. RUSSEL. 1966. Stability Parameters for Comparing Varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.

FINLAY, K.W. e G.N. WILKINSON. 1963. The Analyses of Adaptation in a Plant-Breeding Programme. *Aust. of Agric. Res.* 14:742-754.

KALTSIKES, P.J. e E.N. LARTER. 1970. The Internaction of Genotype and Environment in Durum Wheat. *Euphytica* 19: 236-242.

KNIGHT, R. 1970. The Measurement and Interpretation of Genotype - Environment Interactions. *Euphytica* 19:226-235.

MARIOTTI, J.A. 1974. The Effect of Enrironments on the Effectiveness of Clonal Selection in Sugarcane. *Proc. ISSCT* 15:89-95.

- MARIOTTI, J.A.; E.S. OYARZABAL; J.M. OSA; A.N.R. BULACIO e G.H. ALMADA .
1976. Analises de Estabilidade y Adaptabilidade de Genotipos de Caña de Azucar. I. Interacciones Dentro de una Localidad Experimental. Rev. Agron. N.O. Argent. XIII (1-4):105-127.
- OLIVEIRA, A.C. 1976. Comparação de Alguns Métodos de Determinação da Estabilidade em Plantas Cultivadas. Brasília. Un. B., 64 p. (Dissertação de Mestrado).
- PIMENTEL GOMES, F. 1973. *Cursos de Estatística Experimental*. 5a. ed. São Paulo, Nobel, 430 p.
- PLAISTED, R.L. e L.C. PETERSON. 1959. A Techique for Evaluating the Ability of Selection to Yield Consistently in Different Locations and Searsons. American Potato Journal, 36: 381-385.
- POLLOCK, J.S. 1975. Selection Consequences of Differential Performance of Standard Clones Across Environments. Sugar Breeder's Newsletter 35: 36-41.
- RUSCHEL, R. 1977. Phenotypic Stability of Some Sugarcane Varieties (*Saccharum* spp.) in Brasil. (Apresentado ao INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 16., São Paulo).
- SKINNER, J.C. 1971. Selection in Sugarcane: a neview.. Proc. ISSCT 14: 149-162.
- STEEL, R.G.D. e J.H. TORRIE. 1960. *Principles and Procedures of Statistics*. New York, Mc Graw - Hill Book Company Inc. 481 p.

TAI, G.C.C. 1971. Genotypic Stability Analysis and Its Application to
Potato Regional Trials. Crop. Sci. 11:184-190.

YATES, F. e W.G. COCHRAN. 1938. The Analysis of Groups of Experiments.
Journal Agricultura Science. 28:556-580.