AVALIAÇÃO E COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA
ESTIMAR PRODUÇÕES DE PARCELAS EM ENSAIOS
COM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.)

FRANCISCO DAS CHAGAS ESTEVAM DA FONSECA
Engenheiro-Agrônomo

Orientador: Dr. Roberto Simionato Moraes

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Estatística e Experimentação Agronômica.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Maio, 1980

D E D I C O

A Jerônimo Vingt-m Rosado Maia

A Mário Bezerra Fernandes

Aos meus pais

Aos meus irmãos

À minha esposa

À minha filha

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Roberto Simionato Moraes, pela orientação segura e valiosa ajuda na realização deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Humberto de Campos, pelas sugestões apresentadas;

Ao Corpo Docente do Departamento de Matemática e Estatística da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelos ensinamentos recebidos;

À COPERSUCAR, pela cessão dos dados utilizados;

À ESAM, pela oportunidade de aperfeiçoamento;

Ao PICD, pela bolsa de estudos concedida;

Aos Engenheiros-Agrônomos Alexandre Reinaldo da Costa Lima, Humberto Coelho e Valdenir Queiroz Ribeiro, e demais colegas do Curso de Pós-Graduação em Estatística e Experimentação Agro-nômica;

Ao Prof. Henry Even Bajungo, pela versão, para o inglês, do resumo;

À Srta. Maria Izalina Ferreira Alves e ao Sr. Octávio Frassetto, pelos serviços de datilografia e impressão, respectivamente;

A todos que, direta ou indiretamente colaboraram com a realização do presente trabalho.

Í N D I C E

	Pág.
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
4. MATERIAL E MÉTODOS	9
4.1 - Material	9
4.2 - Métodos	10
4.2.1 - Métodos para estimar produções de parcelas..	10
4.2.2 - Análises de variância	12
4.2.2.1 - Análises individuais	12
4.2.2.2 - Análise conjunta	13
4.2.3 - Critérios usados na avaliação e comparação dos métodos descritos em 4.2.1	14
4.2.3.1 - Média geral	14
4.2.3.2 - Eficiência	14
4.2.3.3 - Coeficiente de variação	15
4.2.3.4 - Diferença mínima significativa ..	15
4.2.3.5 - Coeficiente de correlação de Pear- son	16
4.2.3.6 - Coeficiente de correlação de ordem de Spearman	17
4.2.3.7 - Teste t	17

	Pág.
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6. CONCLUSÕES	34
7. SUMMARY	35
8. LITERATURA CITADA	37

1. RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar e comparar diversos métodos para estimar produções de parcelas experimentais, em ensaios de competição de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.).

Os critérios usados na avaliação e comparação dos métodos foram: média geral, eficiência, coeficiente de variação, diferença mínima significativa, coeficiente de correlação de Pearson, coeficiente de correlação de ordem de Spearman e teste t.

Verificou-se ser inadequado utilizar-se apenas o coeficiente de variação como critério, conforme alguns autores fazem.

Observou-se ser desnecessário utilizar-se a diferença mínima significativa, visto que seu valor é inversamente proporcional à eficiência, devendo-se, então, utilizar-se este último, por

fornecer maior informação sobre o método.

O coeficiente de correlação de ordem de Spearman mostrou-se inadequado como critério para avaliar e comparar os diversos métodos.

Dentre os métodos pesquisados, o mais indicado foi: a produção da parcela é estimada multiplicando-se o peso médio por colmo (obtido de uma amostra aleatória de colmos da parcela) pelo número de colmos da parcela. Verificou-se ser conveniente utilizar-se amostra contendo mais de 30 colmos.

2. INTRODUÇÃO

Uma dificuldade que surge no melhoramento da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), relaciona-se aos ensaios de competição de variedades. Estes ensaios são conduzidos em vários locais, cada um deles contendo elevado número de variedades. Como as variedades comportam-se diferentemente quanto à maturação, os ensaios devem ser colhidos em um espaço relativamente curto de tempo. Entretanto, isto nem sempre é possível por falta de pessoal técnico e equipamentos.

Para contornar esta dificuldade, poder-se-ia pensar na utilização de parcelas menores, mas, em virtude de características próprias da cultura, isto é indesejável.

Deste modo, é de grande interesse prático pesquisar-se métodos para estimar produções de parcelas experimentais, atra-

vés de amostragem, que forneçam informações suficientes da unidade experimental. Isto proporciona maior economia, bem como maior eficiência técnica.

Apesar de alguns países já terem determinado métodos convenientes para estimar produções de parcelas experimentais, como é o caso da Austrália (HOGARTH e SKINNER, 1967), é necessário verificar para as nossas condições qual o mais recomendável, em virtude da heterogeneidade do material genético. Foi com este propósito que conduziu-se o presente trabalho.

3. REVISÃO DE LITERATURA

HEBERT (1963), em Louisiana, conduziu experimentos para estimar produções de plântulas ("seedlings") de cana-de-açúcar. A produção de cada parcela foi estimada multiplicando-se o número de colmos da parcela pelo peso médio por colmo, que foi obtido de uma amostra de 20 colmos. Obteve coeficientes de correlação variando de 0,66 a 0,90, entre a produção estimada e a produção real da parcela. Verificou que, as melhores variedades seriam as mesmas, quer fossem seleccionadas pela produção real ou pela produção estimada. Embora reconhecendo a maior precisão da pesagem direta, considerou, na prática, apropriada a utilização de amostras para estimar produções de parcelas pequenas. Ressalte-se que, nenhuma parcela continha mais de 200 colmos.

PIMENTEL GOMES *et alii* (1963), em Piracicaba, utilizando 3 variedades de cana-de-açúcar (Co 419, CB 40-69 e CB 41-58), concluíram que, para os caracteres brix, pol, pureza, açúcar provável e peso, é mais indicado utilizar-se amostras constituídas de certo número de canas por parcela, uma só de cada touceira, e bem dispersas por toda a área da parcela, do que coletar canas próximas ou de mesma touceira. A única exceção ocorreu no caso do peso, na variedade CB 40-69, em que houve resultado levemente favorável ao uso de mais canas por touceira. Isso indica que as diferenças entre touceiras, inclusive as devidas à variação do solo dentro da parcela, acarretam aumento nas diferenças entre colmos. Afirmaram, ainda, ser contra-indicado usar amostra de menos de 10 canas por parcela, pois proporcionaria coeficiente de variação, de tal magnitude, que praticamente impediria a comprovação de qualquer diferença de composição da cana.

Visando desenvolverem um método conveniente para estimar produções de parcelas, em ensaios de competição de variedades de cana-de-açúcar, HOGARTH e SKINNER (1967) realizaram 10 experimentos, na Austrália. Dentre os métodos pesquisados, foi adotado o seguinte: a produção da parcela é estimada multiplicando-se o peso médio por colmo, obtido de uma amostra de 45 colmos, sendo 15 colmos escolhidos ao acaso, em cada sulco, pelo número de colmos da parcela. Convém salientar que, em nenhum experimento os métodos estudados foram comparados diretamente, o que pode ter afetado os resultados

dos.

LEGENBRE *et alii* (1969), em Louisiana, com o propósito de verificarem o tamanho conveniente da amostra, para avaliar mé dias de peso, comprimento e diâmetro de colmos, colheram 220 colmos no sulco, em seguida, em ponto escolhido ao acaso, num campo comercial de cana-de-açúcar, da variedade CP 52-68. Foram determinados o peso, o comprimento e o diâmetro, para cada colmo. Os 220 colmos foram divididos, ao acaso, em 22 amostras de 10 colmos, 11 amostras de 20 colmos, 7 amostras de 30 colmos, 5 amostras de 40 colmos e 4 amostras de 50 colmos. Baseando-se no coeficiente de variação, concluíram que, amostras consistindo de 20 colmos seriam aceitáveis pa ra avaliar as referidas características. Este tamanho amostral (20 colmos) parece ser insuficiente quando se tratar de variedade pouco uniforme, pois o estudo fundamentou-se, segundo os autores, em uma variedade bastante uniforme.

YATES (1969), utilizando dados provenientes de campos destinados à exploração comercial de cana-de-açúcar. em Porto Rico, determinou que para obter desvios, em relação à média, menores que 5%, com igual nível de probabilidade, necessitavam-se amostras de 12 a 618, de 42 a 93 e de 204 a 397 colmos, para os caracte res teor de açúcar, percentagem de fibra e peso médio por colmo, res pectivamente.

MARIOTTI e LASCANO (1969), em Tucumán, estudando dados de dois ensaios de 16 variedades de cana-de-açúcar, concluíram,

baseados no coeficiente de variação, que uma amostra de 30 colmos serviria para estimar produções de parcelas experimentais, constituídas de 3 sulcos de 10 metros. Obtiveram, ainda, um coeficiente de correlação médio de 0,80, entre a produção estimada e a produção real da parcela. Consideraram aconselhável, na prática, o uso de amostras para estimar produções em algumas etapas do processo de seleção de novas variedades, tais como:

- a) em parcelas de um ou vários sulcos, sem repetição;
- b) em ensaios repetidos, constituídos de material novo e numeroso;
- c) em ocasiões especiais, que por razões de pessoal disponível, climáticas, seja necessário atender um grande número de experimentos em um espaço relativamente curto de tempo.

CÉSAR *et alii* (1974), em Piracicaba, utilizando 22 amostras, de 8 variedades de cana-de-açúcar, de diferentes idades, provenientes de talhões industriais, verificaram que, para os caracteres estudados (brix, pol, pureza e açúcar provável), para talhões aleatórios, em que a área variava de 1,0 a 3,6 ha, é preferível amostrar um número maior de talhões do que aumentar o número de amostras dentro de cada talhão. No primeiro caso, o intervalo de confiança foi, consideravelmente, menor. Quando se tem apenas uma parcela experimental (talhão fixo), aumentando-se o número de amostras, aumenta-se a precisão das determinações, como era esperado. Conclusões análogas foram obtidas por OLIVEIRA *et alii* (1975).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Material

Para o presente estudo, utilizaram-se dados que foram gentilmente cedidos pela Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo (COPERSUCAR). Esses dados são provenientes de um experimento conduzido em Piracicaba, no ano agrícola de 1978/79. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com duas repetições. Cada parcela foi constituída por 4 sulcos, de dez metros de comprimento, espaçados entre si de um metro. Nas parcelas foram estudadas 5 variedades de cana-de-açúcar, a saber: CP 51-22, IAC 52-150, CB 53-98, NA 56-79 e CB 41-76.

Além do peso, em cada parcela foram efetuadas as seguintes anotações:

- a) contagem do número de colmos. Este número variou de 406 a 513 colmos;
- b) pesos individuais de 80 colmos, escolhidos ao acaso;
- c) pesos individuais de 80 colmos, sendo escolhidos, ao acaso, 20 colmos de cada sulco;
- d) pesos individuais de 60 colmos, sendo 15 colmos seguidos, de cada sulco, em ponto escolhido ao acaso;
- e) peso, em conjunto, dos colmos contidos por metro linear, sendo escolhidos 3 metros lineares não-seguidos, em cada sulco.

Com base nas anotações anteriormente citadas e utilizando-se tabelas de números aleatórios, quando necessário, e sabendo-se que, cada parcela foi constituída por 4 sulcos de 10 metros de comprimento, foram organizados os métodos para estimar produções de parcelas, apresentados no item 4.2.1.

4.2 - Métodos

4.2.1 - Métodos para estimar produções de parcelas

Estimou-se a produção real (Método R) de cada parcela por vários métodos. Cada método baseou-se no peso médio por colmo ou no peso médio por metro linear. No primeiro caso, a produção da parcela foi estimada multiplicando-se o peso médio por colmo pelo número de colmos da parcela. No segundo, multiplicando-se o peso médio por metro linear pelo número de metros lineares da parcela, que neste caso foi 40 (quarenta).

Para se obter o peso médio por colmo ou o peso médio por metro linear, dependendo do caso, e conseqüentemente, a produção estimada da parcela, retirou-se uma amostra aleatória de cada parcela, conforme os seguintes métodos:

Método A: amostra aleatória de colmos da parcela. De acordo com o tamanho da amostra, este método foi subdividido em:

Método A-1: 10 colmos;

Método A-2: 20 colmos;

Método A-3: 30 colmos;

Método A-4: 40 colmos;

Método A-5: 50 colmos;

Método A-6: 60 colmos;

Método A-7: 70 colmos;

Método A-8: 80 colmos.

Método B: amostra constituída de um determinado número de colmos de cada sulco. De acordo com o número de colmos tomados em cada sulco, este método foi subdividido em:

Método B-1: 5 colmos;

Método B-2: 10 colmos;

Método B-3: 15 colmos;

Método B-4: 20 colmos.

Método C: amostra constituída da décima parte dos colmos da parcela.

Método D: amostra de 60 colmos, constituída de 15 colmos seguidos, em ponto escolhido ao acaso, de cada sulco.

Método E: amostra de um determinado número de metros lineares não-seguidos, em cada sulco. De acordo com o número de metros tomados em cada sulco, este método foi subdividido em:

Método E-1: 1 metro;

Método E-2: 2 metros;

Método E-3: 3 metros.

4.2.2 - Análises de Variância

4.2.2.1 - Análises individuais

Efetuaram-se análises de variância do ensaio, considerando-se as produções obtidas de acordo com os métodos descritos em 4.2.1 (inclusive o Método R).

O modelo matemático (PIMENTEL GOMES, 1976), considerado para o experimento em blocos casualizados, foi:

$$x_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij} \quad ,$$

onde: x_{ij} : valor da ij -ésima parcela;

m : média geral;

t_i : efeito da i-ésima variedade;
 b_j : efeito do j-ésimo bloco;
 e_{ij} : efeito do erro experimental associado à ij-ésima parcela,
 onde se supõe $e_{ij} \cap N(0, \sigma_e^2)$, isto é, com distribuição normal de média zero e variância σ_e^2 .

4.2.2.2 - Análise conjunta

Efetuar-se-á análise conjunta, envolvendo análises individuais, cujos quadrados médios residuais não difiram muito entre si, isto é, cuja relação entre o maior quadrado médio e o menor deles seja inferior a quatro, conforme PIMENTEL GOMES (1976). Proceder-se-á, caso o efeito de métodos seja significativo, ao desdobramento dos graus de liberdade referentes a este efeito, utilizando-se contrastes ortogonais de interesse.

O modelo matemático, pertinente à análise conjunta (KEMPTHORNE, 1975), é:

$$x_{ijk} = m + t_i + a_k + b_{jk} + (ta)_{ik} + e_{ijk} ,$$

onde: x_{ijk} : valor da ijk-ésima parcela;

m : média geral;

t_i : efeito da i-ésima variedade;

a_k : efeito do k-ésimo método;

b_{jk} : efeito do j-ésimo bloco dentro do k-ésimo método;

$(\tau\alpha)_{ik}$: efeito da interação entre a i -ésima variedade e o k -ésimo método, onde se supõe $(\tau\alpha)_{ik} \cap N(0, \sigma_{\tau\alpha}^2)$, isto é, com distribuição normal de média zero e variância $\sigma_{\tau\alpha}^2$;

e_{ijk} : efeito do erro experimental associado à ijk -ésima parcela, onde se supõe $e_{ijk} \cap N(0, \sigma_e^2)$, isto é, com distribuição normal de média zero e variância σ_e^2 .

4.2.3 - Critérios usados na avaliação e comparação dos métodos descritos em 4.2.1

4.2.3.1 - Média geral

Determinou-se a média geral do ensaio, de acordo com os métodos descritos em 4.2.1 (inclusive o Método R), através da fórmula:

$$\hat{m} = \frac{\sum_{i,j} x_{ij}}{IJ} .$$

4.2.3.2 - Eficiência

Eficiência é definida como sendo a razão entre o inverso das variâncias (COCHRAN e COX, 1957). Assim sendo, determinou-se a eficiência de cada método descrito em 4.2.1, em relação ao Método R, dada por:

$$\text{Eficiência} = \frac{V_r}{V_m} ,$$

onde: V_r : variância residual do ensaio, utilizando-se produções reais;

V_m : variância residual do ensaio, utilizando-se produções estimadas pelo método m.

4.2.3.3 - Coeficiente de variação

O coeficiente de variação é definido (PIMENTEL GOMES, 1976) por:

$$C.V. = \frac{s}{\hat{m}} \times 100 ,$$

onde: s: estimativa do desvio padrão residual;

$\hat{m}$: estimativa da média populacional.

Determinou-se o coeficiente de variação do ensaio, de acordo com os métodos descritos em 4.2.1 (inclusive o Método R).

4.2.3.4 - Diferença mínima significativa

A diferença mínima significativa, determinada pelo teste de Tukey, é definida (PIMENTEL GOMES, 1976) por:

$$d.m.s. = q \frac{s}{\sqrt{r}} ,$$

onde: q: valor da amplitude total estudentizada, ao nível α de probabilidade;

s: estimativa do desvio padrão residual;

r: número de repetições.

Determinou-se a diferença mínima significativa, de acordo com os métodos descritos em 4.2.1 (inclusive o método R).

4.2.3.5 - Coeficiente de correlação de Pearson

O coeficiente de correlação de Pearson é definido (PIMENTEL GOMES, 1976) por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N X_i Y_i - \frac{(\sum_{i=1}^N X_i)(\sum_{i=1}^N Y_i)}{N}}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^N X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N X_i)^2}{N} \right] \left[\sum_{i=1}^N Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N Y_i)^2}{N} \right]}}$$

Determinou-se o coeficiente de correlação de Pearson, nos seguintes casos:

- a) entre a produção real da parcela (Método R) e a produção estimada de acordo com os métodos descritos em 4.2.1;
- b) entre a produção média real de variedade (Método R) e a produção média estimada de acordo com os métodos descritos em 4.2.1, ambas obtidas dividindo-se o total de variedade pelo número de repetições.

4.2.3.6 - Coeficiente de correlação de ordem de Spearman

O coeficiente de correlação de ordem de Spearman é definido (CAMPOS, 1979) por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (R_i - \bar{R})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^N (R_i - \bar{R})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^N (S_i - \bar{S})^2 \right]}}$$

onde: N: número de pares de observações (X_i, Y_i) ;

R_i : ordens das observações X_i ;

S_i : ordens das observações Y_i ;

$$\bar{R} = \bar{S} = \frac{N + 1}{2}.$$

Aplicou-se o coeficiente de correlação de ordem de Spearman, entre a classificação das variedades através do Método R e a classificação de acordo com os métodos descritos em 4.2.1.

4.2.3.7 - Teste t

Aplicou-se o teste t à média das diferenças entre a produção real (Método R) e a produção estimada de acordo com os métodos descritos em 4.2.1. Para isto, utilizou-se a seguinte fórmula, apresentada em SNEDECOR e COCHRAN (1967):

$$t = \frac{\bar{d}_i}{S_{\bar{d}_i}},$$

onde: $i = 1, 2, \dots, N$;

N : número de parcelas;

$\bar{d}_i$: média das diferenças;

$S_{\bar{d}_i}$: erro padrão da média das diferenças.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da Revisão de Literatura, não foi possível determinar-se um critério adequado para avaliar e comparar métodos para estimar produções de parcelas. Mas, sabe-se que, para um método ser considerado conveniente, deve proporcionar estimativas não-tendenciosas da verdadeira produção, bem como não deve incluir muita variabilidade.

A presença de tendências foi verificada pelos seguintes critérios: teste t, coeficiente de correlação de Pearson e coeficiente de correlação de ordem de Spearman.

A variabilidade foi medida pelos seguintes critérios: média geral, coeficiente de variação, eficiência e diferença mínima significativa.

Aplicando-se um teste t à média das diferenças entre a produção real da parcela (Método R) e a produção estimada de acordo com os métodos descritos em 4.2.1 (Tabela 1), observa-se os Métodos E, D e B como os mais tendenciosos.

Tabela 1 - Teste t aplicado à média das diferenças entre a produção real da parcela (Método R) e a produção estimada de acordo com os métodos descritos em 4.2.1.

MÉTODO	t
A-1	0,34
A-2	0,41
A-3	0,43
A-4	0,25
A-5	0,52
A-6	0,35
A-7	0,58
A-8	0,25
B-1	1,16
B-2	1,68
B-3	0,75
B-4	0,94
C	0,63
D	1,45
E-1	1,41
E-2	2,28
E-3	2,51

Os métodos que apresentaram maiores coeficientes de correlação de Pearson, entre a produção real da parcela (Método R) e a produção estimada (Tabela 2) foram: A-5, A-7, B-2, A-6, B-3, A-4, A-8, C, E-3, B-4 e D. Por outro lado, os métodos que apresentaram coeficientes de correlação de Pearson, entre a produção média real de variedade (Método R) e a produção média estimada, mais próximos de 1,0 (Tabela 3) foram: A-5, A-6, A-7, A-8 e C.

Tabela 2 - Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre a produção real da parcela (Método R) e a produção estimada de acordo com os métodos descritos em 4.2.1.

MÉTODO	t
A-1	0,53
A-2	0,62
A-3	0,47
A-4	0,73
A-5	0,78
A-6	0,75
A-7	0,77
A-8	0,73
B-1	0,53
B-2	0,76
B-3	0,75
B-4	0,70
C	0,72
D	0,67
E-1	0,40
E-2	0,48
E-3	0,71

Tabela 3 - Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre a produção média real de variedade (Método R) e a produção média estimada de acordo com os métodos descritos em 4.2.1.

MÉTODO	r
A-1	0,78
A-2	0,93
A-3	0,66
A-4	0,94
A-5	0,99
A-6	0,99
A-7	0,99
A-8	0,99
B-1	0,86
B-2	0,85
B-3	0,90
B-4	0,91
C	0,99
D	0,62
E-1	0,88
E-2	0,80
E-3	0,86

O coeficiente de correlação de ordem de Spearman (Tabela 4), em geral, forneceu valores discordantes daqueles obtidos através do coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 3). Deve-se, neste caso, dar prioridade ao último, visto que o coeficiente de correlação de ordem de Spearman possui distribuição livre, e espera-se

que produções tenham distribuição normal.

Tabela 4 - Coeficiente de correlação de ordem de Spearman (r) entre a classificação das variedades através do Método R e a classificação de acordo com os métodos descritos em 4.2.1.

MÉTODO	r
A-1	0,3
A-2	0,7
A-3	0,5
A-4	0,7
A-5	0,6
A-6	0,7
A-7	0,9
A-8	0,7
B-1	1,0
B-2	1,0
B-3	1,0
B-4	1,0
C	1,0
D	0,8
E-1	0,9
E-2	0,9
E-3	1,0

Alguns autores utilizam apenas o coeficiente de variação na avaliação e comparação de métodos para estimar produções de parcelas. Entretanto, verifica-se que, isto é uma prática inadequada. Utilizando-se, por exemplo, o Método C, observa-se que o coeficiente

de variação do ensaio foi de 14,6% (Tabela 5), o que é razoável em ensaios de competição de variedades, enquanto que a eficiência deste método foi apenas 0,5 (Tabela 6). É, portanto, conveniente utilizar-se vários critérios.

Tabela 5 - Coeficiente de variação (C.V.) do ensaio, em porcentagem, de acordo com os diversos métodos descritos em 4.2.1 (inclusive o Método R).

MÉTODO	C.V.(%)
R	10,5
A-1	13,7
A-2	15,7
A-3	10,7
A-4	9,9
A-5	10,8
A-6	9,9
A-7	12,1
A-8	11,7
B-1	9,4
B-2	9,6
B-3	9,5
B-4	9,1
C	14,6
D	12,5
E-1	12,0
E-2	12,0
E-3	9,6

Tabela 6 - Eficiência dos métodos descritos em 4.2.1, em relação ao Método R.

MÉTODO	EFICIÊNCIA
A-1	0,57
A-2	0,46
A-3	1,01
A-4	1,12
A-5	0,93
A-6	1,10
A-7	0,73
A-8	0,80
B-1	1,16
B-2	1,08
B-3	1,17
B-4	1,26
C	0,50
D	0,78
E-1	0,86
E-2	0,91
E-3	1,37

Diversos métodos apresentaram eficiência maior que 1,0 (Tabela 6), isto se justifica pelo fato de que as análises de variância, efetuadas para os diversos métodos, foram baseadas no mesmo modelo matemático da análise efetuada para a produção real. Espera-se, então, que para os melhores métodos, a eficiência esteja mais próximo de 1,0.

Tabela 7 - Diferença mínima significativa (d.m.s.), ao nível de 5% de probabilidade, em kg/parcela, de acordo com os métodos descritos em 4.2.1 (inclusive o Método R).

MÉTODO	d.m.s. (5%) (kg/parcela)
R	234,19
A-1	309,10
A-2	347,25
A-3	233,22
A-4	221,67
A-5	242,27
A-6	222,81
A-7	273,74
A-8	261,43
B-1	217,23
B-2	225,23
B-3	216,28
B-4	208,38
C	332,58
D	265,29
E-1	251,93
E-2	244,94
E-3	200,42

A diferença mínima significativa (Tabela 7) é de pouca informação crítica e é inversamente proporcional à eficiência. Portanto, usando-se a eficiência como critério na avaliação e comparação de métodos para estimar produções de parcelas, pode-se dispensar o uso da diferença mínima significativa.

A Tabela 8 apresenta a média geral do ensaio, de acordo com os métodos descritos em 4.2.1 (inclusive o Método R).

Tabela 8 - Média geral do ensaio, em kg/parcela, de acordo com os métodos descritos em 4.2.1 (inclusive o Método R).

MÉTODO	MÉDIA GERAL (kg/parcela)
R	499,44
A-1	508,74
A-2	497,43
A-3	491,86
A-4	503,16
A-5	506,35
A-6	504,38
A-7	508,24
A-8	503,31
B-1	521,90
B-2	526,63
B-3	509,52
B-4	513,75
C	511,60
D	478,33
E-1	472,00
E-2	460,70
E-3	467,76

A Tabela 9 apresenta os quadrados médios residuais, das análises de variância do ensaio, considerando-se as produções obtidas de acordo com os métodos descritos em 4.2.1 (inclusive o Mé

todo R).

Tabela 9 - Quadrados médios residuais (Q.M.R.), das análises de variância do ensaio, considerando-se as produções obtidas de acordo com os métodos descritos em 4.2.1 (inclusive o Método R).

MÉTODO	Q.M.R.
R	2772,39
A-1	4829,44
A-2	6095,38
A-3	2749,56
A-4	2483,92
A-5	2967,11
A-6	2509,47
A-7	3787,98
A-8	3454,91
B-1	2385,37
B-2	2564,42
B-3	2364,61
B-4	2195,11
C	5591,40
D	3557,70
E-1	3208,35
E-2	3032,79
E-3	2030,55

Verifica-se que a relação entre o maior quadrado médio (6095,38) e o menor deles (2030,55), é menor que quatro (Tabela 9).

A Tabela 10 apresenta a análise de variância conjunta.

Tabela 10 - Análise de variância conjunta.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos/Métodos	18	187060,80		
Variedades (V)	4	279094,55	69773,64	61,62**
Métodos (M)	17	57260,94	3368,29	2,98**
Interação V x M	68	77002,11	1132,38	0,35**
Resíduo	72	234321,76	3254,47	
Total	179	834740,16		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A Tabela 11 apresenta a análise de variância conjunta, considerando-se o desdobramento dos graus de liberdade referentes ao efeito de métodos, de acordo com os seguintes contrastes ortogonais:

$$Y_1 = 17m_R - \left(\begin{array}{l} m_{A-1} + m_{A-2} + m_{A-3} + m_{A-4} + m_{A-5} + m_{A-6} + m_{A-7} + \\ + m_{A-8} + m_{B-1} + m_{B-2} + m_{B-3} + m_{B-4} + m_C + \\ + m_D + m_{E-1} + m_{E-2} + m_{E-3} \end{array} \right)$$

$$Y_2 = 3 \left[\begin{array}{l} m_{A-1} + m_{A-2} + m_{A-3} + m_{A-4} + m_{A-5} + \\ + m_{A-6} + m_{A-7} + m_{A-8} + m_{B-1} + \\ + m_{B-2} + m_{B-3} + m_{B-4} + m_C + m_D \end{array} \right] - 14 (m_{E-1} + m_{E-2} + m_{E-3})$$

$$Y_3 = 2m_{E-1} - m_{E-2} - m_{E-3}$$

$$Y_4 = m_{E-2} - m_{E-3}$$

$$Y_5 = 3 \left[\begin{array}{l} m_{A-1} + m_{A-2} + m_{A-3} + m_{A-4} + m_{A-5} + \\ \quad + m_{A-7} + m_{A-8} + m_{B-1} + \\ \quad + m_{B-2} + m_{B-4} + m_C \end{array} \right] - 11 (m_{A-6} + m_{B-3} + m_D)$$

$$Y_6 = m_{A-6} + m_{B-3} - 2m_D$$

$$Y_7 = m_{A-6} - m_{B-3}$$

$$Y_8 = 6 \left[\begin{array}{l} m_{A-1} + m_{A-3} + m_{A-5} + \\ \quad + m_{A-7} + m_C \end{array} \right] - 5 \left[\begin{array}{l} m_{A-2} + m_{A-4} + m_{A-8} + m_{B-1} + \\ \quad + m_{B-2} + m_{B-4} \end{array} \right]$$

$$Y_9 = m_{A-2} + m_{A-4} + m_{A-8} - m_{B-1} - m_{B-2} - m_{B-4}$$

$$Y_{10} = m_{B-1} + m_{B-2} - 2m_{B-4}$$

$$Y_{11} = m_{B-1} + m_{B-2}$$

$$Y_{12} = m_{A-2} + m_{A-4} - 2m_{A-8}$$

$$Y_{13} = m_{A-2} - m_{A-4}$$

$$Y_{14} = 3m_{A-1} + 3m_{A-3} - 2m_{A-5} - 2m_{A-7} - 2m_C$$

$$Y_{15} = m_{A-5} + m_C - 2m_{A-7}$$

$$Y_{16} = m_{A-5} - m_C$$

$$Y_{17} = m_{A-1} - m_{A-3}$$

Tabela 11 - Análise de variância conjunta, considerando-se o desdobramento dos graus de liberdade referentes ao efeito de métodos.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos/Métodos	18	187060,80		
Variedades (V)	4	279094,55	69773,64	61,62**
Y ₁	1	0,76	0,76	0,00067*
Y ₂	1	38091,44	38091,44	33,64**
Y ₃	1	402,49	402,49	0,3554
Y ₄	1	249,22	249,22	0,2201
Y ₅	1	2873,87	2873,87	2,54
Y ₆	1	5460,70	5460,70	4,82*
Y ₇	1	132,10	132,10	0,1167
Y ₈	1	877,41	877,41	0,7748
Y ₉	1	5680,37	5680,37	5,02*
Y ₁₀	1	737,10	737,10	0,6509
Y ₁₁	1	111,86	111,86	0,0988
Y ₁₂	1	60,60	60,60	0,0535
Y ₁₃	1	164,16	164,16	0,1450
Y ₁₄	1	852,78	852,78	0,7531
Y ₁₅	1	3,60	3,60	0,0032
Y ₁₆	1	137,81	137,81	0,1217
Y ₁₇	1	1424,67	1424,67	1,26
Interação V x M	68	77002,11	1132,38	0,35**
Resíduo	72	234321,76	3254,47	
Total	179	834740,16		

Comparando-se os Métodos A-6 e B-3 com o Método D, levando-se em consideração todos os critérios, observa-se nítida vantagem em favor dos Métodos A-6 e B-3. Isto é reforçado pelo fato de haver sido significativo o efeito do contraste Y_6 . Este resultado é concordante com PIMENTEL GOMES *et alii* (1963), os quais afirmam que é mais indicado utilizar-se amostras constituídas de certo número de canas por parcela, uma só de cada touceira, e bem dispersas por toda a área da parcela, do que coletar canas próximas ou de mesma touceira.

Através da Tabela 11, observa-se que:

- a) o efeito do contraste Y_1 foi significativo. Isto significa que a média do ensaio, obtida pelo peso real da parcela (Método R) difere daquela obtida pela média dos diversos métodos usados para estimar produções de parcelas;
- b) o efeito do contraste Y_2 foi significativo. Isto significa que a média do ensaio, obtida pela média dos Métodos A, B, C e D difere daquela obtida pelo Método E. O Método E baseia-se no peso médio por metro linear, enquanto que, os outros métodos baseiam-se no peso médio por colmo;
- c) o efeito do contraste Y_6 foi significativo (já discutido).
- d) o efeito do contraste Y_9 foi significativo. Isto significa que a média do ensaio, obtida pela média dos Métodos A-2, A-4 e A-8 difere daquela obtida pela média dos Métodos B-1,

B-2 e B-4. Este resultado é contrário ao obtido por HOGARTH e SKINNER (1967), que utilizam uma amostra de 45 colmos, sendo 15 colmos de cada sulco.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir:

a) Quanto aos métodos usados para estimar produções de parcelas

Dentre os métodos pesquisados, o mais conveniente é o Método A, ou seja: a produção da parcela é estimada multiplicando-se o peso médio por colmo (obtido de uma amostra aleatória de colmos da parcela) pelo número de colmos da parcela. Convém utilizar-se amostra contendo mais de 30 colmos.

b) Quanto aos critérios usados na avaliação e comparação dos métodos

Dentre os critérios pesquisados, os mais convenientes são: média geral, coeficiente de variação, eficiência, teste t e coeficiente de correlação de Pearson.

7. SUMMARY

This work had as its main objective the evaluation and comparison of various methods for estimating production of experimental plots in the competition trials of sugar cane varieties (*Saccharum* spp.).

The criteria used in the evaluation and comparison of the methods were: general mean, efficiency, coefficient of variation, least significant difference, Pearson's correlation coefficient, Spearman's rank correlation coefficient and t-test.

It was found that utilizing only the coefficient of variation was inadequate as a criterion, as has been used by some research workers.

It was found unnecessary to use the least significant difference in face of the fact its value is inversely propor-

tional to efficiency therefore favoring the use of the later because it provides more information about the method.

The Spearman's rank correlation coefficient proved inadequate as a criterion for evaluation and comparison of the various methods.

Among the methods considered in this work the most adequate was that the plot yield is estimated by multiplying the average weight per stalk (obtained from one random sample of canes in a plot) by the number of stalks in the plot. It was found convenient to use a sample of more than 30 stalks.

8. LITERATURA CITADA

- CAMPOS, H., 1979. Estatística Experimental Não-Paramétrica. 3.^a edição. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 343 p.
- CÉSAR, M.A.A.; E.R. OLIVEIRA; O. VALSECHI e H. CAMPOS, 1974. Amostragem da cana-de-açúcar, no campo, para determinações analíticas. Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro, 84: 28-40.
- COCHRAN, W.G. e G.M. COX, 1957. Experimental Designs. 2.^a edição. Nova York, John Wiley. 602 p.
- HEBERT, L., 1963. Estimating cane yields in evaluating sugar cane seedlings. Crop. Sci. Madison, 3: 277-278.
- HOGARTH, D.M. e J.C. SKINNER, 1967. A sampling method for measuring yields of sugar cane in replicated trials. Tech. Comm. Bur. Sug. Exp. Stas. Queensland, 1: 24 p.

- KEMPTHORNE, O., 1975. The Design and Analysis of Experiments. Nova York, John Wiley. 609 p.
- LEGENDRE, B.L.; O.P. VIATOR e M.T. HENDERSON, 1969. Choice of sample size in measuring weight, length and diameter per stalk in sugar cane experiments. Sug. Bul. Nova Orleans, 47: 10-12.
- MARIOTTI, J.A. e O.G. LASCANO, 1969. Estudios de muestreo para la evaluación del rendimiento de la caña de azúcar. Rev. Ind. y Agrícola. Tucumán, 46: 37-44.
- OLIVEIRA, E.R.; O. VALSECHI; M.A.A. CÉSAR e H. CAMPOS, 1975. Amostragem da cana-de-açúcar, no campo, para fins analíticos. Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro, 85: 18-23.
- PIMENTEL GOMES, F.; O. VALSECHI; C.P. ABREU e E.R. OLIVEIRA, 1963. Amostragem da cana-de-açúcar para determinações tecnológicas. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 20: 89-114.
- PIMENTEL GOMES, F., 1976. Curso de Estatística Experimental. 6.^a edição. São Paulo, Livraria Nobel. 430 p.
- SNEDECOR, G.W. e W.G. COCHRAN, 1967. Statistical Methods. 6.^a edição. Ames, Iowa State University Press. 593 p.
- YATES, R.A., 1969. Assessment of the effect of inter-cane variability on the sampling and harvesting of stalks of sugarcane. Agron. Jour. Madison, 61: 113-115.