EFICIÊNCIA DE POLICRUZAMENTOS PARA
RECOMBINAÇÃO GÊNICA E ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS
GENÉTICOS EM MANDIOCA
(*Manihot esculenta* GRANTZ)

JESUS ACOSTA-ESPINOZA

Orientador : Prof. Dr. NATAL ANTONIO VELLO

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1983

*À memória de meu pai,
a minha mãe e irmãos*

OFEREÇO

*A minha esposa Catalina do Carmen
e filhos,*

Adriana Esmeralda

Jesus Osmar

Karla Tatiana

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Ao Consejo Nacional de Ciencia y Tecnologia e ao Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas do México, pelo apoio e oportunidade concedida para a realização do curso de Pós-Graduação.

- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ, da Universidade de São Paulo, através do Departamento de Genética, pelo aperfeiçoamento de minha formação científica e cultural.

- Ao Prof. Dr. Natal Antonio Vello, pela valiosa orientação, ensinamentos, amizade e confiança.

- Ao Prof. Dr. Paulo Sodero Martins, pelas sugestões oportunas e apoio efetivo durante o período em que substituiu ao orientador.

- Ao Prof. Dr. Ernesto Paterniani e ao Prof. Dr. João Lúcio de Azevedo, na qualidade de Diretores do Instituto de Genética, pelas facilidades concedidas.

- À Seção de Raízes e Tubérculos do Instituto Agrônomo de Campinas, especialmente ao Dr. José Osmar Lorenzi e ao Dr. Edgar Sant'Anna Normanha, pela colaboração despendida, fornecendo material e estímulos para a realização do presente trabalho.

- A Mucio Silva Reis e aos demais amigos do curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pelo companheirismo em todos os momentos.

- Aos funcionários do Departamento de Genética e Instituto de Genética, especialmente a Srta. Érica Spruck, Sra. Eisa A. Azeredo Cesar, Sra. Terezinha J.L.Barrete pela extraordinária dedicação e cortezia no atendimento, e ao Sr. Mariano Aguado e Sr. José Monteiro pela colaboração valiosa durante o trabalho experimental.

- Finalmente, sou grato a todas aquelas pessoas que, embora não mencionadas, contribuíram direta ou indiretamente para que o curso fosse realizado.

ÍNDICE

	página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Aspectos gerais	4
2.2. Melhoramento genético	7
2.3. Estudos genéticos e modo de reprodução	10
2.4. Técnica de policruzamento	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Localização, clima e solo	16
3.2. Descrição do material	17
3.3. Obtenção de progênes policruzadas	19
3.4. Semeadura das progênes policruzadas	20
3.5. Instalação do experimento	20
3.6. Caracteres avaliados	22
3.6.1. Altura da planta	22
3.6.2. Diâmetro da planta	22
3.6.3. Número de raízes	22
3.6.4. Produção de raízes	23
3.6.5. Índice de colheita	23
3.7. Procedimentos estatísticos	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Considerações gerais	29
4.2. Eficiência dos policruzamentos	37
4.3. Estimativas dos parâmetros genéticos	40

.vii.

página

5. CONCLUSÕES	48
6. LITERATURA CITADA	50
TABELAS DE RESULTADOS	60
ANEXOS	75

EFICIÊNCIA DE POLICRUZAMENTOS PARA RECOMBINAÇÃO GÊNICA
E ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM MANDIOCA
(*Manihot esculenta* Crantz)

Autor: JESUS ACOSTA-ESPINOZA

Orientador: Prof. Dr. NATAL ANTONIO VELLO

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivos avaliar a eficiência de policruzamentos na recombinação gênica e estimar parâmetros genéticos, para os caracteres altura da planta, diâmetro da planta, número de raízes, produção de raízes e índice de colheita em mandioca.

O material utilizado compreendeu nove progenitores e oito progênies policruzadas. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Anhembi, da ESALQ/USP, localizada em Piracicaba. Trata-se de solo arenoso, de baixa fertilidade, com teores elevados de acidez e alumínio tóxico, características estas similares às daquelas dos solos encontrados nos cerrados brasileiros. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com dez repetições. Os cinco caracteres foram avaliados - após oito meses de crescimento vegetativo.

Os seguintes resultados foram discutidos:

- a existência de homogeneização entre as médias das progê-

.viii.

nies policruzadas, juntamente com aumento na variabilidade dentro de progênies, indicaram eficiência da técnica de policruzamentos em promover a recombinação gênica. Tal fato também suportou a hipótese de predominância de fertilização cruzada;

- os caracteres altura da planta e índice de colheita exibiram valores altos de coeficiente de determinação genotípica e herdabilidade, para progenitores e progênies policruzadas, respectivamente;
- os caracteres diâmetro da planta, produção de raízes e número de raízes mostraram valores baixos de coeficiente de determinação genotípica entre progenitores e valores baixíssimos de herdabilidade para as progênies;
- os caracteres altura e diâmetro da planta foram os únicos que apresentaram evidência de variância dominante, havendo indicações de dominância parcial para altura e sobredominância para diâmetro da planta;
- alguns genótipos com parte aérea vigorosa, também mostraram alta produção de raízes, resultando em índice de colheita próximo ao ideal (0,60);
- os genótipos mais produtivos das oito progênies policruzadas, produziram de 21,5 a 35,7 t/ha. Valores tão altos de produção de raízes indicaram a existência de genótipos

.ix.

adaptados às condições de solos ácidos de baixa fertilidade, bem como de genótipos promissores para futuros programas de seleção;

- o genótipo SRT 1099-Taquari destacou-se pela alta produção de raízes "per se" e por transmitir alta capacidade produtiva à sua progênie policruzada, indicadores de alta frequência de alelos favoráveis à produção de raízes;
- a hipótese da presença de alta heterozigosidade em genótipos comerciais foi preterida em favor da hipótese de combinações gênicas epistáticas.

EFFICIENCY OF THE POLYCROSS TECHNIQUE FOR GENIC RECOMBINATION
AND ESTIMATION OF GENETIC PARAMETERS IN CASSAVA

(*Manihot esculenta* Crantz)

Author: JESUS ACOSTA-ESPINOZA

Adviser: Prof.Dr. NATAL ANTONIO VELLO

SUMMARY

This dissertation evaluated the efficiency of the polycross technique in promoting genic recombination, and estimated genetic parameters for plant height, plant diameter, number of roots, root yield, and harvest index in cassava.

The experiment was carried out in Anhembi Experimental Station, College of Agriculture "Luiz de Queiroz", University of State of São Paulo, located in Piracicaba City, São Paulo, Brazil. This experimental station is located at 22° 48' south latitude, 48° 07' west longitude, and 469 meters of altitude. The sandy soil has low fertility, high level of acidity and toxic aluminum, similar to the soils called "cerrado" in Brazil.

Material included six high yielding cultivars and three selected experimental population as parents, and eight of their corresponding polycrossed progenies. It was utilized randomized complete block design with 10 replications of the 17 genotypes. All five characters were evaluated when

the plants completed 8 months from planting date.

The following results were discussed:

- The efficiency of the polycross technique was indicated by reductions of the among progenies variances and by increases of the within progenies variances;
- The efficiency of polycross technique was utilized as argument in favor of predominance of cross-pollination in cassava;
- Plant height and harvest index showed large values of genotypic determination and heritability coefficients, based on performance of the parents and polycrossed progenies, respectively;
- Plant diameter, root yield, and number of roots exhibited: small values of genotypic determination coefficients, based on parents performance and, very small values of heritability coefficients, based on polycrossed progenies performance;
- Plant height and diameter were the characters showing evidence of dominance variance, with indications of parcial dominance and overdominance for plant height and plant diameter, respectively;
- There were some genotypes exhibiting high root yield, besides vigor for plant height and diameter, resulting in harvest indices close to 0.60, the limit for ideal score;
- The yieldest plants from each polycrossed progeny had root yield varying from 21.5 to 35.7 t/ha. These high yield

values indicated the existence of adapted genotypes to acid soils with low fertility, and promising genotypes for further selection programs;

- The "SRT 1099-Taquari" genotype distinguished itself by root yield "per se" and by transferring the yield capacity to its corresponding polycrossed progeny;
- The hypothesis of existence of high level of heterozygosity in commercial cultivars of cassava was supplanted by the hypothesis of epistatic genic combinations.

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta tropical cujas raízes são fonte importante de carboidratos, sendo alimento básico para milhões de pessoas. Também é amplamente utilizada como fonte de alimento e forragem na alimentação animal e como material de industrialização. É considerada uma espécie que poderá contribuir para aliviar a escassez esperada de energia, em consequência do incremento contínuo da população mundial.

A mandioca é cultivada em todas as regiões tropicais, entre 30° de latitude norte e 30° de latitude sul, o que abrange todo o território brasileiro. A produção nacional de mandioca em 1981 foi de 25 milhões de toneladas de raízes, com produtividade média de 12 t/ha, representando 20% da produção mundial e superando em 32% a produtividade média mundial (FAO, 1981). Embora o Brasil seja o maior produtor mun-

dial, a sua produtividade pode ser considerada como baixa, já que o potencial de produção da mandioca pode alcançar até 90 t/ha/ano (COCK, 1978).

A variabilidade fenotípica é visível em mandioca, para os principais caracteres agronômicos, de maneira a se poder esperar sucesso nos trabalhos de seleção. Trata-se de uma espécie monóica, altamente prolífica, com flores relativamente grandes, e alta viabilidade de sementes, facilitando os trabalhos de autofecundações e cruzamentos. Apresenta propagação vegetativa e macho-esterilidade. Portanto, a espécie é facilmente manipulada através de polinização natural ou controlada, oferecendo oportunidade excelente para estudos de genética e melhoramento. A propagação vegetativa, prática normal de multiplicação comercial, torna viável a obtenção e utilização de genótipos com características agronômicas superiores em apenas uma geração, sendo esta uma vantagem significativa em relação às culturas que se propagam apenas sexualmente.

Apesar da mandioca possuir as mencionadas características agronômicas e alimentícias favoráveis, a espécie tem sido muito pouco estudada no que se refere à genética e ao melhoramento. Recentemente alguns programas de melhoramento de mandioca já foram iniciados: Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), Nigéria, África; Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia; Institu

to Nacional de Investigações Agrícolas (INIA), no México; Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no Brasil.

O presente trabalho foi delineado com a finalidade de obter informações básicas que possam colaborar para o desenvolvimento de programas eficientes de melhoramento de mandioca. O primeiro objetivo compreendeu a avaliação da eficiência da técnica de policruzamentos em promover recombinações gênicas em mandioca. O segundo objetivo envolveu a estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos relacionados com a estrutura de populações experimentais de mandioca.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família *Euphorbiaceae*. É considerada uma espécie alo-tetraplóide, possuindo 36 cromossomos ($x = 9$) que formam 18 bivalentes na meiose (UMANA e HARTMANN, 1973). A mandioca é originária da América Latina, mais provavelmente do nordeste do Brasil (DOMÍNGUEZ *et alii*, 1982). A maior diversidade da espécie se encontra no Brasil, México e Guatemala. Foram os colonizadores portugueses que iniciaram a dispersão da mandioca para outros continentes.

De acordo com COCK (1978), o potencial produtivo da mandioca pode alcançar 90 t/ha/ano. A importância da mandioca como fonte de carboidratos pode ser visualizada pela grande quantidade de produtos e subprodutos possíveis de se-

rem obtidos desta cultura (CONCEPÇÃO, 1979). A ampla utilização da mandioca como forragem para alimentação de animais domésticos e como material para industrialização é discutida por ACOSTA *et alii* (1982).

A mandioca é produzida em mais de 80 países, sendo o Brasil o maior produtor com 20% da produção mundial. Poucos são os países que cultivam mandioca para fins de exportação. As exportações da Indonésia e da Tailândia atendem 80 a 90% da demanda no mercado internacional. Menor escala de exportação é mantida por Brasil, China, Tanzânia e Angola. A Comunidade Econômica Européia absorve 80% a 90% do comércio mundial da mandioca para matéria prima na fabricação de ração animal e, os Estados Unidos da América e Canadá como fonte de amido industrial (NESTEL, 1978).

De acordo com CIAT (1974), as raízes de mandioca contêm: 30 a 40% de matéria seca, que consiste principalmente de carboidratos; quantidades relativamente pequenas de proteínas (0,5 a 1,5%); e quantidades ainda menores de gorduras, vitaminas e minerais. GOMES *et alii* (1982) mencionam que a mandioca apresenta: 3,1% de proteínas, 80% de carboidratos, na farinha das raízes; 21% de proteínas e 27-35% de carboidratos na folhagem seca.

Segundo COCK (1982) a mandioca se cultiva entre os 30° de latitude norte e 30° de latitude sul. Perto do

Equador, a espécie desenvolve-se em altitudes de até 2.300 metros e, em altitudes menores em regiões mais afastadas do Equador. Mencionam, também, que geralmente a mandioca é cultivada em zonas tropicais de solos pobres, onde a precipitação é maior que 750 mm por ano. O ciclo de crescimento (plantio-colheita) depende das condições ambientais, variando de nove a doze meses em regiões quentes e, alcançando até dois anos em regiões mais frias ou mais secas.

Existem muitos problemas agronômicos no cultivo da mandioca. Um dos principais problemas é a dificuldade de se fazer colheita mecânica. Outros problemas importantes relacionam-se ao ataque de muitas doenças. LOZANO e BOOTH (1982) citam duas doenças principais: bacteriose (*Xantomonas manihoti*) e mosaico africano. BELLONI *et alii* (1982) identificaram 200 espécies de artrópodos que afetam a mandioca, citando 15 pragas principais. Problema importante em mandioca é a rápida deterioração das raízes. Os primeiros sintomas de deterioração ocorrem já nos primeiros três dias pós-colheita. Este caráter deve ter um componente genético, pois o genótipo M. Col 1816 - mantém as propriedades de consumo das raízes por até 15 dias - (CIAT, 1976). A ocorrência de ervas daninhas também se constitui num problema durante os três ou quatro meses de idade, em consequência do crescimento inicial lento da cultura. Existem práticas culturais que podem minimizar este problema, como por exemplos os cultivos consorciados.

2.2. Melhoramento genético

A condição de espécie monóica, altamente prolífica, com flores de tamanho adequado para fácil manipulação, tanto em autofecundações, como em cruzamentos, e a possibilidade de se empregar propagação vegetativa e macho-esterilidade, tornam viável a aplicação de praticamente todos os métodos existentes, em programas de melhoramento da mandioca.

Nos poucos trabalhos reportados na literatura, os métodos de melhoramento mais comuns envolvem seleção, cruzamentos controlados e, em escala pequena, cruzamentos naturais. Dentre 2000 cultivares existentes no banco de germoplasma do CIAT, foram selecionados 230 cultivares superiores em índice de colheita e outros caracteres; entre eles, 12 cultivares produziram mais de 50 t/ha, sobrepujando significativamente a variedade local com 27 t/ha (CIAT, 1975). ACOSTA (1978) avaliou seis variedades de baixo conteúdo de HCN, selecionadas pelo Centro de Investigaciones Agrícolas do Golfo Centro, no México, obtendo produção de 30 t/ha nas variedades "Criolla" e "Cubana". PEREIRA e LORENZI (1975), mencionam que em 1948, foram iniciados os trabalhos de cruzamentos controlados, obtendo-se, em Campinas, por seleção: quatro clones para mesa e forragem, sete clones para fins industriais e um grupo de cultivares. Em 1975, 90 cultivares e 30 híbridos provenientes do CIAT, foram introduzidos no México (ACOSTA, 1979). Após dois anos de ensaios de produção, as cultivares

"Mpan 51" e "Mmex 59", superaram a variedade local Criolla, em 64% e 62%, respectivamente, sendo liberadas por HOLGUIN *et alii* (1981).

Através de seleção massal estratificada na variedade "Llanera", TINEO (1977) obteve ganhos na seleção de 20% para produção total de raízes e 25% para produção de raízes comerciais, correspondentes às produções de 35 e 32 t/ha, respectivamente.

Cruzamento interespecífico entre *M. esculenta* e *M. glaziovii* produziu o genótipo 58308 que, a partir da terceira geração de retrocruzamentos, produziu progênes resistentes às duas doenças principais de mandioca: bacteriose e mosaico africano (HANN *et alii*, 1980). Estudos de herança mostraram: correlação genotípica significativa ($r = 0,90$) entre resistência às duas doenças; herdabilidade de 50 a 70% para mosaico africano e herdabilidade de 25 a 65% para bacteriose; a resistência às duas doenças teria controle poligênico.

FUKUDA (1979) selecionou 261 híbridos, com base no aspecto geral da planta, produção de raízes e índice de colheita (quociente entre peso de raízes e peso total da planta). Os híbridos foram propagados por reprodução vegetativa e sexuada, e avaliados para produção de raízes e índice de colheita. As correlações entre os dois processos de reprodução foram significativas e positivas: $r = 0,38$ para produção de

raízes e $r = 0,51$ para índice de colheita.

KAWANO (1982) observou correlações altas entre parentais e decendentes, para os caracteres: índice de colheita ($r = 0,74$), conteúdo de matéria seca nas raízes ($r = 0,70$) e grau de deterioração das raízes pós-colheita ($r = 0,64$). Mencionou que o índice de colheita é mais importante que a produção de raízes, quando as plantas estão avaliadas em base de plantas individuais, em fileiras (canteiros com cinco plantas de cada genótipo) ou em ensaios de competição. Foram estimadas correlações entre resultados obtidos em fileiras e em ensaios: $r = 0,07$ para peso fresco de raízes e $r = 0,61$ para índice de colheita. Entre peso fresco de raízes e índice de colheita a correlação foi $r = 0,41$. Salientou a seleção baseada no índice de colheita como fator importante para aumentar a eficiência no trabalho de melhoramento. O autor mencionou que o programa de fitomelhoramento de mandioca do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia, após quatro anos de trabalho, obteve híbridos que rendem mais de 50 t/ha/ano, superando as variedades locais em 100%. Este progresso foi obtido com uso da seguinte metodologia: seleção de clones com base no índice de colheita e outros caracteres superiores; cruzamentos controlados, avaliação e seleção dos cruzamentos.

BARRIGA (1980) estudando a caracterização de

cultivares de mandioca com relação à produção e estabilidade, obteve coeficientes de determinação genotípica mais elevados nos experimentos que tiveram menor coeficiente de variação experimental.

2.3. Estudos genéticos e modo de reprodução

A pequena quantidade de estudos genéticos e citogenéticos em mandioca, provavelmente se deve ao número limitado de geneticistas que se dedicam integralmente à espécie.

Tem sido identificados genes marcadores para três caracteres. GRANER (1942) estudando a herança da forma do lóbulo foliar e da cor da película da casca da raiz, demonstrou que as heranças apresentadas pelos dois caracteres são monogênicas e independentes, com simbologia Vv e Mm, respectivamente. Concluiu que o alelo condicionando lóbulos estreitos é dominante sobre o que determina a presença de lóbulos largos, mas, alteração na intensidade luminosa modifica o sentido da dominância; concluiu ainda que o alelo que condiciona película marrom é dominante sobre o que determina a presença de película branca. Um terceiro caráter, correspondente a coloração roxa ou verde das veias das folhas, tem sido utilizado como marcador genético, porém, a herança deste caráter ainda é desconhecida (KAWANO *et alii*, 1978).

HERSHEY e AMAYA (1982) mencionam que estudos preliminares de vários caracteres agronômicos e resistência a insetos têm indicado que estes estão controlados por muitos genes. HAHN *et alii* (1980) assumem que a resistência às doenças bacteriose e mosaico africano são de natureza poligênica.

ALLARD (1971) menciona que a experiência dos melhoristas indica que as variedades agrícolas reproduzidas assexuadamente são altamente heterozigotas e segregam amplamente quando se reproduzem por via sexual. KAWANO *et alii* (1978) autofecundando 12 genótipos, observaram uma perda de vigor de 54% em produção de raízes, fato que evidenciou ser a mandioca altamente heterozigota.

O modo de reprodução, alguns dos princípios básicos da biologia da reprodução, hábito de florescimento e polinização, devem ser conhecidos pois, são indispensáveis a um programa de melhoramento (GRANER, 1942; TOLEDO, 1964; ALBUQUERQUE, 1969; VIEGAS, 1976; CONCEIÇÃO, 1979; KAWANO, 1980). A mandioca é uma espécie monóica que possui flores estaminadas e pistiladas na mesma inflorescência, a floração sempre acompanha a ramificação do caule, de tal forma que as cultivares que não ramificam não florescem. Geralmente, a maioria das cultivares floresce. As flores masculinas são menores e ocorrem em maior número do que as femininas. Numa mesma inflorescência as flores masculinas situam-se na parte superior e as femininas na parte inferior. O hábito de floração é a proto-

genia, sendo que as flores femininas abrem aproximadamente dez dias antes que as masculinas; geralmente são encontradas poucas flores femininas e muitas masculinas na mesma inflorescência. Tanto a protogenia como a discrepância na quantidade de flores favorecem a exogamia. A época de florescimento varia com os clones e condições ambientais. De acordo com CHANDRA-RATNA e NANAYAKKARA (1948) o estigma permanece receptível menos de vinte e quatro horas e o pólen seco permanece viável por cerca de seis dias.

KAWANO *et alii* (1978) mencionam que não existem barreiras genéticas nem fisiológicas para autopolinização em mandioca. A polinização cruzada dependeria de vários fatores: época de florescimento, posição física dos genótipos, entre outros. Usando a cor das nervuras das folhas como marcador genético, os autores não conseguiram determinar a taxa de cruzamentos salientando que obtiveram muitas plantas provenientes de autopolinização. Pesquisas feitas pelo CIAT (1974), utilizando a cor das veias das folhas como marcador genético e vários sistemas de plantios, encontraram valores baixos, 5 a 8%, de polinização cruzada. As pequenas porcentagens de cruzamento foram justificadas por não-coincidência de florescimento entre fileiras masculinas e femininas. A repetição da pesquisa, utilizando, agora, genótipos com diferentes épocas de florescimento, de maneira a se obter florescimento praticamente contínuo, levou à obtenção de 31 a 41% de

polinização cruzada, ALBUQUERQUE (1969) observou que, devido à ocorrência de protogenia, grande parte das sementes obtidas por polinização natural eram resultantes de cruzamentos, devendo a mandioca ser incluída no grupo de plantas alógamas. PEREIRA *et alii* (1978), utilizando como marcadores genéticos a forma do lóbulo foliar e a cor da película da raiz, encontraram uma taxa de fecundação cruzada de 63 e 100% respectivamente. ACOSTA *et alii* (1982) utilizando a técnica de policruzamentos, com os resultados obtidos concluíram que existiu uma predominância de fertilização cruzada. A polinização cruzada na mandioca é entomófila, através de abelhas e vespas, muito embora o vento também contribua (ALBUQUERQUE, 1969 e CONCEPÇÃO, 1979).

2.4. Técnica de policruzamentos

De acordo com WELLENSTEK (1952) a técnica de "Polycross" foi primeiramente descrita por H.N. Frandsen em 1940. Em português o termo "polycross" foi traduzido por policruzamentos (VELLO, 1977).

A técnica de policruzamentos tem sido estudada e empregada em gramíneas forrageiras perenes e alógamas (WHYTE *et alii*, 1968; KNOWLES, 1969; CARLSON, 1971) em menor escala alfalfa (TYSDAL e CRANDALL, 1948), beterraba açucareira, centeio e repolho (HEEMSTRA, 1955), milho (GUTIERREZ e SPRA-

GUE, 1959), brássicas em geral (NIEUWHOF, 1963, 1969; GOWERS, 1974), couve-brócolos (ANSTEY, 1954; VELLO, 1977 e AJUDARTE NETO, 1979).

Para alcançar uma eficiência satisfatória no emprego de policruzamentos é necessário que um grupo de genótipos seja intercruzado em campos isolados; os genótipos são repetidos e casualizados com finalidade de se promover cruzamentos ao acaso, de tal forma que, cada genótipo tenha a mesma chance de ser polinizado por qualquer outro genótipo da população. Existem pelo menos seis fatores importantes que influenciam a polinização e conseqüentemente a eficiência dos policruzamentos: a. espaçamento e disposição das plantas no lote isolado (NIEUWHOF, 1963; CARLSON, 1971); b. grau de incompatibilidade entre genótipos idênticos (NIEUWHOF, 1963, 1968, 1969); c. o tempo de florescimento (FREEMAN, 1967); d. quantidade e qualidade do pólen (FREEMAN, 1967); e. atividade de vetores entomófilos (NIEUWHOF, 1963; FREE, 1970) e f. direção predominante dos ventos (NIEUWHOF, 1963; FREEMAN, 1967; CARLSON, 1971).

Modelos para disposição em lotes de policruzamentos envolvendo até 50 clones, utilizando o princípio dos números primos, foram desenvolvidos por WRIGHT (1965). Com base no mesmo princípio OLESEN e OLESEN (1973) desenvolveram fórmula de grande utilidade para orientação e disposição das plantas que devem participar dos policruzamentos. Trata-se

de um arranjo matricial correspondente a um modelo parcialmente balanceado, pois é balanceado somente nas direções principais (Norte, sul, leste e oeste). Um modelo totalmente balanceado para os oito vizinhos mais próximos, ou seja, para as direções principais e intermediárias (nordeste, noroeste, sudeste e sudoeste) foi delineado por OLESEN (1976). Estes modelos foram discutidos por VELLO (1977).

TYSDAL e CRANDALL (1948) salientam que as progênies policruzadas de melhor comportamento, tem também capacidade de combinação desejável. Segundo VELLO (1977), progênies policruzadas avaliam mais facilmente a tradicional capacidade geral de combinação descrita por SPRAGUE e TATUM (1942).

Um método de melhoramento que pratica seleção somente dentro de progênies e recombinação por policruzamentos foi delineado por VELLO (1977) para couve-brócolos ramosa. Generalização do método para espécies alógamas e dedução das expressões para estimação do progresso esperado na seleção foram feitas por VELLO e VENCovsky (1982).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização, clima e solo

O presente trabalho foi conduzido na Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, Estado de São Paulo, pertencente ao Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), da Universidade de São Paulo, durante o ano agrícola 1980/81. A Estação Experimental localiza-se a $22^{\circ} 48' 00''$ de latitude sul, $48^{\circ} 07' 00''$ de longitude oeste, e a uma altitude de aproximadamente 469 metros (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1957).

De modo geral, o clima da região se caracteriza pela existência de uma estação quente e úmida (outubro a abril) e outra fria e seca (maio a setembro). As médias mensais de temperatura e os totais de precipitação mensal da Estação Experimental encontram-se no Anexo 3.

O solo no local de ensaio, caracteriza-se por apresentar textura arenosa, com baixo pH e alta concentração de elementos tóxicos, especialmente alumínio, semelhante aos solos de cerrado. A análise química encontra-se no Anexo 4.

3.2. Descrição do material

O material utilizado neste trabalho compreendeu 17 tratamentos, envolvendo nove genótipos selecionados pela alta produção de raízes, pela Seção de Raízes e Tubérculos do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e suas correspondentes progênies policruzadas, com exceção do genótipo IAC 105-66 Caapora.

A relação dos tratamentos, designação, classificação relativa ao conteúdo de ácido cianídrico (HCN) na polpa crua e procedência, é apresentada a seguir.

Nº de trata- mento	Designação <u>1/</u>	Classi- ficação (HCN) <u>2/</u>	Procedência
Progenitores			
1	SRT 1-Vassourinha	Mansa	São Paulo
2	SRT 59-Branca de Santa Catarina	Brava	Sta.Catarina
3	IAC 12-829 <u>3/</u>	Interme- diária	Campinas
4	IAC 105-66 Caapora <u>4/</u>	Brava	Campinas
5	IAC 14-18 <u>5/</u>	Mansa	Campinas
6	SRT 1099-Taquari	Interme- diária	R.G. do Sul
7	SRT 1139-Aipim Bravo	Brava	Bahia
8	SRT 1105-Mico	Brava	Sta.Catarina
9	SRT 1198-Engana Ladrão	Brava	Brasília
Progênies Policruzadas			
10	SRT 1-Vassourinha - PP		
11	SRT 59-Branca de Santa Catarina - PP		
12	IAC 12-829 - PP		
13	IAC 14-18 - PP		
14	SRT 1099-Taquari - PP		
15	SRT 1139-Aipim Bravo - PP		
16	SRT 1105-Mico - PP		
17	SRT 1198-Engana Ladrão - PP		

1/: SRT significa material introduzido pela Seção de Raízes e Tubérculos do IAC; IAC representa material obtido pelo programa de Melhoramento do IAC; PP simboliza progênie po-
cruzada, cujas sementes foram colhidas no progenitor fe-
minino mencionado.

2/: Mansa = menos que 100 ppm de HCN na polpa crua;
Intermediária = entre 100 e 200 ppm de HCN na polpa crua;
Brava = mais que 200 ppm de HCN na polpa crua.

3/: IAC 12-829: obtido utilizando-se o genótipo Branca de San-
ta Catarina (SRT 59) como progenitor feminino,

4/: IAC 105-66 Caapora: obtido utilizando-se o genótipo Bran-
ca de Santa Catarina (SRT 59) como progenitor feminino;

5/: IAC 14-18: obtido utilizando-se o genótipo Guaxupé (SRT
454) como progenitor feminino.

3.3. Obtenção das progênes policruzadas

Em treze de setembro de 1979, o IAC instalou na sua Estação Experimental de Tietê, um lote de policruzamentos, com os nove genótipos parentais. Foram utilizadas estacas de 20 cm de comprimento, dispostas horizontalmente no solo, a 10 cm de profundidade, espaçadas 1,5 m entre si, totalizando uma área de 2.196 m^2 , compreendendo 16 repetições de nove parcelas, com nove plantas cada uma. Assim, foram instaladas $16 \times 9 \times 9 = 1.296$ plantas. Em cada parcela, existia uma planta central, representada por um dos nove parentais, circundada por oito plantas representativas dos demais oito parentais. As plantas foram pulverizadas, quinzenalmente, com Dieldrin 50 PM (2 g por litro de água), até o início do florescimento, para controlar a mosca dos brotos (*Silba pendula*). Todos os frutos formados foram protegidos com sacos de polietileno, com a finalidade de evitar a perda de sementes por ocasião da deiscência dos frutos e evitar o ataque da mosca da fruta (*Anastrepha manihoti*). Através de polinização entomófila, promoveu-se a recombinação de cerca de 1.300 plantas. As sementes foram colhidas somente na planta central de cada parcela.

Progênes policruzadas foram obtidas através de mistura de sementes produzidas pelas plantas centrais das parcelas, portanto, tendo em comum o progenitor feminino; tomou-se igual quantidade de sementes de cada uma das 16 repeti

ções. O genótipo IAC 105-66 Caapora contribuiu somente com pólen, pois, não produziu flores femininas, razão pela qual se obteve um total de oito progênes policruzadas.

3.4. Semeadura das progênes policruzadas

As sementes das progênes policruzadas foram postas a germinar em sacos de polietileno de 18 cm de comprimento por 8 cm de largura, contendo uma mistura de terra, areia e esterco de curral em quantidades iguais e esterilizada com brometo de metila. A semeadura foi realizada em 17 de outubro de 1980. Para minimizar problemas de adaptação, as plantas colocadas nos sacos plásticos permaneceram em contato direto com o meio ambiente durante 60 dias, antes de serem levadas para o campo experimental.

3.5. Instalação do experimento

Em 16 e 17 de dezembro de 1980 realizou-se o plantio dos nove progenitores e das oito progênes policruzadas na Estação Experimental de Anhembi. As oito progênes policruzadas foram plantadas através de mudas com 60 dias de idade (ver ítem 3.4). Os nove progenitores foram multiplicados por estacas de 20 cm de comprimento, retiradas do terço médio e anterior das hastes lenhosas. No plantio, as estacas

foram colocadas no solo a 10 cm de profundidade média, inclinadas de um ângulo de 45° , de forma tal que as gemas ficaram voltadas para cima. Considerou-se que um cultivo prévio de 60 dias a partir da semeadura, deve ter colocado as progênes policruzadas num estado de desenvolvimento fisiológico semelhante aquele dos progenitores multiplicados por estacas. Os 17 tratamentos foram delineados em blocos ao acaso, com 10 repetições. O plantio foi feito em fileiras espaçadas de 2 m. As parcelas foram distribuídas dentro das fileiras, com espaçamento de 1,5 m entre plantas. Portanto, cada planta ocupou área de 3 m^2 . Cada parcela possuía três plantas, ocupando área de 9 m^2 . Este experimento compreendeu 30 plantas por tratamento, totalizando 510 plantas individuais e área de 1.530 m^2 , correspondendo a uma população de 3.333 plantas/ha. Utilizou-se esta densidade, muito menor que aquela das culturas comerciais (10-15 mil plantas/ha), com a finalidade de permitir que cada genótipo expresse seu máximo potencial de rendimento, reduzindo ao mínimo a competição intergenotípica e facilitando o registro das observações. O experimento foi acrescido de uma bordadura, formada por uma fileira de plantas individuais, em todo o seu perímetro.

O período experimental estendeu-se por oito meses, desde o plantio no campo (16 e 17 de dezembro de 1980), até a data de colheita (13 de agosto de 1981).

3.6. Caracteres avaliados

Todos os caracteres foram avaliados em plantas individuais, no final do período experimental correspondente ao ciclo vegetativo de oito meses.

3.6.1. Altura da planta

A altura das plantas foi calculada medindo-se a distância entre o nível do solo e a extremidade superior da planta, em metros.

3.6.2. Diâmetro da planta

Avaliou-se o diâmetro da copa da planta, através da distância, em metros, entre duas extremidades de uma suposta circunferência, dentro da qual a maioria da copa estava incluída.

3.6.3. Número de raízes

As plantas foram arrancadas e o número de raízes foi obtido através da contagem do número total de raízes por planta. Os dados de contagem foram transformados em $\sqrt{x}$, com a finalidade de se conseguir aproximação à distribuição

normal, necessária aos testes de hipótese (STEEL e TORRIE, 1980).

3.6.4. Produção de raízes

A produção foi calculada pelo peso das raízes frescas de plantas individuais transformado para t/ha.

3.6.5. Índice de colheita

O índice de colheita foi estimado pelo quociente entre o peso de raízes e o peso total da planta.

3.7. Procedimentos estatísticos

As observações experimentais foram submetidas à análise de variância, para cada caráter individualmente: altura da planta, diâmetro da planta, número de raízes, produção de raízes e índice de colheita.

A análise de variância foi feita de acordo com o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_j + e_{ij} + d_{ijk}$$

Y_{ijk} = valor fenotípico de um caráter referente à planta k , do tratamento i , na repetição j ;

m = média geral do caráter;

t_i = efeito do tratamento i ;

b_j = efeito da repetição j ;

e_{ij} = erro experimental associado à parcela ij ;

d_{ijk} = desvio associado à planta k , da parcela ij .

Inicialmente, progenitores e progênes policruzadas foram incluídos na mesma análise de variância, de maneira que os graus de liberdade de tratamentos foram desdobrados em: Progenitores (P), Progênes Policruzadas (PP) e P vs PP. Esta análise inicial permitiu, assim, comparar o comportamento médio dos progenitores com aqueles das progênes policruzadas.

Numa segunda etapa, as observações experimentais foram separadas em análises de variância particulares para progenitores e progênes. Esta separação teve duas finalidades: evitar possíveis diferenças nas magnitudes dos erros experimentais, em razão de progenitores terem sido instalados por estacas e as progênes a partir de sementes; possibilitar estimativas de parâmetros genéticos e ambientais mais repre-

sentativos de cada tipo de tratamento. Os esquemas das análises de variância, juntamente com as esperanças matemáticas dos quadrados médios foram incluídos nos Anexos 1 e 2. Conforme pode ser observado nestes anexos, o efeito de progenitores foi considerado fixo e o efeito de progênes aleatório. Com base nos Anexos 1 e 2, os seguintes parâmetros foram estimados:

a. Componente quadrático da variação genotípica entre progenitores (V_p):

$$\hat{V}_p = \frac{Q_3 - Q_2}{R}$$

b. Variância genética entre progênes policruzadas (σ_{pp}^2):

$$\hat{\sigma}_{pp}^2 = \frac{Q_3 - Q_2}{R}$$

c. Variância do erro experimental entre parcelas (σ_e^2):

$$\hat{\sigma}_e^2 = Q_2 - \frac{1}{K} Q_1$$

d. Variância ambiental (análise dos progenitores) ou fenotípica (análise das progênes) entre plantas dentro de parcelas (σ_d^2):

$$\hat{\sigma}_d^2 = Q_1$$

e. Coeficiente de determinação genotípica ao nível de plantas individuais, para os progenitores (b):

$$b = \frac{V_P}{V_P + \sigma_e^2 + \sigma_d^2}$$

O b mede a proporção da variância fenotípica total que é de natureza genética. Assim, de maneira semelhante ao coeficiente de herdabilidade, o valor de b pode variar de 0 a 1. Será igual a zero, quando toda a variância fenotípica for de natureza ambiental. Será igual a 1, quando toda a variância fenotípica for de natureza genética.

f. Variância genética aditiva (σ_A^2) :

$$\hat{\sigma}_A^2 = 4 \hat{\sigma}_{PP}^2$$

Para obter a equação anterior, considerou-se que progênies policruzadas são progênies de meios irmãos. A variância genética entre progênies de meios irmãos corresponde a $(1/4)\sigma_A^2$ (FALCONER, 1981).

g. Variância dominante (σ_D^2) :

σ_{dpp}^2 : variância fenotípica dentro de parcelas das progênies policruzadas;

σ_{dp}^2 : variância ambiental dentro de parcelas de progenito-

tores;

σ_{dg}^2 : variância genética dentro de parcelas de progênies policruzadas.

$$\sigma_{dg}^2 = \sigma_{dPP}^2 - \sigma_{dP}^2 = \frac{3}{4} \sigma_A^2 + \sigma_D^2$$

mas:

$$\sigma_A^2 = 4 \sigma_{PP}^2$$

então:

$$\sigma_{dg}^2 = 3 \sigma_{PP}^2 + \sigma_D^2$$

e:

$$\sigma_D^2 = \sigma_{dg}^2 - 3 \sigma_{PP}^2$$

ou:

$$\sigma_D^2 = \sigma_{dPP}^2 - \sigma_{dP}^2 - 3 \sigma_{PP}^2$$

em termos de quadrados médios:

$$\sigma_D^2 = Q_1(\text{Progênies}) - Q_1(\text{Progenitores}) + \\ - 3 \frac{Q_3(\text{Progênies}) - Q_2(\text{Progênies})}{R}$$

h. Coeficiente de herdabilidade no sentido restrito e ao nível de plantas individuais (H^2):

$$H^2 = \frac{4 \sigma_{PP}^2}{\sigma_{PP}^2 + \sigma_e^2 + \sigma_d^2}$$

i. Grau médio de dominância (g.m.d.):

$$gmd = \sqrt{\frac{2 \sigma_D^2}{\sigma_A^2}}$$

se:

$gmd = 0$, indica ação gênica aditiva;

$gmd = 1$, indica dominância completa;

$0 < gmd < 1$, indica dominância parcial;

$gmd > 1$, indica sobredominância.

Foram estimados os erros associados às estimativas de parâmetros genéticos. As expressões necessárias para estimação de tais erros foram obtidas pela utilização da metodologia de VELLO e VENCovsky (1974).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Considerações gerais

A sobrevivência de plantas por parcela foi alta, pois para um total de 510 plantas ocorreram aleatoriamente apenas 27 falhas (5%). A reduzida quantidade de falhas contribuiu para assegurar desejável precisão experimental. Para os progenitores, os coeficientes de variação das análises oscilaram de 7,8%, para o caráter altura da planta, até 24,3% para produção de raízes (Tabela 2). Para as progênies polí-cruzadas, os coeficientes de variação foram de 8,8% para número de raízes e 26,7% para produção de raízes. A produção de raízes mostrou ser um caráter com tendência a ter coeficientes de variação experimental relativamente mais altos. De fato, ACOSTA (1978) encontrou $CV = 19\%$ e BARRIGA (1980) estimou $CV = 18$ a 43% . Uma possível explicação seria uma herança genética mais quantitativa do caráter produção de raízes, em re

lação aos demais caracteres.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, o comportamento médio das progênies policruzadas é diferente do comportamento dos progenitores para altura da planta, diâmetro da planta, produção de raízes e, talvez, número de raízes. O índice de colheita foi o único caráter em que, progenitores e progênies mostraram comportamento médio realmente semelhante. Ainda com base na Tabela 1, verificou-se a existência de diferenças altamente significativas para todos os cinco caracteres dos progenitores. Já entre as progênies, diferenças significativas ocorreram apenas para altura da planta e índice de colheita.

Nas Tabela 3, 4, 5, 6 e 7 foram apresentadas as médias, limites inferior e superior, amplitude e diferença entre progenitores e progênies policruzadas para altura da planta, diâmetro da planta, número de raízes, produção de raízes e índice de colheita.

Entre os progenitores, a altura da planta variou de 1,15 a 2,80 m, com média igual a 1,88 m. As progênies mostraram plantas com altura de 1,00 a 2,80 m, e média igual a 1,94 m. Os genótipos SRT 1105- Mico , SRT 1- Vassourinha , IAC 12-829, IAC 14-18, apresentaram a menor altura da planta, tanto entre os progenitores como entre as progênies policruzadas. Os genótipos IAC 105-66-Caapora e SRT 1099 - Ta

quari apresentaram a maior altura da planta entre os progenitores, enquanto que SRT 1099-Taquari, SRT 1198-Engana Ladrão, SRT 1139-Aipim Bravo IAC 14-18 foram os de maior altura entre progênies policruzadas.

O conhecimento do comportamento médio dos caracteres avaliados pode vir a ajudar nos trabalhos de seleção. Numa região com predominância de ventos fortes, torna-se necessária a utilização de genótipos com porte baixo, para minimizar a ocorrência de acamamentos. Genótipos de porte alto poderiam ser recomendáveis para regiões com solo de baixa fertilidade, de maneira a se obter uma altura de planta mínima necessária para se conseguir reações fisiológicas em intensidade normais. Seguindo este mesmo raciocínio, para regiões de solos férteis, recomendar-se-iam genótipos de porte baixo, especialmente se existirem ventos fortes na região.

O diâmetro médio das plantas variou de 1,00 a 2,10 m, com média 1,55 m, para progenitores. Para as progênies, o diâmetro variou de 0,60 a 2,20 m com média igual a 1,13 m. Os progenitores com menor desenvolvimento em diâmetro foram: IAC 14-18, SRT 1-Vassourinha, SRT 1105-Mico; e, os progenitores com maior diâmetro compreenderam: SRT-Branca de Santa Catarina, SRT-1139-Aipim Bravo. Não houve diferenças significativas em diâmetro entre os genótipos das progênies, mas o genótipo IAC 12-829 foi o menos desenvolvido, enquanto que SRT 1198-Engana Ladrão foi o mais desenvolvido em diâme-

tro.

Existem evidências de que o diâmetro da planta está relacionado ao número de ramificações da parte aérea da planta; todavia, as causas da ramificação em mandioca não são ainda conhecidas (COCK, 1982). O número mais comum de ramos é de 2 ou 3 em cada ponto de ramificação. Ótimos níveis de rendimento em raízes foram observados em genótipos que ramificam de 8 a 10 meses pós-plantio (CIAT, 1978).

Genótipos com menor diâmetro da planta permitiriam aumentar a população de plantas por área. Atualmente, são utilizadas populações com 12000 plantas/ha em plantios comerciais. Com maior população de plantas por área, ocorreria aumento de produção de raízes, em função de maior número de raízes por área. Outra consequência de maior população de plantas por área seria a diminuição do tamanho médio das raízes, fato que facilitaria os trabalhos de colheita, nos plantios destinados à indústria.

Entre os progenitores, o número médio de raízes variou de 2,00 a 5,57, com média de 3,80 raízes por planta. Entre as progênies, houve variação de 2,45 a 5,74, com média de 3,65 raízes por planta. Os progenitores poderiam ser classificados em dois grupos: o primeiro grupo envolveu os genótipos com menor número de raízes por planta, incluindo: SRT 1105-Mico, SRT 1139-Aipim Bravo SRT 105-66-Caapora, SRT

1198-Engana Ladrão, IAC 12-829; o segundo grupo, compreendeu os progenitores com maior número de raízes por planta: IAC 14-18, SRT 1099-Taquari, SRT 1-Vassourinha; o progenitor SRT 59-Branca de Santa Catarina mostrou número de raízes intermediário aos dois grupos mencionados. Não foram detectadas diferenças significativas entre as progênes, todavia o genótipo IAC 12-829 mostrou o menor número e o genótipo SRT 1139-Aipim Bravo exibiu o maior número de raízes por planta.

De acordo com a Tabela 5, um mesmo genótipo pode apresentar números de raízes diferentes, mesmo dentro de uma área experimental restrita, como a área utilizada neste trabalho. Genótipos possuindo altos rendimentos em raízes, normalmente apresentam um mínimo de nove raízes bem desenvolvidas (CIAT, 1974). Já foi mencionado antes, que o número de raízes poderia ser alterado, também em função da população de plantas por área.

A produção de raízes variou de 2,875 a 37,228, com média de 16,835 t/ha para os progenitores. Entre as progênes, a variação da produção foi de 1,513 a 35,715, com média de 13.468 t/ha. Entre os progenitores existiram dois grupos principais: o primeiro grupo, incluindo os genótipos com menor produção de raízes: SRT 1139-Aipim Bravo, SRT 1198-Engana Ladrão, IAC 105-66-Caapora, SRT-Vassourinha, SRT 1105 - Mico; o segundo grupo envolvendo os progenitores com produção superior de raízes: SRT 1099-Taquari, SRT 59-Branca de Santa

Catarina; os progenitores IAC 14-18 e IAC 12-829 exibiram produções de raízes intermediárias aos dois grupos mencionados. Entre as progênies, não foram detectadas diferenças significativas, mas o genótipo IAC 12-829 foi o menos produtivo, enquanto que SRT 1099-Taquari foi o mais produtivo.

Os valores elevados de produção média observados para progenitores (16,8 t/ha) e para progênies policruzadas (13,5 t/ha), num período experimental de 8 meses, comprovaram a excelente adaptação da mandioca para cultivos em solos ácidos de baixa fertilidade, como o solo utilizado nesta pesquisa (Apêndice 4). Convém salientar a não utilização de adubação neste experimento. Níveis de produção tão elevados como os observados nesta pesquisa, só ocorrem em plantios comerciais na região quando o ciclo vegetativo é estendido para 16 a 24 meses. Tal fato indica o excelente potencial produtivo aliado à desejável precocidade dos genótipos utilizados.

A ampla variação observada na produção de raízes permitiria antever sucesso na seleção para aumentar a produção de mandioca por unidade de área. Salientou-se o genótipo SRT 1099-Taquari devido ter apresentado o maior nível de produção e transmitir esta alta capacidade produtiva para sua progênie policruzada.

Entre os progenitores, o índice de colheita variou de 0,23 a 0,82, com média de 0,56. Entre as progênies

policruzadas, a variação no índice de colheita foi de 0,18 a 0,82, com média também igual a 0,56. Portanto, em termos médios, tanto progenitores quanto progênes apresentaram plantas cujo peso das raízes representou 56% do peso total da planta. Dentre os progenitores, os genótipos SRT 1198-Engana Ladrão, SRT 1139-Aipim Bravo apresentaram índices de colheita inferiores; os genótipos IAC 12-829, SRT 1-Vassourinha, SRT 1105-Mico, exibiram índices superiores; os demais genótipos mostraram índices de colheita intermediários. Dentre as progênes policruzadas, os genótipos SRT 1198-Engana Ladrão, SRT 1139-Aipim Braxo, IAC 14-18, SRT 1099-Taquari apresentaram índices relativamente baixos; no entanto, os genótipos SRT 1-Vassourinha, SRT 1105-Mico, SRT 59-Branca de Santa Catarina, IAC 12-829 apresentaram índices de colheita relativamente altos.

De acordo com CIAT (1975), os genótipos com crescimento aéreo demasiadamente vigoroso, geralmente tem índice de colheita muito baixo. Os resultados obtidos nesta pesquisa mostraram algumas exceções a esta tendência. Assim sendo, genótipos de crescimento vegetativo (altura e diâmetro) vigoroso como SRT 59-Branca de Santa Catarina e SRT 1099 - Taquari foram também os mais produtivos, resultando em índices de colheita (0,59 e 0,58) não muito diferentes daqueles apresentados pelos genótipos de crescimento reduzido (0,66 para SRT 1-Vassourinha e SRT 1105-Mico). Realmente, as médias de

Índice de colheita apresentadas pelos genótipos mais vigorosos, SRT 59-Branca de Santa Catarina (0,58) e SRT 1099-Taquari (0,59), estão muito próximas de 0,60, valor considerado como ideal em mandioca (KAWANO, 1982). É interessante salientar que entre as progênies policruzadas existiram plantas com índices de colheita iguais a 0,73 (para o progenitor feminino SRT 59-Branca de Santa Catarina) e 0,69 (para o progenitor feminino SRT 1099-Taquari). O genótipo ideal seria pois, aquele que apresentou elevada produção de raízes associada com índice de colheita em torno de 0,60. Dessa forma, a produção além de ser elevada deveria representar pelo menos 60% do peso total da planta, para se ter um genótipo ideal. Os resultados obtidos indicaram a existência desse genótipo ideal entre as progênies policruzadas.

Com base nas Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7, verificou-se existir algumas associações entre os caracteres. Assim sendo, genótipos com maior número de raízes mostraram tendência de produção superior (associação positiva). Pesquisas feitas por CIAT (1974) também mostraram que menor número de raízes bem desenvolvidas, geralmente está associado com produção menor e vice-versa. Genótipos com menor desenvolvimento em altura e diâmetro da planta exibiram tendência de índice de colheita superior (associação negativa). Estudos de correlação entre caracteres seriam recomendáveis para quantificar as associações mencionadas. De particular interesse seria a ava

liação da existência de correlação entre produção e caracteres da parte aérea, com manifestação precoce; a existência de algum caráter da parte aérea, possuindo desenvolvimento precoce e valor alto de correlação com produção, seria extremamente desejável para facilitar a avaliação do potencial produtivo na fase inicial da cultura, abreviando o intervalo de tempo entre ciclos de seleção.

4.2. Eficiência dos policruzamentos

Um esquema eficiente de policruzamentos seria aquele que garantisse igual probabilidade de participação de todos os genótipos na formação de gametas e na recombinação gênica. A eficiência dos policruzamentos foi evidenciada por dois eventos: menor variação entre progênes policruzadas e maior variação dentro de progênes, quando comparadas com a variação entre e dentro de progenitores. Critérios semelhantes foram utilizados por VELLO (1977) em couve-brócolos.

A menor variação relativa entre progênes policruzadas foi evidenciada pela menor magnitude dos quadrados médios entre progênes, quando comparados com os quadrados médios entre progenitores, de maneira sistemática para todos os cinco caracteres avaliados (Tabelas 1 e 2).

A maior variação relativa dentro de progênes

policruzadas pode ser visualizada pela diferença na amplitude de variação entre progênies policruzadas e entre progenitores, para quatro dos cinco caracteres avaliados (Tabelas 3, 4, 6 e 7). Esta tendência foi confirmada pelos valores superiores de variância dentro de progênies e pelos valores relativamente baixos e não-significativos de correlação (Spearman) entre variabilidade dentro de progênies e de progenitores (Tabela 9).

No esquema de policruzamentos utilizado, com parcelas de nove plantas individuais e colheita de sementes da planta central, a planta central tem a função de contribuir com óvulos (gametas femininos) e as oito plantas vizinhas com grãos de pólen (gametas masculinos). A ocorrência de protogenia (flores femininas amadurecem uma a duas semanas antes das masculinas) em mandioca constitui-se numa garantia de eficiência de ocorrência de intercruzamentos, proporcionando recombinação equilibrada.

O esquema de parcelas com nove plantas e colheita da planta central, deve ter proporcionado condições favoráveis para os intercruzamentos, pois cada progenitor teve todos os outros oito progenitores como vizinhos, exceto algumas poucas falhas, em 16 repetições. Tal esquema deve ser ainda mais eficiente na recombinação gênica que os esquemas parcialmente balanceado (WRIGHT, 1965; OLESEN e OLESEN, 1973) e completamente balanceado (OLESEN, 1976), nos quais geralmen

te cada parcela é constituída por uma única planta. Esta vantagem seria mais significativa na presença de falhas de plantas e/ou florescimento não coincidente entre os diferentes genótipos. Este tipo de vantagem também existiria, mas em menor intensidade, em relação ao esquema de policruzamentos que envolve a prática de seleção (VELLO, 1977), no qual, também, uma única planta por parcela participa das recombinações, uma vez que a seleção elimina todas as demais plantas de cada progênie antes do florescimento. No entanto, para os caracteres em que só fosse possível praticar seleção após o florescimento, várias plantas de uma parcela participariam da recombinação. Uma desvantagem do esquema de parcelas com nove plantas e colheita de sementes da planta central é a maior área de terreno necessária para produzir uma determinada quantidade de sementes.

Foi constatada a presença de insetos polinizadores (abelhas e vespas) no lote de policruzamentos, em quantidade satisfatória para a ocorrência normal de intercruzamentos. Além de insetos e vespas, também o vento pode contribuir para polinização em mandioca (ALBUQUERQUE, 1969; CONCEIÇÃO, 1979). A mandioca possui plantas prolíficas, com muitas flores, de maneira que a sincronização do florescimento entre os diferentes genótipos seria assegurada. Estes dois últimos fatos, também devem ter contribuído para evitar autofecundações e cruzamentos preferenciais, que poderiam levar à endogamia. Embora os insetos, principalmente as abelhas, tenham a-

tuação de polinização concentrada numa pequena área, com 1,5 m de diâmetro máximo, a ocorrência de autofecundações indesejáveis é em grande parte evitada devido a preferência por pólen estranho durante a fecundação (FREE, 1970).

4.3. Estimativas dos parâmetros genéticos

As estimativas de parâmetros genéticos foram calculadas a partir de um experimento conduzido durante um ciclo vegetativo de oito meses, no campo experimental de Anhembi. Trata-se, portanto, de resultados obtidos em um único local e ano agrícola. Neste caso, o efeito de interação entre genótipos e ambientes fica confundido com a variação genotípica. Os resultados obtidos são restritos às condições específicas de cultivo de mandioca na região Centro Sul do Brasil. No entanto, é muito provável que algumas progênies policruzadas superiores também poderiam apresentar adaptações a outros ambientes.

As estimativas obtidas para os diferentes parâmetros genéticos foram apresentadas na Tabela 8. Os parâmetros estimados podem ser classificados em duas categorias: na primeira, incluíram-se os parâmetros relacionados com os progenitores "per se"; na segunda categoria, colocaram-se os parâmetros relacionados à população formada pelas progênies policruzadas. Considerando-se que os policruzamentos foram efi

cientes em promover a recombinação gênica, provocando homogeneização das progênes, seria possível admitir que a população formada pelas progênes policruzadas estivesse em equilíbrio de Hardy-Weinberg, de maneira que as estimativas obtidas seriam não-tendenciosas.

Pode-se observar na Tabela 8, a existência de variação genotípica entre progenitores para quatro dos cinco caracteres avaliados, para os quais as estimativas dos parâmetros sobrepujaram em aproximadamente duas vezes os respectivos erros associados. Com base no valor do erro associado à estimativa do parâmetro, a variância genotípica entre progenitores para número de raízes poderia ser considerada nula.

Valores superiores para coeficientes de determinação genotípica foram apresentados pelos caracteres altura da planta ($b = 0,729$) e índice de colheita ($b = 0,607$). Os menores valores de b foram observados para os caracteres diâmetro da planta ($0,370$), produção de raízes ($0,234$) e número de raízes ($0,141$). De maneira semelhante ao que se observou para variação genotípica, as estimativas de b para quatro caracteres sobrepujam os respectivos erros associados em aproximadamente duas vezes. O caráter número de raízes, novamente, teve estimativa de b próxima de valor do erro associado.

Os caracteres com valores menores de b seriam os mais influenciados pelas alterações nas condições ambien-

tais e, deveriam oferecer maiores dificuldades de serem alterados por seleção. Assim, com base nos valores de b , os caracteres poderiam ser classificados do mais fácil ao mais dificilmente alterado por seleção: altura da planta, índice de colheita, diâmetro da planta, produção de raízes, número de raízes.

De maneira contrária aos resultados obtidos nesta pesquisa, BARRIGA (1980) obteve valores altos de b (0,52 a 0,91) para produção de raízes. Esta diferença em resultados deveu-se, principalmente, ao fato das estimativas de BARRIGA (1980) terem sido feitas ao nível de médias de repetições, de maneira que o erro experimental foi reduzido e, em consequência, a estimativa de b tornou-se superior. A estimativa de b baseada em médias de repetições tem a desvantagem de ficar restrita ao tipo de experimento que levou à sua obtenção, não podendo ser comparada com estimativas obtidas em experimentos com delineamentos ou estruturas diferentes. Estimativas baseadas em plantas individuais poderiam ser comparadas, mesmo quando os experimentos tivessem delineamentos ou estruturas diferentes. Uma segunda possível razão da diferença em resultados, é a própria natureza fixa do coeficiente b , limitando a sua validade ao conjunto de genótipos analisados. Uma terceira possível razão da diferença em resultados, envolveria diferenças nos ciclos vegetativos, ou seja, oito meses no presente trabalho contra 12 meses na pesquisa de BARRIGA (1980).

Uma quarta possível razão, seriam as diferenças ambientais dos locais onde os experimentos foram conduzidos. De fato, COCK (1982) salientou que influências ambientais poderiam alterar até mesmo o ciclo vegetativo da mandioca, que pode variar de nove a 12 meses em regiões quentes, e alcançar até 24 meses em regiões mais frias.

A variância genética aditiva mostrou estimativas muito baixas, praticamente desprezíveis quando comparadas aos erros associados, para os caracteres diâmetro da planta, número de raízes, produção de raízes. Já os caracteres altura da planta e índice de colheita exibiram estimativas de variância aditiva com magnitude quase que o dobro dos respectivos erros associados (Tabela 8).

Os caracteres altura e diâmetro da planta foram os únicos com valores positivos para grau médio de dominância (gmd). Valor de gmd = 0,40 mostrou tendência de existir dominância parcial entre os alelos governando a herança de altura da planta. Valor de gmd = 4,16 indicou tendência para sobredominância entre os alelos controlando diâmetro da planta. Estes valores de gmd devem ser interpretados com certos cuidados: a estimativa da variância dominante foi inferior ao erro associado a ela para o caráter altura da planta, de maneira que ela poderia ser considerada nula, e consequentemente o gmd também seria nulo; o caráter diâmetro médio foi o único a apresentar estimativa de variância dominante supe-

rior ao erro associado, mas o valor alto de $gmd = 4,16$ poderia ser consequência muito mais do baixíssimo valor da variância aditiva do que da magnitude da variância dominante.

Os caracteres altura da planta e índice de colheita foram os únicos a apresentarem valores de herdabilidade (H^2), no sentido restrito e ao nível de plantas individuais, significativamente superiores aos respectivos erros associados. Com base nos valores de H^2 , a seguinte classificação foi encontrada, do caráter mais fácil ao mais dificilmente alterado por seleção: índice de colheita, altura da planta, diâmetro da planta, produção de raízes, número de raízes. A comparação desta classificação com aquela baseada nos valores de b , revelou que houve inversão de ordem entre os caracteres índice de colheita e altura da planta. Provavelmente, tal inversão de classificação é consequência da existência de uma certa quantidade de variancia dominante na herança da altura da planta. O numerador de b compreende a variação genotípica, que tem um componente aditivo e outro dominante. O numerador do H^2 compreende somente a variância aditiva. A eliminação do componente dominante do numerador de H^2 teria provocado um decréscimo relativo em H^2 , para altura da planta. Este decréscimo não teria ocorrido no índice de colheita, porque toda a variação genética é de natureza aditiva neste caráter.

Apesar do valor relativamente baixo de $H^2 =$

= 0,0173 estimado para produção de raízes, ACOSTA *et alii* (1982) observaram diferencial de seleção igual a 67%, com prática de seleção entre e dentro das progênies policruzadas.

A presença de variância dominante na herança dos caracteres altura e diâmetro da planta teria aspecto desvantajoso para a seleção, pois além de dificultar a escolha de genótipos com maior quantidade de genes aditivos favoráveis à manifestação fenotípica dos caracteres, poderia também contribuir para superestimar o numerador do progresso esperado na seleção, quando a seleção explorar a variação dentro de progênies (VELLO, 1977). A variância dominante poderia ser vantajosa na exploração da heterose, facilitada pela possibilidade de usar propagação vegetativa para fixar combinações heteróticas favoráveis em mandioca.

A variabilidade genética em plantas é fortemente relacionada ao sistema reprodutivo da espécie (STEBBINS, 1957). A mandioca é considerada ser uma espécie alógama (ALBUQUERQUE, 1969; CONCEPÇÃO, 1979), todavia, ainda existem controvérsias sobre as porcentagens de autofecundações e cruzamentos. Pesquisas utilizando o gene para cor roxa das nervuras das folhas como marcador genético, estimaram 5, 8, 31 e 41% de cruzamentos em mandioca (CIAT, 1974). De acordo com KAWANO *et alii* (1978), pode ocorrer porcentagem elevada de autofecundação em mandioca; todavia, ALBUQUERQUE (1969) considera existir grande predominância de cruzamentos naturais. PE-

REIRA *et alii* (1978) estimaram a fertilização cruzada em 63 e 100%, com base nos marcadores genéticos forma do lóbulo foliar e cor da película das raízes, respectivamente. A eficiência observada da técnica de policruzamentos em promover recombinação gênica, diminuindo a variação entre progênies e aumentando a variação dentro de progênies, constituiu evidência em favor da ocorrência de fertilização cruzada em mandioca.

Foi observada tendência de perda de vigor das progênies, em relação ao comportamento dos progenitores, para diâmetro da planta, número de raízes e produção de raízes. De acordo com ALLARD (1971), existe grande quantidade de heterozigosidade nas espécies que utilizam propagação vegetativa para multiplicação comercial. Aparentemente, a perda de vigor observada seria explicada pela destruição de parte desta suposta heterozigosidade. No entanto, os valores de variância dominante e grau médio de dominância, praticamente nulos para número e produção de raízes, e muito pequenos para diâmetro da planta, contrariam a hipótese de existência de elevada heterozigosidade nos progenitores de mandioca. Na presença de somente variância genética aditiva, a hipótese alternativa seria no sentido da seleção artificial ter fixado combinações gênicas epistáticas favoráveis nos progenitores, as quais teriam sido parcialmente destruídas com a recombinação gênica promovida pelos policruzamentos.

Para finalizar, convém discutir o tamanho efetivo da população constituída pelas progênies policruzadas. Considerando que as progênies foram obtidas a partir de nove progenitores de procedências diferentes e que, na melhor das hipóteses, cada um desses progenitores é proveniente do cruzamento de duas plantas geneticamente diferentes, o tamanho efetivo da população seria no máximo igual a 18 (9×2). Tal tamanho efetivo seria classificado como pequeno, quando comparado com o tamanho mínimo de 32 genótipos, estimados por BAKER e CURNOW (1969). Um tamanho efetivo reduzido a 18 genótipos, restringiria a variabilidade genética da população original e, possivelmente, levaria à fixação muito rápida de alelos favoráveis e desfavoráveis, limitando o progresso genético com seleção a longo prazo.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões relativas a genótipos de mandioca:

- a técnica de policruzamentos foi eficiente em promover recombinação gênica, caracterizada pela tendência de homogeneização entre as médias das progênies policruzadas e o aumento de variabilidade dentro delas;

- a eficiência dos policruzamentos constituiu-se em evidência favorável à fertilização cruzada;

- os caracteres altura da planta e índice de colheita exibiram valores altos de coeficiente de determinação genotípica e de herdabilidade, para progenitores e progênies policruzadas, respectivamente;

- os caracteres diâmetro da planta, produção

de raízes e número de raízes mostraram valores baixos de coeficiente de determinação genotípica entre progenitores e valores baixíssimos de herdabilidade para as progênies;

- os caracteres altura e diâmetro da planta foram os únicos que apresentaram evidência de variância dominante, com indicações de dominância parcial para altura e sobre-dominância para diâmetro da planta;

- alguns genótipos com parte aérea vigorosa , também mostraram alta produção de raízes, resultando em índice de colheita próximo do ideal (0,60);

- o genótipo SRT 1099-Taquari destacou-se pela alta produção de raízes "per se" e por transmitir alta capacidade produtiva à sua progênie policruzada, indicadores de alta frequência de alelos favoráveis à produção de raízes;

- a hipótese da presença de alta heterozigosidade em genótipos comerciais foi preterida em favor da hipótese de combinações gênicas epistáticas.

6. LITERATURA CITADA

ACOSTA, E.J., 1978. Estudios preliminares sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el Estado de Yucatán. Saltillo Coah., Mex., UAAAN, 143 p. (Tese de Graduación).

ACOSTA, E.J., 1979. Informe de labores. Huimanguillo, Tabasco, INIA/CIAGOC/CAEHUI.

ACOSTA, E.J., N.A. VELLO, P.S. MARTINS, J.O. LORENZI e E.S. NORMANHA, 1982. Síntese de uma população melhorada de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Relatório Científico do Departamento de Genética*, ESALQ/USP. Piracicaba, nº 16. [no prelo].

- AJUDARTE NETO, F.A., 1979. Seleção dentro de progênies de couve-brócolos ramosa de inverno (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). Piracicaba, ESALQ/USP, 108 p. (Tese de Doutorado).
- ALBUQUERQUE, M., 1969. *A mandioca na Amazônia*. Belém, PA, Brasil, SUDAM, 277 p.
- ALLARD, R.W., 1971. *Princípios do melhoramento genético das plantas*. São Paulo, Edgard Blücher. 381 p.
- ANSTEY, T.H., 1954. Self-incompatibility in green sprouting brocoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). I. Its occurrence and possible use in a breeding program. *Canadian Journal of Agriculture Science*. Ottawa, 34: 59-64.
- BAKER, L.H. e R.N. CURNOW, 1969. Choice of populations in plant breeding selection programs. *Crop Science*. Madison, 9: 555-560.
- BARRIGA, R.H.M.P., 1980. Caracterização de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) com relação à produção e estabilidade. Piracicaba, ESALQ/USP. 129 p. (Dissertação de Mestrado).

- BELLOTI, A.C., J.A. REYES, B. ARIAS e O. VARGAS, 1982. Insec
tos y acaros de la yuca y su control. In: DOMINGUES, C.
E., CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Yuca in*
vestigación, producción y utilización. Cali Colombia PNUD/
CIAT. Cap. IV, p. 367-392.
- CARLSON, I.T., 1971. Randomness of mating in a polycross of
orchardgrass, *Dactylis glomerata*. *Crop Science*. Madison,
11: 499-502.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1974. *Informe*
Anual. Cali, Colômbia, p. 58-118.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1975. *Informe*
Anual. Cali, Colômbia, p. B-1-B-63.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1976. *Informe*
Anual. Cali, Colômbia. p. B-1-B-85.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1978. *Informe*
Anual. Cali, Colômbia, p. A-1-A-110.
- CHANDRARATNA, M.F. e K.D.S.S. NANAYAKKARA, 1948. Studies in
cassava. II. The production of hybrids. *Tropical*
Agriculturist, 104: 59-74. Engl., Sum. Engl., 4 Refs. In:
2.000 *Abstracts on cassava (Manihot esculenta Crantz)*.
CIAT, Colombia, 1975. Series HE-26. V. I, p. 261-262.
(0952-0380).

COCK, J.H., 1978. Potencial agronomico para la producción de yuca. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Curso de producción de yuca*, Cali, Colombia, CIAT, v. 1, p. 31-39.

COCK, J.H., 1982. Aspectos fisiologicos del crecimiento y desarrollo da planta de yuca. In: DOMINGUEZ, C.E., CENTRO INTERNATIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Yuca investigación producción y utilización*. Cali Colombia PNUD/CIAT, Cap. 1, p. 51-74.

·CONCEIÇÃO, A.J. da, 1979. *A mandioca*. Cruz das Almas, UFBA/ EMBRAPA/BNB/BRASCAN/NORDESTE, 382 p.

DOMINGUEZ, C.E., L.F. CEBALLOS e C. FUENTES, 1982. Morfologia da planta de yuca. In: DOMINGUEZ, C.E., CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Yuca investigación producción e utilización*. Cali, Colômbia, PNUD/CIAT, Cap. 1 p. 27-49.

FALCONER, D.S., 1981. *Introduction Quantitative Genetics*. 2ª ed. New York, Logman Am. 340 p.

FAO PRODUCTION YEARBOOK, 1981. Rome. v. 35, p. 116-117. (FAO statistics series, nº 40).

FREE, J.B., 1970. *Insect pollination of crops*. London, Academic Press. 544 p.

- FREEMAN, G.H., 1967. The use of cyclic balanced incomplete block designs for directional seed orchards. *Biometrics*. Raleigh, 23: 761-778.
- GOMES, G., J. SANTOS e M. VALDIVIESO, 1982. Utilización de raíces y productos de yuca en alimentación animal. In: DOMINGUES, C.E., CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Yuca investigación producción y utilización*. Cali Colombia PNUD/CIAT. Cap. V, p. 539-566.
- FUKUDA, W.M.G., 1979. Produção e seleção preliminar de novos híbridos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). In: *Anais do 1º Congresso Brasileiro de Mandioca*. Cruz das Almas, BA, Brasil, 1: 535-545.
- GOWERS, S., 1974. The production of F₁ hybrid sweets (*Brassica napus* spp *rapifera*) by the utilization of self-incompatibility. *Euphytica*. Wageningen, 23: 205-276.
- GRANER, E.A., 1942. Genética de *Manihot*. I. Hereditariedade da forma da folha e da coloração da película externa das raízes em *Manihot utilíssima* Pohl. *Bragantia*. Campinas, 2: 13-22.
- GUTIERREZ, M.G. e G.F. SPRAGUE, 1959. Randomness of mating in isolated polycross plantings of maize. *Genetics*. Austin, 44: 1075-1082.

- HAHN, K., K. HOWLAND e R. TERRY, 1980. Correlated resistance of cassava to mosaic and bacterial blight diseases Nigeria. *Euphytica*. Wageningen, 29: 305-311.
- HEEMSTRA, S., 1955. The use of vegetative reproduction in the breeding of cross fertilizing plants. *Euphytica*. Wageningen, 4: 227-229.
- HERSHEY, C. e A. AMAYA, 1982. Genética, citogenética, estructura e técnica de hibridación de la yuca. In DOMINGUEZ, C.E., CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Yuca investigación producción y utilización*. Cali Colombia PNUD/CIAT. Cap. II, p. 113-126.
- HOLGUIN, F.M., M.A.L. URIAS, J.E. ACOSTA, V.W.L. GONZALEZ, F. A.L. IBARRA, A.R. MENDEZ, F.C. OCHOA, L.A. PASTRANA, P.B. RUIZ e J.P. VILALOBOS, 1981. Sabanera y costeña das nuevas variedades de yuca para el tropica humedo de México. Hui-nanguillo, Tabasco, INIA/CIAGOC/CAEHUI. 9 p. (Folheto técnico, 1).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1957. *Enciclopédia dos municípios brasileiros*. Rio de Janeiro, v. 28, p. 57-58
- KAWANO, K., 1980. Cassava. In: *Hybridization of Crop Plants*. Madison. American Society of Agronomy. Cap. 13, p. 225-233.

- KAWANO, K., 1982. Mejoramiento genético de yuca para productividad. In: DOMINGUEZ, C.E., CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Yuca investigación producción y utilización*. Cali, Colombia, PNUD/CIAT. Cap. II, p. 91-112.
- KAWANO, K., A. AMAYA, P. DAZA e M. RIOS, 1978. Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava. *Crop Science*. Madision, 18: 373-376.
- KNOWLES, R.P., 1969. Nonrandom pollination in polycrosses of smooth bromegrass, *Bromus inermis* Leyss. *Crop Science*. Madison, 9: 58-61.
- LOZANO, J.C. e R.H. BOOTH, 1982. Enfermedades de la Yuca. In: DOMINGUEZ, C.E., CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Yuca investigación producción y utilización*. Cali, Colombia. PNUD/CIAT. Cap. IV, p. 421-461.
- NESTEL, B., 1978. Utilização actual y potencial futuro de la yuca. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Curso de Producción de Yuca*. Cali, Colombia, CIAT, V.1, - p.1-29.
- NIEUWHOF, M., 1963. Pollination and contamination of *Brassica oleracea* L. *Euphytica*, Wageningen, 12: 17-26.

- NIEUWHOF, M., 1968. Possibilities of incompletely sib-incompatible inbred lines in breeding hybrid varieties of cole crops (*Brassica oleracea* L.). *Euphytica*, Wageningen, 17: 3-10.
- NIEUWHOF, M., 1969. *Cole crops*. London, Leonard Hill. 353 p. (World Crop Books).
- OLESEN, K., 1976. A completely balanced polycross design. *Euphytica*. Wageningen, 25: 485-488.
- OLESEN, K. e O.S. OLESEN, 1973. A polycross pattern formula. *Euphytica*. Wageningen, 22: 500-502.
- PEREIRA, A.S. e J.O. LORENZI, 1975. Resultados obtidos com a pesquisa de melhoramento e seleção de variedades. In: *Inventário de tecnologia em mandioca*. Campinas, 30 p.
- PEREIRA, A.S., J.O. LORENZI, E.S. NORMANHA e J.R. SILVA, 1978. Fecundação cruzada no cultivar de mandioca Branca de Santa Catarina. *Bragantia*. Campinas, 37: 45-46.
- SPRAGUE, G.F. e L.A. TATUM, 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*. Madison, 923-932.
- STEBBINS, G.L., 1957. Self-fertilization and population variability in the higher plants. *American Naturalist*. Lancaster, 91: 337-354.

- STEEL, R.G. e J.H. TORRIE, 1980. Principles and procedures of statistics. 2ª ed. Mc Graw-Hill, Book Company Inc. 633 p.
- TINEO, J.R., 1977. Selección masal de yuca. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia*. Venezuela, 4(1): 23-29.
- TOLEDO, A.P., 1963. Anatomia e desenvolvimento ontogenético da flor de mandioca. *Bragantia*. Campinas, 22(37): 465-476.
- TYSDAL, H.M. e B.M. CRANDALL, 1948. The polycross progeny performance as an index of the combining ability of alfafa clones. *Journal of the American Society of Agronomy*. Madison, 40: 293-306.
- UMANAH, E.E. e R.W. HARTMANN, 1973. Chromosome numbers and karyotypes of some *Manihot* species. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. Mount Vernon, 98: 272-274.
- VELLO, N.A., 1977. Seleção dentro de progênies e recombinação por policruzamentos em couve-brócolos ramosa (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). Piracicaba, ESALQ/USP, 88 p. (Tese de Doutorado).

- VELLO, N.A. e R. VENCovsky, 1974. Variâncias associadas às estimativas de variâncias genéticas e coeficientes de herdabilidade. *Relatório Científico do Departamento de Genética*, ESALQ/USP. Piracicaba, 8: 238-248.
- VELLO, N.A., e R. VENCovsky, 1982. Ganho genético esperado com seleção dentro de progênes e recombinação por policruzamentos. In: *Anais 10ª Conferencia Internacional de Biometria*. Guarujá. EMBRAPA, p. 522-531.
- VIEGAS, A.P., 1976. *Estudos sobre a mandioca*. Campinas, IAC/BRSCAN/ NORDESTE. 214 p.
- WELLENSIEK, S.J., 1952. The theoretical basis of the polycross test. *Euphytica*. Wageninge, 1: 15-19.
- WHYTE, R.O., T.R.G. MOIR e J.P. COOPER, 1968. *Grasses in Agriculture*. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 417 p. (FAO Agricultural Studies, 42).
- WRIGHT, C.E., 1965. Field plans for a systematically designed polycross. *Record of Agricultural Research*. Belfast, 14: 31-41.

TABELAS DE RESULTADOS

Tabela 1. Valores e significâncias dos quadrados médios das análises de variância baseadas em progenies policruzadas que expressam variabilidade para cinco caracteres em mandioca, oito meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP, 1980/81

FV ^{a/}	GL	Quadrados médios dos caracteres					Índice de colheita
		Altura da planta	Diâmetro da planta	Número de raízes	Produção de raízes		
Blocos	9	0,02452 <1	0,05660 **	0,3396 *	27,238 ns		0,01118 **
Tratamentos	16	0,73169 **	0,64896 **	0,5866 **	98,410 **		0,04885 **
Progenitores (P)	8	1,19944 **	0,33959 **	0,9642 **	124,329 **		0,07051 **
Progenies (PP)	7	0,27533 **	0,03118 ns	0,1036 <1	14,275 ns		0,03105 **
Pvs PP	1	0,18426 *	7,44834 **	0,6469 ns	480,160 **		0,00022 <1
Resíduo	144	0,03101	0,02077	0,1676	15,189		0,00274
CV (%)		9,3	10,7	11,0	25,6		9,3
Média geral		1,90	1,35	3,72	15,2		0,56
$\bar{K}$		2,8099	2,8099	2,7717	2,7723		2,7723
Unidade		m	m	$\sqrt{x}$	t/ha	Peso de raízes	Peso total da planta
				x : número de raízes			

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

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

ns : Não significativo.

a/ : Análises de variância baseadas em médias de parcelas.

K : Média harmônica do número de plantas por parcela.

Tabela 2. Valores e significâncias dos quadrados médios das análises de variância para progenitores e progênies policruzadas, separadamente. Cinco caracteres, em mandioca, oito meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP, 1980/81

FV ^{a/}	GL	Quadrados médios dos caracteres					Índice de colheita
		Altura da planta	Diâmetro da planta	Número de raízes	Produção de raízes		
Blocos	9	0,0132 ^{<1}	0,0418 *	0,3318 ns	30,433 ns		0,00620 **
Progenitores	8	1,1994 **	0,3396 **	0,9642 **	124,329 **		0,07051 **
Resíduo	72	0,0212	0,0195	0,2256	16,739		0,00202
Dentro	162	0,0354	0,0548	0,3079 <u>b/</u>	29,144 <u>b/</u>		0,00379 <u>b/</u>
CV (%)		7,8	9,0	12,5	24,3		8,0
Média		1,87	1,55	3,65	16,8		0,56
$\bar{K}$		2,7835	2,7835	2,7551	2,7551		2,7551
Blocos	9	0,0385 ^{<1}	0,0237 ^{<1}	0,1603 ns	15,657 ns		0,00911 **
Progênies	7	0,2753 **	0,0312 ns	0,1036 ns	14,275 ns		0,03105 **
Resíduo	63	0,0428	0,0239	0,1035	12,915		0,00335
Dentro	153	0,1127	0,0821	0,2748 <u>c/</u>	28,627		0,00928
CV (%)		10,7	13,7	8,8	26,7		10,3
Média		1,94	1,13	3,80	13,5		0,56
$\bar{K}$		2,8402	2,8402	2,7907	2,8070		2,8070
Unidade	m	m	m	$\sqrt{x}$ x: número de raízes	t/ha		Peso de raízes Peso total da planta

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

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

ns : Não significativo.

a/ : As três primeiras fontes de variação baseiam-se em médias de parcelas (ver ANEXOS 1 e 2).

b/ : GL = 160

c/ : GL = 152

k : Média harmônica do número de plantas por parcela.

Tabela 3. Médias^{1/} de altura da planta, limites inferior e superior, amplitude e diferença entre progenitores e progênes pollicruzadas em mandioca, oito meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP, 1980/81.

Genótipos	Altura da planta (m)							
	Progenitores (P)				Progênes (PP)			
	Média	Inferior	Superior	Amplitude	Média	Inferior	Superior	Amplitude
SRT 1-Vassourinha	1,48	1,15	1,60	0,45	1,69	1,00	2,80	1,80
SRT 59-B.S. Catarina	2,09	1,60	2,50	0,90	1,93	1,55	2,60	1,05
IAC 12-829	1,62	1,35	2,00	0,65	1,85	1,30	2,45	1,15
IAC 105-66-Ca pora	2,35	1,60	2,80	1,20	-	-	-	-
IAC 14-18	1,69	1,30	2,00	0,70	2,03	1,30	2,75	1,45
SRT 1099-Taquari	2,28	1,90	2,50	0,60	2,13	1,60	2,60	1,00
SRT 1139-Alpim Bravo	1,89	1,55	2,20	0,65	2,06	1,30	2,55	1,25
SRT 1105-Mico	1,45	1,15	1,90	0,75	1,73	1,20	2,30	1,10
SRT 1198-Engana Ladrão	2,06	1,80	2,30	0,50	2,08	1,60	2,60	1,00
Média geral	1,88	1,49	2,20	0,71	1,94	1,36	2,58	1,23
Teste de Tukey Δ 5%	0,21				0,29			

^{1/} : Médias de 30 plantas (10 repetições x 3 plantas/parcela).

Tabela 4. Médias de diâmetro da planta, limites inferior e superior, amplitude e diferença entre progenitores e progênes polinizadas em mandioca, oito meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP, 1980/81

Genótipos	Diâmetro da planta (m)									
	Progenitores (P)				Progenies (PP)				Diferença = PP-P	
	Média Inferior	Superior	Amplitude		Média Inferior	Superior	Amplitude		Média	Amplitude
SRT 1-Vassourinha	1,34	1,10	1,60	0,50	1,10	0,70	1,70	1,00	-0,24	0,50
SRT 50-B.S. Catarina	1,89	1,50	2,10	0,60	1,17	0,70	1,70	1,00	-0,72	0,40
IAC 12-829	1,56	1,20	1,90	0,70	1,05	0,70	1,40	0,70	-0,51	0,00
IAC 105-66-Caapora	1,51	1,10	2,00	0,90	-	-	-	-	-	-
IAC 14-18	1,23	1,10	1,50	0,40	1,10	0,60	1,85	1,25	-0,13	0,85
SRT 1099-Taquari	1,60	1,00	2,00	1,00	1,09	0,60	2,20	1,60	-0,51	0,60
SRT 1139-Aipim Bravo	1,69	1,30	1,80	0,50	1,16	0,80	1,50	0,70	-0,53	0,20
SRT 1105-Mico	1,41	1,00	1,70	0,70	1,14	0,70	1,70	1,00	-0,27	0,30
SRT 1198-Engana Ladrão	1,68	1,20	2,10	0,90	1,23	0,80	1,90	1,10	-0,45	0,20
Média geral	1,55	1,17	1,86	0,69	1,13	0,70	1,74	1,04	-0,42	0,38
Teste de Tukey $\Delta_{5\%}$	0,20				0,22					

1/ - Médias de 30 plantas (10 repetições x 3 plantas/parcela).

Tabela 5. Médias^{1/} de número de raízes, limites inferior e superior, amplitude e diferença entre progenitores e progêneses policruzadas em mandioca, oito meses pós plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP. 1980/81.

Genótipos	Número de raízes ($\sqrt{x}$).									
	Progenitores (P)				Progêneses (PP)				Diferença = PP-P	
	Média Inferior		Média Superior		Média Inferior		Média Superior		Média	Amplitude
	Amplitude		Amplitude		Amplitude		Amplitude			
SRT 1-Vassourinha	4,00	3,00	5,48	2,48	3,64	2,65	4,47	1,82	-0,36	-0,66
SRT 59-B.S.Catarina	3,73	2,65	4,58	1,93	3,61	2,83	5,00	2,17	-0,12	0,24
IAC 12-829	3,66	2,00	4,80	2,80	3,49	2,65	4,36	1,71	-0,17	-1,09
IAC 105-Caapora	3,58	2,00	4,80	2,80	-	-	-	-	-	-
IAC 14-18	4,30	3,16	5,57	2,41	3,74	2,45	4,80	2,35	-0,56	-0,06
SRT 1099-Taquari	4,26	3,16	5,10	1,94	3,72	2,45	4,80	2,35	-0,54	0,41
SRT 1139-Aipim Bravo	3,56	2,24	4,69	2,45	3,81	2,83	5,74	2,91	0,25	0,46
SRT 1105-Mico	3,47	2,00	4,47	2,47	3,56	2,83	4,80	1,97	0,09	-0,50
SRT 1198-Engana Ladrão	3,64	2,45	4,47	2,02	3,61	2,65	4,36	1,71	-0,03	-0,31
Média Geral	3,80	2,52	4,48	2,37	3,65	2,67	4,78	2,12	-0,18	-0,19
Teste de Tukey $\Delta_{5\%}$	0,68				0,45					
1/: Médias de 30 plantas (10 repetições x 3 plantas/parcela).										

1/: Médias de 30 plantas (10 repetições x 3 plantas/parcela).

Tabela 6. Médias^{1/} de produção de raízes, limites inferior e superior, amplitude e diferença entre progenitores e progêneses policrozadas em mandioca, oito meses pós plantio. Estação Ex perimental de Anhembi, Piracicaba, SP. 1980/81.

Genótipos	Produção de raízes (t/ha)									
	Progenitores (P)		Progênes (PP)		Diferença = PP-P		Média Amplitude			
	Média Inferior	Superior	Amplitude	Média Inferior	Superior	Amplitude				
SRT 1-Vassourinha	15,620	6,492	27,240	20,748	12,858	1,513	21,489	19,976	-2,762	-0,772
SRT 59-B.S. Catarina	20,842	8,172	37,228	29,056	13,694	3,027	21,792	18,765	-7,148	-10,291
IAC 12-829	18,283	3,269	25,727	22,458	10,967	5,902	23,608	17,706	-7,316	-4,752
IAC 105-66-Caapora	14,551	3,027	32,083	29,056	-	-	-	-	-	-
IAC 14-18	17,041	2,875	27,240	24,365	13,900	1,665	24,365	22,700	-3,141	-1,665
SRT 1099-Taquari	23,208	13,923	31,175	27,252	14,906	2,119	35,715	33,596	-8,302	6,344
SRT 1139-Aipim Bravo	12,634	5,145	18,514	13,369	13,156	2,573	23,457	20,884	0,522	7,515
SRT 1105-Mico	16,531	4,086	28,753	24,667	14,329	4,843	29,056	24,213	-2,202	-0,454
SRT 1198-Engana Ladrão	12,808	3,700	21,035	17,135	13,936	2,573	27,240	24,667	1,128	7,332
Média Geral	16,835	5,632	27,666	23,145	13,468	3,027	25,840	22,813	-3,626	3,257
Teste de Tukey $\Delta_{5\%}$	5,85				5,03					

^{1/} : Médias de 30 plantas (10 repetições x 3 plantas/parcela).

Tabela 7. Médias^{1/} do índice de colheita, limites inferior e superior, amplitude e diferença entre progenitores e progêneses policruzadas em mandioca, oito meses pós plantio. Estação Experimental de Anhembf, Piracicaba, SP. 1980/81.

Índice de colheita										
Genótipos	Progenitores (P)		Progênes (PP)				Diferença = PP-P			
	Média		Amplitude		Média		Amplitude			
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Média	Amplitude		
SRT 1-Vassourinha	0,66	0,51	0,80	0,29	0,63	0,49	0,80	0,31	-0,03	0,02
SRT 59-B.S.Catarina	0,59	0,44	0,70	0,26	0,60	0,29	0,73	0,44	0,01	0,18
IAC 12-829	0,61	0,45	0,78	0,33	0,58	0,41	0,72	0,31	-0,03	-0,02
IAC 105-66-Caapora	0,51	0,30	0,61	0,31	-	-	-	-	-	-
IAC 14-18	0,55	0,47	0,82	0,35	0,53	0,24	0,82	0,58	-0,02	0,23
SRT 1099-Taquari	0,58	0,43	0,66	0,23	0,54	0,21	0,69	0,48	-0,04	0,25
SRT 1139-Aipim Bravo	0,46	0,27	0,56	0,29	0,52	0,33	0,80	0,47	0,06	0,18
SRT 1105-Mico	0,66	0,55	0,76	0,21	0,63	0,43	0,76	0,33	-0,03	0,12
SRT 1198-Engana Ladrão	0,42	0,23	0,64	0,41	0,48	0,18	0,67	0,49	0,06	0,08
Média geral	0,56	0,41	0,70	0,30	0,56	0,32	0,75	0,43	0,00	0,13
Teste de Tukey $\Delta_{5\%}$	0,06				0,08					

^{1/} : Médias de 30 plantas (10 repetições x 3 plantas/parcela).

Tabela 8. Estimativas de parâmetros genéticos e erros associados: componente quadrático da variação genética entre progenitores (V_p), coeficiente de determinação genotípica (b) para progenitores; variância genética aditiva (σ_A^2), variância genética dominante (σ_D^2), grau médio de dominância (gmd), coeficiente de herdabilidade no sentido restrito e ao nível de plantas individuais (H^2), para progênies polícrizadas. Cinco caracteres de mandioca, oito meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP, 1980/81.

Caracteres	$\hat{V}_p$	$s(\hat{V}_p)$	b	s(b)	σ_A^2	$s(\sigma_A^2)$	σ_D^2	$s(\sigma_D^2)$	gmd	H^2	$s(H^2)$
Altura da planta	0,1178 ± 0,0536	0,729 ± 0,324	0,09302 ± 0,05200	0,0075 ± 0,0442	0,40	0,6691 ± 0,2953					
Diâmetro da planta	0,0320 ± 0,0152	0,370 ± 0,194	0,00290 ± 0,00612	0,0251 ± 0,0120	4,16	0,0351 ± 0,0733					
Número de raízes	0,1139 ± 0,1369	0,141 ± 0,093	0,00006 ± 0,02085	-0,0331 ± 0,0489	0	0,0002 ± 0,0744					
Produção de raízes	10,7590 ± 5,5674	0,234 ± 0,131	0,54396 ± 2,84008	-0,9247 ± 5,0593	0	0,0173 ± 0,0884					
Índice de colheita	0,0068 ± 0,0032	0,607 ± 0,298	0,01108 ± 0,00586	-0,0028 ± 0,0045	0	0,9160 ± 0,3604					

Tabela 9. Estimativas de variância entre plantas dentro de parcelas (s_d^2) que estimam variância ambiental dentro de progenitores e variância fenotípica dentro de progenies policruzadas. Correlação de Spearman (r_s), entre progenitores e progenies. Cinco caracteres em mandioca, oito meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP, 1980/81.

Genótipos	s^2 (GL)			
	$10^4 s_d^2$		$10^4 s_d^2$	
	Altura da planta		Diâmetro da planta	
	Progenitores	Progenies	Progenitores	Progenies
SRT 1- Vassourinha	104(17)	1598(19)	123(17)	580(19)
SRT 59-B.S.Catarina	230(19)	683(20)	287(19)	614(20)
IAC 12-829	159(19)	757(20)	240(19)	347(19)
IAC 105-66-Caapora	1290(19)	-	1081(19)	-
IAC 14-18	280(19)	1436(19)	344(19)	1338(19)
SRT 1099-Taquari	158(19)	541(20)	902(19)	1145(20)
SRT 1139-Aipim Bravo	563(13)	952(20)	565(13)	408(20)
SRT 1105-Mico	367(17)	1058(17)	781(17)	522(17)
SRT 1198-Engana Ladrão	92(20)	2080(18)	593(20)	1597(19)
Geral	354(162)	1127(153)	548(162)	821(153)
	$r_s = -0,238$		$r_s = 0,191$	
			$r_s = 0,500$	
Genótipos	Número de raízes ($10^3 s_d^2$)			
	Progenitores		Progenies	
	Progenitores	Progenies	Progenitores	Progenies
	SRT 1- Vassourinha	303(17)	272(20)	303(17)
SRT 59-B.S.Catarina	198(18)	236(20)	198(18)	236(20)
IAC 12-829	267(20)	258(20)	267(20)	258(20)
IAC 105-66-Caapora	573(19)	-	573(19)	-
IAC 14-18	337(18)	506(19)	337(18)	506(19)
SRT 1099-Taquari	214(19)	237(19)	214(19)	237(19)
SRT 1139-Aipim Bravo	257(13)	399(20)	257(13)	399(20)
SRT 1105-Mico	258(16)	98(17)	258(16)	98(17)
SRT 1198-Engana Ladrão	336(20)	160(17)	336(20)	160(17)
Geral	308(160)	275(152)	308(160)	275(152)

Genótipos	Índice de colheita ($10^5 s_d^2$)			
	Produção de raízes ($10^2 s_d^2$)		Índice de colheita ($10^5 s_d^2$)	
	Progenitores	Progenies	Progenitores	Progenies
SRT 1-Vassourinha	1997(17)	2430(20)	464(17)	540(20)
SRT 59-B.S.Catarina	3399(18)	1306(20)	286(18)	639(20)
IAC 12-829	2538(20)	1638(20)	445(20)	375(20)
IAC 105-66-Caapora	3766(18)	-	481(18)	-
IAC 14-18	3755(18)	3616(19)	365(18)	1447(19)
SRT 1099-Taquari	1957(19)	4123(20)	118(19)	1021(20)
SRT 1139-Alpim Bravo	1050(13)	3367(20)	435(13)	1020(20)
SRT 1105-Mico	4934(18)	1735(17)	342(17)	759(17)
SRT 1198-Engana Ladrão	2389(19)	4854(17)	491(20)	1745(17)
Geral	2914(160)	2863(153)	379(160)	928(153)
	$r_s = -0,524$		$r_2 = 0,143$	

Tabela 10. Altura da planta^{1/} para progenitores e progênies policruzadas, em mandioca, oito meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP. 1980/81.

Altura da planta (m)										
Progenitores	Repetições									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
SRT 1-Vassourinha	1	1,42	1,30	1,40	1,52	1,35	1,45	1,40	1,40	1,45
SRT 59-B.S.Catarina		2,22	2,00	1,80	2,37	1,90	2,07	2,17	2,43	1,87
IAC 12-829	1,	1,37	1,65	1,75	1,67	1,48	1,78	1,63	1,53	1,63
IAC 105-66 Caapora		2,70	2,20	2,32	2,35	2,63	2,48	2,13	2,10	2,33
IAC 14-18	1,	1,62	1,73	1,87	1,55	1,70	1,62	1,90	1,90	1,53
SRT 1099-Taquari	2,	2,28	2,30	2,40	2,30	2,48	2,30	2,20	2,23	2,20
SRT 1139-Alpim Bravo		2,00	1,90	1,95	1,83	1,75	1,90	1,89	1,87	1,85
SRT 1105-Mico	1,	1,18	1,40	1,78	1,45	1,57	1,60	1,30	1,32	1,43
SRT 1198-Engana Ladrão	1,98	1,93	2,13	2,18	2,03	2,07	2,12	2,02	2,00	2,10
Progênies Policruzadas										
SRT 1-Vassourinha	1,48	1,92	1,73	1,60	1,83	1,95	1,68	1,73	1,58	1,43
SRT 59-B.S.Catarina	1,87	1,83	1,97	1,82	1,10	2,37	1,88	2,27	2,20	2,03
IAC 12-829	1,78	2,00	1,78	1,93	1,83	1,72	1,65	1,92	1,82	2,07
IAC 14-18	2,03	2,15	1,93	2,02	2,12	2,20	2,18	1,82	1,72	2,12
SRT 1099-Taquari	2,17	2,27	2,18	2,38	2,13	2,17	1,98	2,13	1,97	1,87
SRT 1139-Alpim Bravo	2,18	2,02	2,10	2,27	1,70	2,07	2,00	2,05	1,90	2,35
SRT 1105-Mico	1,85	1,55	1,65	1,75	1,80	1,73	1,82	1,45	1,85	1,80
SRT 1198-Engana Ladrão	1,60	2,27	2,20	1,93	1,93	2,05	2,48	1,88	2,12	2,35

1/: Médias de três plantas/parcela.

Tabela 11. Diâmetro da planta^{1/} para progenitores e progênies policruzadas, em mandioca, oito meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP. 1980/81.

Progenitores	Diâmetro da Planta (m)									
	Repetições									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
SRT 1-Vassourinha	1,43	1,27	1,30	1,27	1,50	1,35	1,40	1,20	1,40	1,30
SRT 59-B.S.Catarina	1,77	1,77	1,60	1,95	1,87	1,93	2,00	1,97	1,90	1,87
IAC 12-829	1,75	1,52	1,58	1,83	1,50	1,15	1,60	1,57	1,42	1,63
IAC 105-66 Caapora	1,53	1,70	1,33	1,50	1,52	1,53	1,75	1,30	1,30	1,67
IAC 14-18	1,33	1,33	1,20	1,40	1,00	1,17	1,33	1,30	1,40	1,35
SRT 1099-Taquari	1,43	1,37	1,50	1,90	1,70	1,60	1,70	1,47	1,63	1,67
SRT 1139-Alpim Bravo	1,57	1,80	1,70	1,58	1,70	1,60	2,00	1,69	1,57	1,70
SRT 1105 - Mico	1,60	1,28	1,35	1,70	1,40	1,48	1,28	1,65	1,20	1,20
SRT 1198-Engana Ladrão	1,47	1,60	1,63	1,87	1,60	1,70	1,97	1,57	1,73	1,63
Progênies Policruzadas										
SRT 1-Vassourinha	1,15	1,05	1,10	1,10	0,87	1,13	1,25	1,17	1,20	0,93
SRT 59-B.S.Catarina	1,03	1,02	0,97	1,28	1,07	1,23	1,43	1,17	1,17	1,33
IAC 12-829	1,08	1,08	1,05	0,87	1,08	1,03	1,20	1,13	1,03	0,95
IAC 14-18	1,40	1,07	1,00	1,03	1,17	1,07	0,90	1,07	0,90	1,42
SRT 1099-Taquari	1,07	0,85	1,17	1,57	0,83	1,18	0,97	1,12	1,27	0,83
SRT 1139-Alpim Bravo	1,23	1,05	1,03	1,32	1,13	1,10	1,10	1,07	1,27	1,27
SRT 1105-Mico	1,40	1,20	1,00	1,17	1,17	1,00	1,27	1,23	0,90	1,10
SRT 1198-Engana Ladrão	1,30	1,23	1,07	1,10	1,37	1,17	1,50	0,93	1,33	1,25

^{1/}: Médias de três plantas/parcela.

Tabela 12. Número de raízes^{1/} para progenitores e progênes polícrizadas, em mandioca, oito meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP. 1980/81.

Progenitores	Número de raízes ($\sqrt{x}$)									
	Repetições									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
SRT 1-Vassourinha	4,97	4,22	3,77	3,48	4,96	3,50	3,73	3,72	3,58	4,06
SRT 59-B.S.Catarina	3,46	4,19	3,79	3,24	3,48	3,30	4,31	3,87	3,81	3,82
IAC 12-829	4,27	3,77	3,78	4,28	3,69	2,92	3,79	4,42	1,37	4,32
IAC 105-66 Caapora	3,83	4,23	3,10	3,40	3,59	3,47	3,56	3,42	3,44	3,72
IAC 14-18	4,02	5,21	4,18	4,34	4,11	4,22	3,89	4,35	4,82	3,82
SRT 1099-Taquari	4,45	4,46	4,32	4,24	4,58	4,20	4,53	3,93	4,09	3,80
SRT 1139-Aipim Bravo	4,17	3,60	3,53	3,45	3,44	2,63	4,36	3,56	3,69	3,16
SRT 1105-Mico	3,86	3,39	4,03	2,90	3,60	3,73	2,44	3,80	3,35	3,88
SRT 1198-Engana Ladrão	3,50	3,70	3,56	3,35	3,28	3,65	3,99	3,79	3,83	3,79
Progênes Polícrizadas										
SRT 1-Vassourinha	3,60	3,87	3,78	3,29	3,34	3,41	3,85	3,13	4,15	3,95
SRT 59-B.S.Catarina	3,30	3,56	4,15	3,82	3,31	3,61	3,67	3,85	3,58	3,26
IAC 12-829	3,67	3,99	3,26	3,99	3,14	3,58	3,19	3,51	3,24	3,32
IAC 14-18	3,91	3,57	3,83	4,21	3,99	3,64	3,71	3,98	3,18	3,38
SRT 1199-Taquari	3,74	3,90	4,22	3,94	3,69	2,81	3,95	3,40	4,46	3,10
SRT 1139-Aipim Bravo	3,85	4,36	3,83	3,90	3,43	3,69	3,73	4,08	3,78	3,41
SRT 1105-Mico	3,85	3,44	3,69	3,74	3,60	3,36	3,87	3,77	2,83	3,60
SRT 1198-Engana Ladrão	3,54	4,03	3,46	3,25	3,14	3,73	3,87	3,64	3,80	3,61

^{1/} Médias de três plantas/parcela.

Tabela 13. Produção de raízes^{1/} para progenitores e progênes policruzadas, em mandioca, oito meses pós-plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP. 1980/81.

Progenitores	Produção de raízes (t/ha)									
	Repetições									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
SRT 1-Vassourinha	25,575	13,368	12,055	11,501	23,052	14,680	14,604	12,561	11,653	17,151
SRT 59-B.S.Catarina	24,919	22,196	16,647	23,609	12,823	13,418	27,897	21,289	20,505	25,120
IAC 12-829	22,598	18,361	17,605	20,733	17,605	9,988	19,977	18,160	18,583	19,219
IAC 105-66 Caapora	13,369	27,240	10,442	8,677	16,722	11,855	13,771	12,510	12,561	18,362
IAC 14-18	17,914	22,145	17,503	18,059	11,652	12,770	18,765	18,110	20,732	12,763
SRT 1099-Taquari	23,405	21,036	18,917	25,677	28,753	21,640	25,928	20,616	22,901	23,205
SRT 1139-Aipim Bravo	15,586	11,124	11,097	8,097	10,140	7,515	19,977	12,634	13,419	16,748
SRT 1105-Mico	23,555	13,923	12,258	23,668	22,775	17,554	10,391	21,792	11,300	8,097
SRT 1198-Engana Ladrão	13,973	12,107	12,359	10,896	12,611	15,134	13,368	9,383	13,872	14,377
Progênes Policruzadas										
SRT 1-Vassourinha	9,584	13,872	15,487	13,872	7,970	11,702	14,226	11,653	16,243	13,974
SRT 59-B.S.Catarina	14,377	11,753	13,772	19,219	7,163	15,487	11,552	18,110	12,184	13,318
IAC 12-829	14,478	15,890	9,735	10,796	7,920	9,584	11,652	10,089	8,777	10,746
IAC 14-18	11,350	17,858	17,604	14,375	12,665	12,762	10,341	12,107	10,492	19,447
SRT 1099-Taquari	14,679	16,950	20,128	23,809	12,410	12,056	9,887	13,317	19,269	6,558
SRT 1139-Aipim Bravo	16,980	15,789	11,753	13,166	10,594	13,419	11,249	12,712	12,584	13,318
SRT 1105-Mico	22,448	13,822	13,217	11,955	12,057	13,671	20,683	15,082	4,843	15,515
SRT 1198-Engana Ladrão	12,007	16,647	8,576	7,970	10,644	17,000	16,117	13,671	16,445	20,280

^{1/}: Médias de três plantas/parcela.

Tabela 14. Índice de colheita^{1/} para progenitores e progênes policruzadas, em mandioca, oito meses pós -plantio. Estação Experimental de Anhembi, Piracicaba, SP. 1980/81.

Progenitores	Índice de colheita (peso de raízes peso total da planta)									
	Repetições									
	I-	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
SRT 1-Vassourinha	0,71	0,69	0,62	0,63	0,68	0,69	0,67	0,69	0,57	0,68
SRT 59-B.S.Catarina	0,64	0,57	0,55	0,59	0,47	0,54	0,64	0,64	0,56	0,67
IAC 12-829	0,61	0,65	0,60	0,56	0,61	0,57	0,58	0,70	0,67	0,57
IAC 105-66 Caapora	0,50	0,55	0,48	0,44	0,51	0,58	0,48	0,56	0,46	0,50
IAC 14-18	0,59	0,56	0,56	0,51	0,50	0,66	0,53	0,52	0,52	0,59
SRT 1099-Taquari	0,62	0,60	0,56	0,56	0,49	0,60	0,58	0,61	0,60	0,62
SRT 1139-Aipim Bravo	0,51	0,48	0,44	0,42	0,43	0,38	0,48	0,46	0,55	0,47
SRT 1105-Mico	0,68	0,74	0,63	0,66	0,69	0,68	0,52	0,70	0,68	0,63
SRT 1198-Engana Ladrão	0,45	0,47	0,45	0,28	0,42	0,44	0,42	0,44	0,41	0,44
Progênes Policruzadas										
SRT 1-Vassourinha	0,68	0,63	0,70	0,73	0,61	0,56	0,57	0,55	0,64	0,69
SRT 59-B.S.Catarina	0,68	0,61	0,62	0,70	0,87	0,65	0,57	0,57	0,53	0,55
IAC 12-829	0,68	0,56	0,61	0,58	0,45	0,62	0,60	0,60	0,52	0,55
IAC 14-18	0,61	0,55	0,58	0,51	0,42	0,55	0,53	0,59	0,40	0,55
SRT 1099-Taquari	0,57	0,56	0,58	0,54	0,60	0,50	0,53	0,54	0,58	0,43
SRT 1139-Aipim Bravo	0,51	0,49	0,55	0,43	0,46	0,49	0,60	0,60	0,49	0,61
SRT 1105-Mico	0,61	0,70	0,71	0,56	0,62	0,65	0,60	0,59	0,62	0,65
SRT 1198-Engana Ladrão	0,52	0,47	0,46	0,42	0,38	0,60	0,44	0,57	0,42	0,52

1/: Médias de três plantas/parcela.

A N E X O S

Anexo 1. Esperanças matemáticas dos quadrados médios da análise de variância, para obtenção de estimativas dos parâmetros genéticos para progenitores. Blocos ao acaso e um local.

Fontes de Variação	GL	QM	E(QM)
Blocos	R-1	-	-
Progenitores	P-1	Q_3	$(1/K)\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + RV_P$
Resíduo	(P-1)(R-1)	Q_2	$(1/K)\sigma_d^2 + \sigma_e^2$
Dentro	PR(K-1)	Q_1	σ_d^2

Onde:

GL = número de graus de liberdade;

QM = quadrados médios;

E(QM) = esperança matemática dos quadrados médios;

R = número de repetições;

P = número de progenitores;

K = número de plantas avaliadas por parcela;

Q_3 = quadrado médio entre progenitores ao nível de médias de parcelas;

Q_2 = quadrado médio residual ao nível de médias de parcelas;

Q_1 = quadrado médio entre plantas dentro de parcelas;

V_P = componente quadrático da variação genotípica entre progenitores;

σ_e^2 = variância do erro experimental entre parcelas;

σ_d^2 = variância ambiental entre plantas dentro de parcelas.

Anexo 2. Esperanças matemáticas dos quadrados médios da análise de variância, para obtenção de estimativas dos parâmetros genéticos para progênie policruzadas. Blocos ao acaso e um local.

Fontes de Variação	GL	QM	E(QM)
Blocos	$R - 1$	-	
Progênie Policruzadas	$PP - 1$	Q_3	$(1/K)\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + R\sigma_{pp}^2$
Resíduo	$(PP-1)(R-1)$	Q_2	$(1/K)\sigma_d^2 + \sigma_e^2$
Dentro	$PP(K-1)R$	Q_1	σ_d^2

onde:

GL = número de graus de liberdade;

QM = quadrados médios;

E(QM) = esperança matemática dos quadrados médios;

R = número de repetições;

PP = número de progênie policruzadas;

K = número de plantas avaliadas por parcelas;

Q_3 = quadrado médio entre progênie policruzadas ao nível de médias de parcelas;

Q_2 = quadrado médio residual ao nível de médias de parcelas;

Q_1 = quadrado médio entre plantas dentro de parcelas;

σ_{pp}^2 = variância genética entre progênie policruzadas;

σ_d^2 = variância fenotípica entre plantas dentro de parcelas;

σ_e^2 = variância do erro experimental entre parcelas.

Anexo 3. Temperaturas máximas, mínimas, médias e precipitação durante o período experimental. Estação Experimental de Anhembi^{1/}, Piracicaba, SP. 1980/81.

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação	
	Máxima	Mínima	Média	mm	Dias
Dezembro/1980	31,3	15,2	23,3	93,4	9
Janeiro/1981	30,6	15,5	23,0	231,2	10
Fevereiro	32,7	16,1	24,4	82,6	7
Março	31,1	13,5	22,3	128,4	10
Abril	29,2	10,9	19,8	40,0	4
Maio	27,6	11,7	19,6	36,9	3
Junho	24,0	12,2	18,1	76,8	3
Julho	24,7	12,2	18,4	5,9	3
Agosto	28,9	14,3	21,6	-	-
Média geral	28,9	13,5	21,2		
Total				695,2	49

^{1/} Dados fornecidos pela Seção de Agroclimatologia do Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar, IAA, Planalsucar. Anhembi, São Paulo.

Anexo: 4. Análise química do solo da Estação Experimental
 de Anhembi^{1/}, Piracicaba, SP.

Local	N(%)	CO(%)	PH(H ₂ O)	teor trocável, em milequivalen- tes/100 ml de terra				
				PO ₄ ⁻⁻⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺
Anhembi	0,14	1,02	4,8	0,08	0,32	0,62	0,37	1,61

^{1/} Análises realizadas pelo Departamento de Solos, Geologia e
 Fertilizantes, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de
 Queiroz", USP/SP.