COMPORTAMENTO DE PROGÊNIES DE CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum* spp.) EM AMBIENTES CONTRASTANTES

ANTONIO ISMAEL BASSINELLO
Engenheiro Agrônomo

Orientador: PROF. DR. JOÃO RUBENS ZINSLY

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

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

Bassinello, Antonio Ismael

B321c Comportamento de progênies de cana-de-açúcar
(*Saccharum* spp.) em ambientes contrastantes.
Piracicaba, 1991.
126p.

Tese - ESALQ

Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar - Melhoramento 2. Cana-de-açúcar
Progenie - Comportamento I. Escola Superior de Agricul-
tura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.61

COMPORTAMENTO DE PROGENIES DE CANA-DE-AÇÚCAR
(*Saccharum* spp.) EM AMBIENTES CONTRASTANTES

ANTONIO ISMAEL BASSONIELLO

Aprovada em: 04/12/1991

Comissão julgadora:

Prof. Dr. João Rubens Zinsly

Prof. Dr. Aílto Antonio Casagrande

Prof. Dr. Osvaldo Brinholi

Prof. Dr. Sizuo Matsuoka

Prof. Dr. Yodiro Masuda

PROF. DR. JOAO RUBENS ZINSLY
Orientador

Aos meus pais

OFEREÇO

*A Vera, Fábio, André,
Valéria e Mateus*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Ao IAA-PLANALSUCAR e à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP, que possibilitaram a realização do curso.
- À UFSCar, que absorveu as funções do ex - IAA/PLANALSUCAR em São Paulo, pela permissão e incentivo para a conclusão dos trabalhos.
- Ao Professor João Rubens Zinsly, pela orientação, estímulo, amizade e contribuição para a elaboração desta tese.
- Aos Professores do Departamento de Genética da ESALQ/USP pelo apoio e ensinamentos.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.
- Aos Professores Sizuo Matsuoka, Yodiro Masuda e Hideto Arizono, do Departamento de Biotecnologia Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar, pelas contribuições e coleguismo.
- Aos biólogos Antonio Paulo Mazon Marchetti e Maria Luiza Sperandio, pela colaboração e apoio.

- Aos Professores Cosme Damião Cruz (UFV) e Sonia M. Piedade, pelas análises estatístico-genéticas, sugestões e amizade.
- Aos colegas do Departamento de Biotecnologia Vegetal - C.C.A. e do Curso de Pós-Graduação, pelo companheirismo.
- À Sra Elizabeth A. L. Rodrigues, pela tabulação dos dados.
- À bibliotecária Ana Maria Zaia Gheller, pelo auxílio no levantamento bibliográfico.
- À Sra. Carmen M.S.F. Pilotto, Secretária do Departamento de Genética e à Srta. Candida Vanderléia de Oliveira, secretária do Curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela presteza e eficiência.
- Às Sras. Elisa S. Peron, Terezinha J.L. Barrete e Sandra Giovanoni e Sonia Aparecida Fachini, pelos serviços de datilografia e digitação.
- In Memoriam
Floriza Bassinello
Valter Aparecido Longo

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Implicações de características citológicas na hibridização	6
2.2. Seleção	17
2.2.1. Caracteres considerados	17
2.2.2. Seleção individual e familiar	19
2.2.3. Competição entre plantas	20
2.2.4. Critério de seleção	24
2.3. Interação genótipo x ambientes	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1. Material	35
3.2. Métodos	38
3.2.1. Levantamento dos dados	40
3.2.2. Análise estatístico-genéticas	40
3.2.3. Análise de variância	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1. Araras (SP)	53
4.1.1. Número de colmos (NC)	53
4.1.2. Peso de colmos (PC)	55
4.1.3. Brix (B)	57

	Página
4.2. Uberlândia (MG)	59
4.2.1. Número de colmos (NC)	60
4.2.2. Peso de colmos (PC)	61
4.2.3. Brix (B)	63
4.3. Análise conjunta	64
4.3.1. Número de colmos (NC)	66
4.3.2. Peso de colmos (PC)	67
4.3.3. Brix (B)	68
4.3.4. Comportamento dos genitores em relação à transmissão dos caracteres	70
4.4. Correlações genotípicas, fenotípicas e ambien- tais	73
4.4.1. Número de colmos (NC) - peso de colmos (PC)	73
4.4.2. Brix (B) - peso de colmos (PC)	76
4.4.3. Brix (B) - número de colmos (NC)	77
4.5. Variabilidade genética, herdabilidade, pro- gressos e respostas esperadas na seleção	79
4.5.1. Araras	79
4.5.1.1. Seleção para número de colmos (NC)	79
4.5.1.2. Seleção para peso de colmos (PC)	80

	Página
4.5.1.3. Seleção para Brix (B)	80
4.5.2. Uberlândia	81
4.5.2.1. Seleção para número de colmos (NC)	81
4.5.2.2. Seleção para peso de colmos (PC)	82
4.5.2.3. Seleção para Brix (B)	82
4.5.3. Seleção baseada na média dos dois lo- cais	83
4.5.3.1. Seleção para número de colmos (NC)	83
4.5.3.2. Seleção para peso de colmos (PC)	83
4.5.3.3. Seleção para Brix (B)	84
4.5.4. Seleção em um local e na média dos dois locais; progressos e respostas espera- das no mesmo, em outro local e na média dos dois locais	84
4.5.5. Considerações gerais e sugestões	89
5. CONCLUSÕES	100
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
7. TABELAS	111
8. APÊNDICES	124

COMPORTAMENTO DE PROGÊNIES DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.) EM AMBIENTES CONTRASTANTES

Autor: ANTONIO ISMAEL BASSINELLO

Orientador: PROF. DR. JOÃO RUBENS ZINSLY

RESUMO

O comportamento de progênies de cana-de-açúcar de sete cruzamentos biparentais e recíprocos foi avaliado em dois ambientes contrastantes: Araras - SP, favorável, e Uberlândia - MG, desfavorável. Os cruzamentos foram escolhidos levando-se em consideração a necessidade de ampliação da base genética, tanto quanto possível, sem sacrificar outras boas características agronômicas como produtividade em cana, açúcar e rusticidade.

Cada plântula foi subdividida em duas, antes do transplântio no campo, para que os mesmos genótipos fossem incluídos nos dois ambientes. Os caracteres estudados foram: número (NC), peso (PC) e Brix refratométrico (B) dos colmos de cada planta.

A análise de variância demonstrou diferenças significativas entre progênies para os três caracteres, indicando que a variabilidade genética pode ser melhor

aproveitada com o estabelecimento de características prioritárias para cada local.

O caráter NC mostrou correlação elevada e positiva com PC em Uberlândia; em Araras, ela também foi positiva, mas em menor grau.

A interação progênie-local observada através da análise conjunta para PC indica a necessidade de programas específicos para ambientes contrastantes como os estudados, ou seleção simultânea nos dois ambientes. Para os demais caracteres, a seleção em um local pode levar a resultados favoráveis e semelhantes em outro. O caráter B tende a apresentar maior estabilidade do que NC. A progênie do cruzamento SP70-1143 x RB72454 foi a de melhor comportamento para os dois locais, considerando-se o caráter PC, assim como as avaliações das médias de kg de Brix/plântula e índice de seleção fenotípica.

A menor variação genética observada em condições de solos marginais ou de cerrados é indicação de que o melhoramento genético deve ser complementado com a melhoria do ambiente para se ter uma exploração agrícola econômica. Sugestões de estratégias de melhoramento genético para ambientes desfavoráveis são apresentadas.

PERFORMANCE OF SUGARCANE PROGENIES (*Saccharum* spp.) IN TWO CONTRASTING ENVIRONMENTS

Author: ANTONIO ISMAEL BASSINELLO

Adviser: PROF. DR. JOÃO RUBENS ZINSLY

SUMMARY

Progenies of seven biparental reciprocal crosses were studied in two contrasting environments: Araras-SP, considered favorable, and Uberlândia-MG, unfavorable. The crosses were chosen taking into account the necessity of having a genetic base as broad as possible without loss of good agronomic characteristics like cane production capacity, high sugar content and rusticity. Each seedling stool were subdivided in two during the bench stage, in order to have the same genotype planted in both locations. The characters studied were: number of canes (NC), weight of canes (PC) and field refratometric Brix (B).

Analysis of variance indicated differences in the performance of progenies for the three characters, which fact points that the genetic variability can be enlarged and taken to advantage according to their identification and the order of priority established for each one and for each

location.

A very high and positive correlation was observed between NC and PC at Uberlândia. Progeny-location interaction for PC points out to the necessity of specific programs for each contrasting environment, or simultaneous selection in both locations. For the other characters, selection in one location will lead to favorable and similar results in the other. It was observed that B presents a higher stability than NC. The progeny of the cross SP70-1143 x RB72454 showed the best performance in both places.

The low genetic variation observed, together with the general low performance of all progenies in marginal or "cerrado" soil, is an indication that breeding ought to be complemented with improvement of the environment, in order to have a sound agricultural exploitation in those type of soils. Some of breeding strategy for that unfavorable environment are suggested.

1. INTRODUÇÃO

Desde a implantação do Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar - PLANALSUGAR - 1971, a Seção de Melhoramento da Coordenadoria Regional - Sul vem avaliando anualmente o comportamento de genitores de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) incluídos na Estação de Cruzamento de Serra do Ouro, em Murici, Estado de Alagoas, através de estudos dos índices de seleção das progênies nas várias fases de seleção nas áreas canavieiras tradicionais da região Centro-Sul.

Cerca de 1.000 variedades híbridas, nacionais e alienígenas, fazem parte daquele banco de germoplasma, com uma parte delas sendo substituídas periodicamente, tanto por variedades importadas como por clones ou variedades selecionadas nas várias instituições nacionais de pesquisa e que podem servir de genitores em novos cruzamentos.

Para cada região produtora da área tradicional em cultivo da cana-de-açúcar, as instituições nacionais de pesquisa têm definido um conjunto de variedades, incluindo tanto aquelas de grande estabilidade, que atendem a uma grande variação de ambientes, como outras dotadas de restrições e que, portanto, são específicas a determinadas

condições, mas que, no conjunto, através de um manejo adequado, atendem as necessidades de matéria-prima da indústria sucroalcooleira.

Com a grande expansão da cultura em razão do Proálcool e a sua implantação em ambientes mais drásticos, especialmente aqueles dos cerrados do Brasil Central, deve-se rever os requisitos a definirem os ideotipos, assim como a ordem de prioridade de genitores e características consideradas. Isso se deve à predominância de solos de baixa fertilidade e retenção de umidade sob condições climáticas que se caracterizam basicamente pela distribuição altamente irregular de chuvas, aliadas a altas temperaturas. Por outro lado, critérios diferenciados quanto à resistência às principais doenças poderão levar a alterações no rol dos genitores a serem utilizados. Para tanto, necessita-se de informações sobre a variabilidade genética do material para os principais caracteres, verificação das magnitudes das interações progênes x ambientes e suas implicações no processo de seleção, avaliação das magnitudes dos progressos diretos e indiretos com a seleção, em ambientes diversos, assim como magnitudes das correlações e respostas esperadas entre os caracteres nos vários ambientes. Por outro lado, são imprescindíveis maiores detalhes sobre a determinação das influências não genéticas a que as populações estão submetidas e até quanto essas variações fenotípicas observadas são devidas ao ambiente.

A inclusão no banco de germoplasma de clones selecionados para condições específicas, na intenção de acumulação de gens e recombinações genéticas favoráveis, é uma atividade importante mas até então incipiente. Entende-se que para tal recorrência torna-se ainda mais saliente a necessidade do estudo de adaptabilidade dos genitores e de suas progênes às variadas condições edafoclimáticas para que paulatinamente se consiga o melhoramento da população a médio e longo prazos.

O presente trabalho teve o objetivo de se comparar em dois ambientes contrastantes, um tradicional e outro de cerrado, progênes de 7 cruzamentos recíprocos de genitores considerados de interesse para as nossas condições, obtendo-se assim, subsídios para melhor direcionamento dos programas de melhoramento da cana-de-açúcar no Brasil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A distinção de variedades de cana-de-açúcar - tidas então como espécies - e, principalmente, o conhecimento sobre características botânicas voltadas ao melhoramento constam da "Dissertação de These a cerca da canna de assucar" apresentada por LIMA (1842) na qual afirmava: "Ella se reproduz de sementes em todas as partes onde tem sido encontrada no seu estado natural; onde porém a cultura a tem afastado muito d'este estado, como entre nós onde os órgãos de fructificação parecem privados de algumas condições essenciaes à fecundação do germen, só se reproduz por meio de garfos ou estacas ...".

As habilidades e os conhecimentos adquiridos por uma série de pesquisadores desta cultura em um período anterior à era da genética são dignos de admiração, como evidenciam BERDING & SKINNER (1987), observando, em revisão histórica, que já em 14 de agosto de 1851 a Royal Hawaiian Agricultural Society resolveu, na sua primeira reunião em Honolulu, "que uma comissão seria criada para iniciar experimentos com a finalidade de obter plantas oriundas de sementes de cana-de-açúcar ...", cuja iniciativa conforme informa MANGELSDORF (1946), citado pelos autores acima

referidos, surgiu em decorrência das deficiências observadas nos clones nativos havaianos. Por outro lado, de acordo com os trabalhos de BREMER (1961a e 1961b), os inovadores melhoristas holandeses em Java se antecederam à redescoberta das leis de Mendel, procurando uma solução através do melhoramento, em virtude da suscetibilidade das canas nobres à doença "sereh".

Aqueles mesmos autores ainda evidenciam a redescoberta da fertilidade da cana-de-açúcar em 1885; o insucesso da hibridização entre cana nobre "Loethers" e *Saccharum spontaneum* e o conceito de hibridização interespecífica atribuídos a Soltwedel; a obtenção dos híbridos interespecíficos do gênero *Saccharum* em 1893, assim como dos híbridos intraespecíficos de cruzamentos de canas nobres, por Wakker; a coleta de canas nativas, incluindo a "Chunnee", realizada por Kobus na Índia em 1890; o sucesso do cruzamento da "Chunnee" com muitas canas nobres, e a continuação desses trabalhos por Kobus e Wilbrink, posteriormente capitalizados com sucesso por Jeswiet e van Harreveld em seus programas de nobilitação sistemática. Fica assim evidente que o melhoramento tradicional da cana-de-açúcar reflete um processo de acelerada evolução, resumindo-se a três etapas distintas, porém interdependentes:

- I - coleta e avaliação de germoplasma
- II - hibridização
- III - seleção

Entretanto, uma série de características tornam a cultura da cana-de-açúcar extremamente complexa sob o ponto de vista do melhoramento genético. Por sua característica alopoliplóide pode, através dos cruzamentos, alcançar níveis elevados de ploidia - 12 vezes ou mais o seu número básico de cromossomos - 8 ou 10 - (BREMER, 1961a), interferindo assim sobremaneira na expressão dos genes que governam suas características, de acordo com revisões elaboradas por BASSINELLO (1986a, 1986b e 1987). Ainda com relação à complexidade, as revisões citadas evidenciam que a poliploidia pode, através da ampliação no número de genes que controlam determinado caráter, agir como fator de tamponamento quanto ao fenótipo, assim como alterar todas as hipóteses que tenham sido levantadas e/ou confirmadas quando referentes a organismos diplóides.

2.1. Implicações de características citológicas na hibridização

Antes de 1920 pouco se publicou quanto à citologia da cana-de-açúcar. Além do mais, os resultados obtidos eram contraditórios (BREMER, 1961a). Em clones de *S. spontaneum* de Java o número haplóide de cromossomos observado nas células mães do grão de pólen foi de 56. Esperava-se, assim, que, no caso das espécies híbridas de *Saccharum*, 56 cromossomos de *S. spontaneum* estariam juntos com 40 cromossomos da planta mãe, *S. officinarum*. O

resultado seria uma espécie híbrida com 96 cromossomos na fase somática, a qual teria meiose altamente irregular. Surpreendentemente, uma meiose muito regular foi encontrada, e em muitos casos foram observados exatamente 136 cromossomos, número que era igual ao das células somáticas, e que o aumento no número de cromossomos era devido à não redução dos mesmos com relação ao gameta feminino: assim, 2×40 cromossomos de *S. officinarum* + 56 de *S. spontaneum* = 136 cromossomos.

Em recente revisão sobre as implicações dos gametas $2n$ na nobilitação e melhoramento da cana-de-açúcar, BHAT & GILL (1985) evidenciam o fato dos híbridos interespecíficos desenvolvidos na década de 1920 terem anunciado uma nova era no melhoramento da cana-de-açúcar. Estes híbridos caracterizam-se pelo bom perfilhamento, resistência a doenças e tolerância a condições climáticas adversas. Entretanto, os avanços alcançados em produção através dos esforços do melhoramento durante as duas ou três últimas décadas foram muito escassos. Embora sabendo-se das limitadas bases genéticas das atuais variedades, conforme PRICE (1965), a maioria dos esforços em trabalhos genéticos se referem a cruzamentos intervarietais. Enquanto grande quantidade de germoplasma é avaliada para exploração, compreensão inadequada de aspectos quantitativos da nobilitação dificulta a seleção de genitores para tal estudo no sentido de esclarecer as implicações do endocruzamento associado ao melhoramento da cana-de-açúcar.

Conforme a revisão de BHAT & GILL (1985), a peculiaridade citológica da transmissão dos gametas $2n$ de *S. officinarum* em cruzamentos interespecíficos com *S. spontaneum* foi descoberta por Bremer, já em 1922, e confirmada por diversos outros autores que também demonstraram que o mesmo era verídico nas gerações referentes ao 1º retrocruzamento e, em algumas circunstâncias, ao 2º retrocruzamento quando *S. officinarum* participava como genitor feminino. Compreensivelmente deu-se atenção para o possível efeito de dosagem dos cromossomos (ploidia) mas, surpreendentemente, as consequências genéticas da transmissão dos gametas $2n$ não foram suficientemente consideradas.

Na nobilização, *S. officinarum*, embora poliplóide, comporta-se como diplóide e funciona como gameta reduzido somente em cruzamentos intraespecíficos, segundo STEVENSON (1965), existindo pouca ou nenhuma formação multivalente. Em cruzamentos interespecíficos apenas pareamento autosindético é relatado (PRICE, 1965). Estudos efetuados em Barbados, Java e Austrália encontraram pronunciada depressão em canas nobres autofecundadas (STEVENSON, 1965). Sobre esse aspecto este último autor complementa que os esforços têm sido feitos no sentido de aumentar a frequência de gens que afetam a concentração de sacarose. Assim, *S. officinarum* comporta-se como uma espécie cruzada naturalmente, na qual a variância genética aditiva para vigor, tem sido exaurida pela seleção.

ROACH (1971) aponta para o fato de não ter constatado aumento no número de cromossomos como foi observado por BREMER (1961b) em plantas F₂, mas que em retrocruzamentos utilizando *S. officinarum* como genitor feminino ocorreu a transmissão de $2n + n$ cromossomos. O aumento do número de cromossomos cessou em novos retrocruzamentos e, clones de terceira, quarta e terceira x quarta nobilização tinham números de cromossomos dentro da faixa de $2n = 100$ a 130.

A complexidade relacionada aos cruzamentos e às contribuições da citologia são apontadas por CHEN (1982). Este autor comenta a necessidade de se estabelecer, em larga escala, o número de cromossomos dos genitores, assim como das plântulas híbridas a serem selecionadas, incluindo-se principalmente aquelas referentes aos dois retrocruzamentos nos programas de nobilização que deram origem aos genitores. Isso porque, a seleção das plântulas híbridas superiores não deveria ser somente baseada nas suas características fenotípicas com quase nenhuma ou nenhuma atenção para o seu comportamento cromossômico. Não se deve desconsiderar a progressividade quanto ao balanceamento do número de cromossomos provenientes de cada genitor através de várias etapas. Nos métodos usuais de seleção fenotípica, plântulas híbridas inferiores, embora possuam número de cromossomos interessantes, mas elevados, são eliminadas, enquanto aquelas do tipo $n + n$, as quais podem provir de autofecundação, acabam por ser selecionadas, enfatiza CHEN

(1992). Embora os fenótipos daquelas plântulas descartadas não sejam atrativos, eles são materiais intermediários melhorados, importantíssimos em pelo menos dois aspectos. Primeiro, nos retrocruzamentos e seleções subsequentes, os cromossomos com genes de caracteres indesejáveis podem ser gradualmente eliminados, enquanto aqueles com os genes responsáveis pelos caracteres desejados, podem ser mantidos ao nível triplóide ou tetraplóide. Em segundo lugar, através dos retrocruzamentos, aqueles cromossomos originários das canas selvagens com genes para caracteres indesejáveis, podem ser gradualmente substituídos por cromossomos da cana nobre ou comercial, com genes desejáveis, ao mesmo tempo que os cromossomos da cana selvagem, com genes para caracteres desejáveis, também são mantidos. Em cruzamentos de canas nobres ou comerciais com canas selvagens, o aumento do número de cromossomos nos híbridos é devido às canas selvagens: no tipo $2n + n$, dois terços dos cromossomos são originários da cana comercial ou nobre e um terço da cana selvagem; no tipo $n + 2n$, um terço da cana nobre e dois terços da selvagem; no tipo $2n + 2n$, metade da cana nobre e metade da cana selvagem.

Ainda com relação à citologia, da mesma forma que na cultura do milho, em 1970, os melhoristas e companhias de sementes se viram forçados a carrear aos híbridos o citoplasma resistente à raça T de *Helminthosporium*, uma vez que o uso extensivo de um citoplasma homogêneo conferiu nicho ecológico para patógenos

capazes de explorá-lo, especula-se que a agroindústria da cana-de-açúcar também pode estar se caracterizando pela exploração de variedades cuja base citoplasmática seja precariamente estreita, segundo MANGELSDORF (1983). Este autor salienta que as variedades comerciais têm herdado seus citoplasmas de diversas variedades da espécie "nobre" *S. officinarum*, cujas implicações provenientes desta situação podem ser examinadas analisando-se os antecedentes quanto ao melhoramento da cultura. Complementando, BHAT & GILL (1985), observam que futuros melhoramentos da cana-de-açúcar podem ser alcançados pela ampliação da variação genética. Mediante a revisão sobre a utilização dos gametas $2n$, isto é, a passagem dos cromossomos somáticos de *S. officinarum* nos cruzamentos interespecíficos e intergenéricos, fica evidente que não somente a constituição dos cromossomos mas também a constituição genética do indivíduo é importante.

Por sua vez, ALLISON (1984), assinala que são duas as principais razões para a inclusão de novo germoplasma num programa de melhoramento: a aquisição de atributos de valor não presentes no material usual de melhoramento, o principal se referindo à resistência às doenças e ao aumento da variabilidade do material, e à ampliação das bases genéticas, isto é, a inclusão de novos alelos dos poligenes que determinam o mérito comercial de uma variedade. O mesmo autor afirma que as variedades comerciais atuais têm sido desenvolvidas através de base genética estreita e que a necessidade de se iniciar a

utilização de material genético inadaptado dependerá da variabilidade genética totalmente utilizável que ainda está disponível na grande variação de genitores dos programas usuais de melhoramento. Por outro lado, assinala que existem evidências que suportam a impressão obtida, na prática, de que o material parental usado nos programas de melhoramento possuem variabilidade genética substancial com relação a atributos que governam o mérito comercial, incluindo resistência a importantes doenças.

BREWBAKER (1969), chama a atenção para o fato de que no caso de um tetraplóide, um simples par de alelos, atuando sem dominância, pode combinar-se dando cinco fenótipos diferentes. O alelismo múltiplo aumenta astronomicamente esta variação fenotípica. Para caracteres métricos nos quais cinco locos dialélicos estejam envolvidos, é possível uma segregação de $5^5 = 3.125$ fenótipos, em comparação com a segregação de $3^5 = 243$ no diplóide. Segundo aquele autor, a procura de um genótipo particular em um tetraplóide (por exemplo, um homozigoto para todos os cinco alelos) torna-se tarefa difícil, quase que impossível. Citando a importância prática disso para os melhoristas que trabalham com poliplóides ele menciona o fato dos melhoristas de cana-de-açúcar no Havai considerarem que muito do sucesso genético conseguido com esta gramínea poliplóide, se devia ao processo de selecionar cada ano cerca de dois milhões de plântulas em famílias segregantes.

Além da utilização acentuada dos policruzamen-

tos em cana-de-açúcar, e que reflete num comprometimento do controle de consanguinidade, pelo fato de se conhecer apenas o genitor feminino de grande parte dos cruzamentos que deram origem aos genitores atuais, são muito discutidos os efeitos decorrentes da depressão causada pela endogamia, a qual se torna mais acentuada quando da autofecundação. Apesar da controvérsia sobre a utilização da autofecundação como uma das etapas do programa de melhoramento, a sua ocorrência em cana-de-açúcar, é indiscutível, em intensidades que variam de acordo com os genitores envolvidos. Isso porque, sua flor é hermafrodita, e pelo fato de nenhum método completamente satisfatório de emasculação artificial em cana-de-açúcar tenha sido ainda desenvolvido, segundo HOGARTH (1989). Assim, a depressão causada pela endogamia deve estar incluída como um dos fatores que influenciam no descarte, já na primeira fase de seleção, de cerca de 90% das plântulas produzidas. Não obstante, é importante destacar que algumas variedades comerciais são originárias de autofecundação (Ex.: NA56-79).

Num programa de melhoramento genético, o esquema de seleção a ser empregado depende principalmente do sistema reprodutivo da espécie a ser melhorada. Na maioria dos testes sobre melhoramento, as plantas sexuais são agrupadas em autógamas e alógamas. Enquanto nas primeiras o cruzamento natural é desprezível, nas alógamas ele é predominante, com um mínimo de 95%, conforme enfatiza CRISOSTOMO (1990). Acrescenta que, apesar desse agrupamento,

a análise da taxa de fertilização cruzada de várias espécies revela a existência de um sistema reprodutivo caracterizado pela ocorrência simultânea de autofecundação e cruzamento natural, intermediárias aos tipos anteriores. Este terceiro grupo recebe a denominação de espécies intermediárias, mistas, ou com ambos os tipos de polinização. Ele adota a denominação de espécies parcialmente autógamas. Inúmeras espécies cultivadas, às quais deve estar incluída a cana-de-açúcar, enquadram-se nessa categoria, assim como o algodoeiro, o girassol, o cacauzeiro e a mamoneira, entre outras. O conhecimento da estrutura genética de populações sob seleção é importante porque possibilita ao melhorista prever o progresso a ser obtido pela aplicação de determinado esquema de seleção. Essa previsão vem sendo feita com sucesso em populações autógamas e alógamas. Prosseguindo, indica que nas espécies parcialmente autógamas, entretanto, são poucos os trabalhos a respeito e que, segundo Wright & Cockerham (1985)¹¹, estas populações, sendo constituídas de indivíduos autofecundados na proporção S e cruzados na proporção $1-S$, leva a plantas com diferentes coeficientes de endogamia na mesma população. Essa característica afeta os parâmetros populacionais de forma diferente das autógamas e alógamas, tornando a interpretação mais complexa.

O método atual de seleção de plântulas

¹¹ WRIGHT; A. J. & COCKERHAM, C. C. Selection with partial selfing. I. Mass selection. *Genetics*, Princeton, 100: 585-97, 1985.

híbridas em cana-de-açúcar é ainda bastante primitivo, afirma CHEN (1982). Citando BREMER (1961), mostra que apesar da teoria da nobilitação ser do conhecimento dos melhoristas das mais diversas e avançadas regiões produtoras, os projetos de melhoramento e seleção raramente têm ultrapassado a primeira nobilitação. Normalmente, clones usados como genitores são os que detêm características comerciais superiores como alta produção de cana-de-açúcar, cujos caracteres foram também usados como critério na seleção de plântulas híbridas. Plântulas que satisfazem tal critério são propagadas e o clone, multiplicado vegetativamente, uma vez considerado como resultante de uma excelente combinação de parentesco apenas pelo seu fenótipo, pode ser usado como genitor em outro cruzamento. Mas este outro cruzamento não tem conexão com o anterior, pois ambos pertencem a projetos dissociados e independentes. A perda de integração no planejamento de cruzamentos pode ser o principal fator influenciando a pouca efetividade da seleção.

Deve-se salientar que não há evidências para se afirmar da origem híbrida das sementes. CHEN (1982) sustenta a importância do exame cromossômico para determinar o exato parentesco, pois, de outra forma, não se pode certificar se o híbrido é realmente resultante dos pais designados ou resultantes de autopolinização, ou mesmo de cruzamento de clones desconhecidos quando os cruzamentos não são feitos sob controle restrito, ocasião em que

intercruzamentos podem ocorrer. Complementa, afirmando que os fenótipos das plantas com $2n + n$, $n + 2n$ ou $2n + 2n$ podem não ser superiores àqueles com $n + n$ cromossomos em diâmetro e altura de colmos ou outros caracteres comerciais que sejam utilizados na seleção. As relações apontadas se referem ao número de cromossomos do clone comercial para o número de cromossomos do genitor selvagem. Dependendo do estágio de cruzamento, a adição destes últimos poderá induzir caracteres indesejáveis como colmos finos ou pobres em sacarose.

Visando informar sobre a taxa de consanguinidade em cruzamentos do projeto seleção recorrente, MATSUOKA (1988) fez uma revisão sobre um tema que tem sido frequentemente indagado por parte de vários pesquisadores: não seria estreita a base genética na qual se baseiam os híbridos atuais da cana-de-açúcar? Destaca, citando Roach & Daniels (1987)²² que, embora a preocupação de se alargar a base genética seja válida, o fato é que as tentativas recentes para tal não chegaram a um resultado concreto, a ponto destes autores admitirem que "é provável que a base genética efetiva seja mais ampla do que se imaginou". Raciocina ele que a partir dos poucos híbridos interespecíficos obtidos nos trabalhos pioneiros de Java e de Coimbatore, há cerca de 60 anos atrás, originaram-se quase todos os diversos tipos de híbridos cultivados no mundo de hoje, tão divergentes nas

²² ROACH, B.T. & DANIELS, J. A review of the origin and improvement of sugarcane. In: COPERSUCAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, Piracicaba, 1987. Piracicaba, COPERSUCAR, 1987. p.1-33.

suas adaptabilidades a clima, solo e resistência às doenças, talvez devido à origem polifilética da cana-de-açúcar e uma feliz adequação na escolha dos primeiros clones de *Saccharum spp.* que os precursores utilizaram para os cruzamentos interespecíficos.

2.2. Seleção

Quanto à prática da seleção, a maioria dos caracteres de importância econômica apresentam herança quantitativa determinada por numerosos genes e sujeitos à variação ambiental. Antes do desenvolvimento da genética quantitativa os melhoristas de plantas julgavam que muito pouco da aprendizagem em genética clássica poderia contribuir para os programas de melhoramento. Entretanto, sendo a cana-de-açúcar de reprodução clonal, estimativas da variância genética total, variância ambiental, grau de determinação genética (herdabilidade no sentido amplo), ganhos de seleção e resposta esperada na seleção, têm se mostrado de muita utilidade, apesar da segregação transgressiva, isto é, o aparecimento de alguns indivíduos geneticamente superiores ao melhor genitor, e outros inferiores ao genitor mais deficiente (SKINNER, 1981).

2.2.1. Caracteres considerados

Segundo SKINNER *et alii* (1987), após os

estágios iniciais de seleção é importante enfatizar a escolha de variedades mais rentáveis do que concentrar-se na rejeição de variedades com deficiências em algum caráter importante. Na prática, o melhorista não seleciona usualmente uma certa porcentagem de variedades baseando-se em cada caráter, separadamente, mas sim elegendo uma proporção razoável, após considerar todos os caracteres. As implicações deste fato não podem, entretanto, ser evitadas, pois os ganhos de seleção para qualquer caráter em particular frequentemente são muito menores que o esperado, e alguns caracteres considerados na seleção mostram melhoramento não mensurável.

A avaliação dos resultados sobre a capacidade de combinação de genitores no Havai é difícil, segundo TEW (1987), em virtude da correlação entre graduações visuais no estado jovem (6-10 meses) e produção de açúcar na época da colheita (24-26 meses) ser muito fraca. Devido àquela dificuldade, foram iniciados testes para avaliação da capacidade produtiva de variedades utilizadas como genitores, considerando famílias ao invés de plântulas individuais, isto é, as parcelas individuais passaram a se constituir de famílias de plântulas originárias de sementes de cruzamentos biparentais "replicadas" três vezes em dois ambientes contrastantes. Na comparação entre velhos e novos genitores (clones) as progênies destes últimos foram significativamente mais produtivas nos dois locais, enfatizando o conceito da utilização de novos clones na

medida em que se amplia o progresso genético. Observou-se grande importância da capacidade específica de combinação, ao contrário da capacidade geral e, embora um dos cruzamentos tenha sido o de maior produção em ambos os locais, interações família x locais foram consideráveis. Ainda, segundo TEW (1987), quando o comportamento global de determinada família é superior aos padrões, há grande chance de que os melhores indivíduos dessa família sejam mais produtivos que os padrões.

2.2.2. Seleção individual e familiar

Para SKINNER *et alii* (1987) os efeitos ambientais são normalmente elevados nas populações de plântulas originárias de sementes. Nesta situação, tanto a seleção individual (massal), com altos índices, como a seleção familiar, seriam apropriadas. As estimativas de herdabilidade obtidas por eles foram muito baixas para a maioria dos caracteres, a nível individual, mas bastante elevadas a nível familiar, sendo estas últimas mais interessantes para estudos de progênie. Para a seleção familiar, FALCONER (1981) observa que as famílias como um todo são selecionadas ou rejeitadas e consideradas como unidades através dos valores fenotípicos médios. O teste de progênie, baseado no valor fenotípico médio da progênie, pode ser considerado como uma forma modificada de seleção familiar, segundo SKINNER *et alii* (1987). Acrescentam também

que em espécies de reprodução clonal como a cana-de-açúcar, a seleção familiar modificada (teste de progênie) pode ser baseada em taxa de seleção ao invés de valores médios. Ainda, esses autores consideram que a seleção individual para a maioria dos caracteres importantes de produção de cana-de-açúcar é ineficiente, com cerca de 80% da variação sendo devida a efeitos ambientais e somente 15 a 20% devido ao genótipo. Contrariamente, a seleção familiar para os mesmos caracteres seria relativamente efetiva, com 75 a 80% da variação fenotípica entre famílias sendo devida ao genótipo.

2.2.3. Competição entre plantas

SKINNER et alii (1987) discorrem sobre a competição entre plantas vizinhas como sendo um dos maiores problemas que afetam a seleção em qualquer cultura. Em 1961 o autor observou que, em pequenas parcelas de cana-de-açúcar, as diferenças genéticas relacionadas à habilidade competitiva entre plantas eram muito maiores que diferenças genéticas verdadeiramente ligadas à habilidade de produção. Tovey et alii (1973)³, citados por aqueles autores, mostraram que a competição por luz em

³ TOVEY, D.A.; GLASZIOU, K.T.; FARQUHAR, R.H. & BULL, T.A. Variability on radiation received by small plots of sugarcane due to differences in canopy heights. 1973. *Crop Science*, 13: 240-242.

⁴ JENNINGS, P.R. & AQUINO, R.C. Studies in competition on rice. III. The mechanism of competition among phenotypes. 1968. *Evolution*, 22: 529-42.

cana-de-açúcar era muito importante em pequenas parcelas; segundo aquela mesma revisão, Jennings e Aquino (1968)⁴ trabalhando com arroz, observaram que a habilidade competitiva dos genótipos estava associada com caracteres relacionados ao crescimento precoce, enquanto o desenvolvimento do caráter em estágios de crescimento tardio poderiam não ser relacionados à habilidade competitiva. Em cana-de-açúcar pode ocorrer que genótipos que tenham crescimento rápido, no início, resultem em genótipos que apresentem menor desenvolvimento final, em decorrência das condições que Tovey *et alii* (1973) mostraram ser importantes.

As correlações genotípicas indicam se a seleção para um caráter teria um efeito positivo ou negativo no valor de outros caracteres. Indicam, também, se a seleção para dois caracteres simultâneos como produção de cana e conteúdo de açúcar é possível (correlação baixa ou positiva) ou muito difícil (correlação altamente negativa), segundo HOGARTH (1987). Este autor complementa que a produção de cana está mais estruturalmente correlacionada com a população de colmos do que com peso, ou com o diâmetro do colmo, fato este que tem importante implicações para a seleção de variedades. Correlações genotípicas entre a verdadeira habilidade de produção e a habilidade competitiva

⁴ JENNINGS, P.R. & AQUINO, R.C. Studies in competition on rice. III. The mechanism of competition among phenotypes. 1968. *Evolution*, 22:529-42.

foram estimadas em 0,30 (Skinner, 1961)⁵ e 0,47 (Skinner e Hogarth, 1978)⁶. WU (1984) estimou em 0,46 a correlação entre genótipo e competição quanto ao volume de planta. Tais correlações positivas indicam, segundo SKINNER *et alii* (1989), que fortes competidores tendem a apresentar produções abaixo da média em populações puras, ou seja, naquelas em que as plantas sejam geneticamente iguais. Entretanto, observam os autores, as correlações são muito baixas para serem consideradas na prática, além do fato da competição causar grandes erros para variedades individuais em pequenas parcelas, inflacionando as variâncias fenotípicas e genotípicas. O próprio autor observou em 1961 que a variância do erro ficou inflacionada, enquanto WU (1984) observou que este efeito foi muito pequeno.

Hogarth (1977)⁷, citado por SKINNER *et alii* (1987), observou o efeito de compensação em cana-de-açúcar, assim como ocorre para outras culturas, concluindo que o aumento em produção de um forte competidor é balanceado pelo decréscimo da produção de pobres competidores. Estes resultados sugerem que a seleção em pequenas parcelas seja bastante aberta, devido às diferenças em produção poderem

⁵ SKINNER, J.C. Sugarcane selection experiments. II. Competition between varieties. 1961. Bur. Sugar Exp. Sin. (Queensland) Tech. Com. I. pp. 1-26.

⁶ SKINNER, J.C. & HOGARTH, D.M. Efficiency of border rows in replicate sugarcane variety trials. 1978. Euphytica, 27:629-433.

⁷ HOGARTH, D.M. Quantitative inheritance studies in sugarcane. III. The effects of competition and violation of genetic assumptions on estimation of genetic variance components. 1977. Aust. J. Agric. Res. 28: 257-68.

ser relativas à competição, acarretando alguma dúvida sobre a efetividade da seleção para habilidade de brotação em soca em pequenas parcelas.

Em relação à estratégia para o tipo de estudo em discussão, o cruzamento biparental é provavelmente o mais utilizado ultimamente pelos melhoristas de cana-de-açúcar, segundo BREAU (1987). As estratégias de melhoramento que se baseiam no sistema de cruzamentos comprovados dependem de cuidadoso isolamento de genitores, isto é, de um efetivo controle da polinização. O isolamento ou o uso de clones macho-estéreis tem a finalidade de evitar cruzamentos estranhos ao pretendido. A utilização deste procedimento em estratégias de seleção, leva conseqüentemente à obtenção de grande número de cruzamentos e plântulas. A estratégia para elevar a frequência de segregantes superiores em populações de plântulas baseia-se no fato dos cruzamentos biparentais serem reproduzíveis ou até mesmo repetitivos, salienta BREAU (1987). É possível, assim, testar as progênies de uma grande gama de cruzamentos em pequena escala, repetir os cruzamentos de "elite" (superiores) e desenvolver as progênies de plântulas resultantes em larga escala. O sucesso dessa estratégia depende da facilidade, rapidez e da possibilidade destes cruzamentos superiores (de "elite") poderem ser identificados.

2.2.4. Critérios de seleção

BERDING & SKINNER (1987) citam que a seleção praticada no programa de melhoramento de cana-de-açúcar da Austrália (BSES), objetivando variedades de valor econômico, considera principalmente o rendimento da cana, em virtude das numerosas e evidentes correlações negativas entre os componentes que o constituem: número, comprimento, diâmetro e densidade dos colmos. Considerando outros fatores como germinação, brotação de socas, doenças, industrialização e florescimento, os critérios de seleção estão constantemente sob revisão. A grande mudança dos agricultores para o corte de cana crua e o uso subsequente da cobertura do solo pelos seus resíduos, além da prática do cultivo mínimo como medidas de contenção de despesas tem, segundo aqueles autores, importantes implicações no programa desenvolvido naquele país, atualmente. Isto é devido ao fato de nem todos os clones serem adaptados ao esquema de colheita mecânica de cana crua, apresentando, às vezes, perdas substanciais, o que pode ser contornado através do uso correto de máquinas apropriadas. A preferência pela manutenção da cobertura dos resíduos do corte de cana crua tem predominado; na região de Musgrave previu-se, em 1981, que 75% da área seria cortada através do sistema de cana crua, o que se concretizou em seis anos. Concebe-se que clones melhor adaptados a este sistema de regime de cobertura vegetal diferirão daqueles selecionados para colheita da cana queimada, fato este

observado na década de 60 por Simmonds (1979)⁸, citado pelos autores, em Barbados, causando grandes reduções no rendimento de socas quando a queima foi introduzida. Concluem que, da mesma forma, as características de brotação em socas sob cobertura vegetal podem ser diferentes quando a temperatura do solo for baixa e o regime de umidade menos estressante. Clones que rebrotam mal após queima podem ter ótimo comportamento quando colhidos no sistema de cana crua. Para o norte de Queensland estão correntemente planejando alterar a prática de corte em todas as estações experimentais, e parte da área experimental obedeceria ao sistema de cana crua e manutenção da cobertura vegetal resultante.

2.3. Interação genótipo x ambientes

Para ALLARD & BRADSHAW (1964), existe uma concordância entre melhoristas de plantas de que as interações genótipo-ambiente têm um importante significado no melhoramento de variedades superiores. Entretanto, é muito mais difícil encontrar concordância sobre o que se deve conhecer sobre as interações genótipo-ambiente, e como utilizá-las.

O cultivo da cana-de-açúcar baseado numa única variedade em épocas passadas, conflita com a atual demanda

⁸ SIMMONDS, N.W. The impact of plant breeding on sugarcane yields in Barbados. Trop. Agr., 56(4): 289-300, 1979.

de ambientes diversificados e a predominância de doenças em áreas produtoras (LO, 1987). Um programa regional de seleção para cana-de-açúcar em estações regionais desde a primeira fase de seleção (fase de plântula) foi iniciado em 1971 no Instituto de Pesquisa do Açúcar de Taiwan, cuja finalidade seria desenvolver variedades melhor adaptadas para cada região, assim como selecionar variedades que se mostrem superiores em outras regiões. O autor acrescenta que após 15 anos de implantação de tal estratégia, 19 variedades foram liberadas. A produção média de cana planta e socas para aquelas 19 variedades foi 83,4 t/ha, com aumento de 9% sobre a produção média de 31 variedades liberadas antes daquele programa, durante o período de 1945 a 1970. Quando os períodos de 14 anos antes e após o Programa Regional de Seleção foram comparados com relação às produções de cana de diferentes áreas de Taiwan, aumentos de 21%, 18% e 6% por hectare foram observados para os plantios de outono (cana-de-ano-e-meio), primavera (cana-de-ano) e canas socas respectivamente. Entretanto, deve-se acrescentar que parte destes aumentos em produtividade podem ser resultantes da evolução tecnológica em relação à condução da cultura e da própria evolução genética ocorrida pela recorrência, independentemente do programa de seleção local.

Para COMSTOCK & MOHL (1963), as interpretações sobre os estudos com cultivares dependem do conhecimento que se tem da composição fenotípica, uma vez que se sabe que o fenótipo reflete no desenvolvimento, que é resultado de

influências não genéticas, tanto como as genéticas. Entretanto, os efeitos do genótipo e do ambiente não são independentes. A resposta fenotípica a uma variação no ambiente não é a mesma para todos os genótipos; as consequências da variação do genótipo dependem do ambiente, constituindo as interações.

São inúmeros os trabalhos evidenciando os efeitos das interações genótipo-ambiente em cana-de-açúcar nos países produtores. MARIOTTI *et alii* (1977), realçam a tendência do comportamento produtivo de variedades em um dado ano, como resultante de um efeito residual da última colheita, sendo assim importante desenvolver modelos para considerar tal efeito. Os mesmos autores observam que os rendimentos, expressos em toneladas de cana por hectare e qualidade do caldo, são negativamente associados dentro de genótipos e que a tendência geral é afetada, entretanto, pela idade da cultura e pelos próprios genótipos. A localidade de seleção afeta parâmetros genotípicos nas progênes. Condições climáticas em Jujuy tenderam a minimizar diferenças nos componentes genotípicos de rendimento, enquanto tenderam a maximizar diferenças nos componentes de qualidade (Brix) entre os clones, segundo MARIOTTI (1974).

Um fato que se evidencia é que os componentes do rendimento de cana mostraram uma herdabilidade menor em Jujuy, enquanto que os componentes de qualidade, uma herdabilidade menor nas condições de Tucumán. Tais

comportamentos estão relacionados ao crescimento e maturação diferentes, de acordo com as situações climáticas diversas entre aquelas duas regiões. Em Jujuy, com um outono mais favorável e um inverno com temperaturas mínimas não demasiadamente extremas, a cana-de-açúcar cresce durante um período maior de tempo que em Tucumán. Torna-se possível uma certa uniformização, que se pode notar pela altura de colmos, minimizando as diferenças entre clones. Esta mesma situação, tende a maximizar as diferenças na qualidade. Em Tucumán, de clima mais extremo, o efeito é inverso, a cana cresce lentamente ou paraliza o crescimento quando as diferenças entre clones são todavia grandes. Por outro lado, as diferenças em qualidade tecnológica são pequenas.

POLLOCK (1978), observou que a variância do componente de interação variedades-ambientes foi cerca de 75% da magnitude referente ao componente de variedades para toneladas de açúcar por hectare, evidenciando que, em média, 87% da diferença entre um par de variedades dentro de um ensaio seria devida a efeitos de interação e, portanto, 13% devida a diferenças reais entre variedades. As influências genéticas e ambientais são independentes nas suas ações, de maneira que a resposta observada para uma mudança de ambiente é diferente para a maioria das variedades.

Vários fatores influenciam as interações, podendo-se apontar: tipo de solo, fertilidade, quantidade e distribuição das chuvas, temperatura e práticas culturais, entre outras. Assim, o desenvolvimento de uma variedade de

cana-de-açúcar é influenciado por diversos componentes, tais como: velocidade de crescimento, precocidade de maturação, capacidade de rebrota, características agroindustriais em geral, capacidade fotossintética e resistência a influências causadas por pragas e doenças. As interações genótipo-ambiente tornam-se assim importantes num programa de melhoramento, principalmente as relacionadas a locais e anos.

Para as condições da região Centro-Sul do Brasil, BASSINELLO (1984) estudou, além dos efeitos de locais, anos e variedades, o efeito de épocas de colheita e interações correspondentes a diversos parâmetros relacionados a duas características principais, maturação e capacidade de rebrota, as quais são muito influenciadas pelas condições de umidade e temperatura, variáveis de acordo com os locais e meses que compõem o período de safra.

Em programa de melhoramento de cana-de-açúcar, a efetividade de seleção seria herdada, segundo KANG *et alii* (1984), desde que o caráter em análise apresente repetibilidade através do comportamento em vários ambientes, de tal forma que uma vez avaliado quanto ao seu comportamento num ambiente, possa ser extrapolado a outros ambientes.

A informação sobre os mecanismos genéticos que condicionam um caráter sob diferentes ambientes é comprometida quando são usados apenas coeficientes de correlação fenotípicos. O conceito de correlação genética

pode ser aplicado para estudar alguns problemas associados com as interações genótipo-ambiente, conforme FALCONER (1981), citado por KANG *et alii* (1984) observando que os mecanismos fisiológicos em diversos ambientes se apresentariam de certa forma variáveis e diversos em relação a um dado caráter. Aquele autor observa que o ganho em um caráter é usualmente mais elevado para a seleção direta do que indireta baseado num caráter correlacionado mas, que a seleção indireta é justificada devido a redução de custos. Às vezes a seleção indireta pode ser mais efetiva se o caráter secundário tem uma herdabilidade absolutamente maior e a correlação genética entre os caracteres é alta.

Além da importância do estudo de interações genótipo-ambiente para a recomendação de variedades com relação à estabilidade de produção, deve-se considerá-lo também com relação à estratégia utilizada nas fases de seleção de um programa de melhoramento.

Há uma tendência que se torna cada vez mais acentuada, à medida que a cultura ocupa áreas marginais de exploração, da prática da seleção descentralizada (HEINZ, 1987 e NUSS, 1987). As diferenças entre os melhoristas para a adoção desta prática estão mais relacionadas à escolha da fase de seleção que deve ser operacionalizada. Duas alternativas têm sido normalmente utilizadas:

- 1) Seleção de plântulas originais (TEW, 1987) em ambiente de condições intermediárias ou ótimas, reduzindo-se a pressão de seleção, de tal forma a resultar em genótipos adequados também a outras condições ambientais, e testes nas fases intermediárias nos vários locais;
- 2) Seleção de plântulas originais nas várias condições ambientais, isto é, seleção descentralizada e condução das fases de seleção em cada ambiente (LO, 1987). À medida que se objetiva melhoramento a médio ou longo prazo, a elevação da frequência de gens favoráveis nos ciclos de recombinação seria a alternativa mais adequada para quando as condições fossem muito contrastantes. Apesar de mais onerosa, esta estratégia evitaria perda de materiais adequados, principalmente para condições ambientais limitantes (BERDING & SKINNER, 1987).

De acordo com ALLARD (1971), para que os genes possam provocar o desenvolvimento de um caráter, é preciso que eles disponham do ambiente adequado. Por outro lado, não há modificações de ambiente que possam causar o desenvolvimento de um caráter se os genes necessários para tanto não estiverem presentes. É preciso reconhecer, todavia, que a variabilidade observada em certos caracteres pode ser causada principalmente pelas diferenças gênicas

entre os diversos indivíduos. A variabilidade de outros caracteres pode, ao contrário, ser principalmente uma consequência das diferenças nos ambientes aos quais os indivíduos foram expostos.

Considerável debate tem sido feito em reuniões de melhoramento se a seleção deveria ocorrer em ambientes ótimos, em ambientes que mais se aproximam de operações utilizadas na prática comercial ou em ambientes de estresse. Embora cada uma dessas opções tenham as suas vantagens, há um consenso crescente que dadas as alternativas, o ambiente ótimo deveria ser normalmente preferido. A razão para isto, segundo TEW (1987), é que as proporções das variabilidades genéticas e não genéticas observadas em testes são frequentemente mais fortemente afetadas pela favorabilidade do ambiente, tanto assim que as herdabilidades e também as taxas de ganho genético esperadas para rendimento e caracteres relacionados, são muito maiores em ambientes ótimos. Observa que tem sido mostrado, em alguns casos, que ganhos genéticos quanto ao potencial de produção em ambientes desfavoráveis, estressados, podem ocorrer mais rapidamente, impondo-se pressão de seleção sob condições próximas ao nível ótimo do que quando sob condições de estresse.

Considerando o efeito que o ambiente tem na expressão dos caracteres na seleção de progênie. MARIOTTI (1987) relata um teste de seleção que consistiu de uma progênie híbrida disposta ao acaso, replicada em três

espaçamentos de plantio, de 0,8 m a 1,6 m entre sulcos. Os resultados do estágio II de seleção indicaram que o número de colmos, diâmetro e Brix poderiam ter sido selecionados com igual eficiência sob quaisquer daqueles tratamentos. A produção de cana e o peso por colmo, entretanto, seriam melhor selecionados em espaçamentos mais estreitos, a julgar pelo maior grau de determinação genética estimado sob aquela condição ambiental. Há, segundo o autor, uma forte tendência a selecionar para um alto grau de especialização concernentes a espaçamentos entre sulcos no plantio.

Segundo MOORE (1987), quando se considera o objetivo de produzir clones de cana-de-açúcar com habilidade ampliada para sobreviver e se desenvolver em ambientes adversos, é preciso ter em mente que cada um dos fatores ambientais capazes de provocar uma resposta às adversidades é, quando presente em quantidades ótimas, uma necessidade para máximo desenvolvimento. Acrescenta que certos clones de cana-de-açúcar podem parecer tolerantes por prosperar durante um estresse de baixa umidade no solo, quando, de fato, a planta está evitando a deficiência de água por planta está evitando a deficiência de água por desenvolver um sistema radicular profundo, ao invés de tolerá-la. Se a deficiência de água é de curta duração, os que a evitam continuam com bom desenvolvimento mas, se a deficiência é mais longa, plantas verdadeiramente tolerantes produzirão o melhor desenvolvimento.

A planta não pode alterar significativamente

uma condição de adversividade ambiental por ela própria; no entanto, parte da resistência ao estresse é adquirida somente quando a introdução do seu efeito nos tecidos é evitada. Este tipo de resistência é chamado de proteção ao estresse, podendo-se incluir vários exemplos:

- 1) barreiras físicas;
- 2) barreiras metabólicas;
- 3) adaptações morfológicas; e
- 4) plasticidade quanto ao desenvolvimento estacional (completando o ciclo de vida na estação favorável) (MOORE, 1987).

A segunda principal modalidade de resistência ocorre quando a planta é capaz de prevenir, reduzir ou reparar a injúria produzida pela condição adversa mesmo quando atingida, fato que se denomina tolerância ao estresse.

O melhoramento de populações para os cerrados deveria, portanto, obedecer certos requisitos que somente as próprias condições ambientais, ou a ele direcionadas no sentido de alterá-las (BASSINELLO et alii, 1989), retornariam informações adequadas, não só quanto ao progresso esperado como principalmente ao progresso obtido. Este estudo teve a finalidade de justamente trazer mais luz a essa importante questão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Plantas originárias de sementes produzidas pelo PLANALSUCAR (Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar), em 1985, na Estação de Floração e Cruzamento em Serra do Ouro, município de Murici, AL. ($9^{\circ} 13'S$, $36^{\circ} 50'W$), foram avaliadas em experimentos localizados em Araras, SP - Estação Central-Sul ($22^{\circ}S$, $47^{\circ}W$), e em Uberlândia, MG - Estação Experimental Regional do Triângulo Mineiro ($18^{\circ}S$, $48^{\circ}W$).

Os cruzamentos que deram origem às progênes envolveram 8 genitores e obedeceram ao sistema biparental, tradicionalmente utilizado nos programas de melhoramento de cana-de-açúcar, sendo que cada genitor foi utilizado ora como macho ora como fêmea, constituindo-se assim em cruzamentos recíprocos, totalizando 14 cruzamentos.

Os genótipos avaliados nos dois locais corresponderam às descendências dos seguintes cruzamentos biparentais:

1) NA56-79 x RB72454	8) RB735275 x NA56-79
2) RB72454 x NA56-79	9) RB72454 x SP70-1143
3) RB72454 x IAC51-205	10) SP70-1143 x RB72454
4) IAC51-205 x RB72454	11) RB72454 x TUC71-7
5) IAC51-205 x NA56-79	12) TUC71-7 x RB72454
6) NA56-79 x IAC51-205	13) H61-4731 x IAC49-131
7) NA56-79 x RB735275	14) IAC49-131 x H61-4731

As características das variedades incluídas como genitores estão relacionadas a seguir, em que a capacidade em relação à germinação, ao perfilhamento e à brotação de socas foram consideradas para definição do nível de exigência:

VARIEDADE	ORIGEM	ANO CRUZ.	TEOR DE SACAROSE	MATURIDADE	EXIGÊNCIA
NA56-79	Argentina	1956	Alto	Precoce	Regular
IAC49-131	São Paulo	1949	Baixo	Tardia	Baixa
IAC51-205	São Paulo	1951	Regular	Média	Regular
H61-4731	Havaí	1961	Regular	Média	Alta
SP70-1143	São Paulo	1970	Regular	Média	Baixa
RB72454	São Paulo	1972	Alto	Média	Baixa
TUC71-7	Argentina	1971	Alto	Precoce	Alta
RB735275	São Paulo	1973	Baixo	Tardia	Baixa

USO NO BRASIL

NA56-79	Comercial no país de 1975 até a presente data
IAC49-131	Restrito a São Paulo, de 1965 a 1975
IAC51-205	Comercial na década de 70
H61-4731	Não comercial
SP70-1143	Comercial na região Centro-Sul, de 1980 até a presente data
RB72454	Comercial na região Centro-Sul desde 1989; em expressiva ampliação em todo o país.
TUC71-7	Não comercial
RB735275	Condenada pela suscetibilidade à ferrugem

Figura 1. Árvore genealógica do conjunto de híbridos que compuseram o intercruzamento 85/1 do Projeto Seleção Recorrente (MATSUOKA, 1988).

A maioria dos genitores envolvidos neste estudo constam da árvore genealógica extraída de MATSUOKA (1988), como mostra a Figura 1. Um que não consta, IAC51-205 (POJ2878 x ?), pode ser facilmente inserido; quanto à H61-4731 (H49-104 x ?), não se tem informação suficiente.

3.2. Métodos

A obtenção das sementes obedeceu a metodologia adotada no sistema de cruzamentos biparentais e recíprocos, pareando-se as panículas dos genitores requeridos, utilizando-se oito colmos florescidos - 4 de cada, em campânulas isoladas - nas condições ambientais naturais da Estação de Serra do Ouro, AL. Durante a polinização e a granação, os colmos foram mantidos em solução nutritiva havaiana, constituída de ácido fosfórico, sulfúrico, nítrico e dióxido de enxôfre, para que se processasse a formação das sementes (MANGELSDORF, 1956). As sementes foram postas a germinar em condições de casa de vegetação na Estação Central-Sul, Araras - SP, em agosto de 1985.

Para que cada local de estudo contivesse os mesmos genótipos representando as diversas progênes, procedeu-se à subdivisão da plântula original, cortando-a ao meio, longitudinalmente, aos 3 meses de idade, e transplantando-as em saquinhos plásticos; depois, foram mantidas em ambiente de aclimação até o completo pegamento. Aos 5 meses de idade as plântulas foram levadas

ao campo de modo a se ter plantas correspondentes em cada uma das duas Estações Experimentais. Na Estação Experimental de Araras - SP o solo é Latossolo Vermelho escuro - orto e o clima é classificado como (Cwa), enquanto na Estação Experimental Regional do Triângulo Mineiro, o solo é Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa (LVA a) e o clima é classificado como (Aw).

Os ensaios foram instalados em dezembro de 1985, obedecendo o delineamento experimental de blocos ao acaso com duas repetições para cada local. A adubação por ocasião do plantio, foi de acordo com recomendações de análise.

A parcela experimental constou de 5 sulcos de 12 plântulas, obedecendo ao espaçamento de 1,40 m entre sulcos e 0,50 m entre plântulas.

Após um período de 6 meses de desenvolvimento no campo, coincidindo portanto com o mês de junho/86, todas as touceiras foram cortadas para obtenção das socas, simulando assim em parte a exploração comercial da cultura. A escolha de tal época deve-se às condições ambientais em que realmente pode-se melhor avaliar a capacidade de brotação em socas dos genótipos, dadas as baixas condições de umidade e temperatura. A seleção se efetuou um ano após - junho de 1987, segundo a metodologia normalmente utilizada na Estação Experimental de cana-de-açúcar de Araras, conforme enfatizado por MATSUOKA *et alii* (1981) e BASSINELLO (1984).

3.2.1. Levantamento dos dados

De cada parcela experimental foram obtidos os dados referentes a: 1) número de colmos; 2) peso de colmos e 3) Brix refratométrico de campo em plantas individuais (touceiras), as quais representaram, portanto, cada um dos genótipos de cada progênie (Tabela 1) . Tal levantamento foi realizado em junho/87, por se tratar da época oportuna para se detectar as variações genéticas em relação à riqueza, evitando-se dessa forma que influências ambientais atuassem com intensidade diferente daquela da exploração normal da cultura em relação aos fatores considerados na seleção fenotípica, principalmente o florescimento e o chochamento.

A título de informações complementares foram anotadas as caracterizações em relação ao diâmetro e comprimento dos colmos.

Os índices de seleção fenotípica também foram calculados (Tabela 12) para as confrontações necessárias entre cruzamentos e entre o primeiro estágio e os subsequentes para alguns progenitores, assim como as variâncias, razão pela qual os dados foram levantados e arquivados a nível de plantas individuais para os caracteres analisados.

3.2.2. Análise estatístico-genéticas

Foram efetuadas análises de variância,

individual e conjunta, considerando-se os dois locais, a fim de se detectar a significância dos tratamentos (médias de progênies) e das interações progênies x locais, assim como também foram calculadas herdabilidades, estimativas dos progressos esperados por seleção e correlações, todas obtidas para os três caracteres: número, peso e Brix dos colmos, a nível de médias familiares (CRUZ, 1990).

3.2.3. Análises de variância

Os efeitos dos tratamentos e dos ambientes foram considerados fixos. Referem-se ao delineamento experimental em blocos casualizados, cujo modelo matemático é:

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

onde:

Y_{ij} é a observação do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, n$) na repetição j ($j = 1, 2, \dots, r$);

m é a média geral do experimento;

t_i é o efeito de tratamentos;

b_j é o efeito de blocos; e

e_{ij} é o erro experimental.

A análise da variância se apresenta como segue, com as respectivas esperanças matemáticas dos quadrados médios:

- Esquema da análise individual da variância em blocos casualizados para 14 tratamentos (progênies) com duas repetições para cada local.

F. V.	G. L.	Q. M.	EC(Q. M.)
Blocos	r-1	Q_1	$\sigma^2 + n\sigma_b^2$
Tratamentos	n-1	Q_2	$\sigma^2 + r\sigma_t^2$
Erro	(r-1)(n-1)	Q_3	σ^2
Total	nr-1		

Em seguida, foram realizadas as análises conjuntas em blocos casualizados para avaliação dos efeitos dos tratamentos e das interações. O modelo matemático para este tipo de análise é:

$$Y_{nmj} = \mu + L_m (B/L)_{jm} + G_n + (GL)_{nm} + e_{(nmj)},$$

onde:

Y_{nmj} : efeito do n-ésimo genótipo, no m-ésimo local, no j-ésimo bloco;

μ : média geral;

$(B/L)_{jm}$: efeito do j-ésimo bloco dentro do m-ésimo local;

G_n : efeito do n-ésimo genótipo;

$(GL)_{nm}$: efeito da interação do n-ésimo genótipo com o m-ésimo local;

$e_{(nmj)}$: resíduo médio.

- Esquema da análise de variância conjunta, em blocos casualizados, para avaliação do efeito dos tratamentos e da interação entre tratamentos e locais onde os experimentos foram conduzidos:

F. V.	G. L.	Q. M.	ECQ. M. D	F
Blocos/ Locais	$e(r-1)$	Q_5	$\sigma_e^2 + g\sigma_{B/L}^2$	Q_5/Q_1
Locais (L)	$e-1$	Q_4	$\sigma_e^2 + g\sigma_{B/L}^2 + grV_1$	Q_4/Q_1
Tratamento (T)	$g-1$	Q_3	$\sigma_e^2 + r1_{V_G}$	Q_3/Q_1
L x T	$(e-1)(g-1)$	Q_2	$\sigma_e^2 + rV_{L_G}$	Q_2/Q_1
Resíduo médio	$e(g-1)(r-1)$	Q_1	σ_e^2	

Os fatores de variação foram considerados fixos.

Coeficientes de correlação

Foram estimados coeficientes de correlação dentro de cada ambiente entre os caracteres avaliados, empregando-se as seguintes fórmulas, oriundas do esquema acima, decorrentes da análise de covariância e determinação dos coeficientes (KEMPTHORNE, 1973; MODE & ROBINSON, 1959).

Coeficiente de correlação fenotípica (r_F)

$$\hat{r}_F = \text{cov}_F(X, Y) / [V_F(X) \cdot V_F(Y)]^{1/2},$$

onde:

$cov_F(X,Y)$ = produtos médios dos tratamentos para os caracteres X e Y

$V_F(X)$ e $V_F(Y)$ = quadrados médios de tratamentos para os caracteres X e Y, respectivamente.

Coeficiente de correlação genotípica (r_g)

$$\hat{r}_g = cov_g(X,Y) / [V_g(X) \cdot V_g(Y)]^{1/2} ,$$

onde:

$cov_g(X,Y)$ = covariância genotípica para os caracteres X e Y, obtida por:

$$cov_g(X,Y) = [cov_F(X,Y) - cov_E(X,Y)] / r ,$$

sendo que:

$cov_E(X,Y)$ = produto médio do erro para os caracteres X e Y;

r = repetição ou bloco;

$V_g(X)$ = variância genotípica do caráter X, obtida por:

$$V_g(X) = [V_F(X) - V_E(X)] / r ,$$

onde:

$V_E(X)$ = quadrado médio do erro para o caráter X

$V_g(Y)$ = variância genotípica do caráter Y, obtida por:

$$V_g(Y) = [V_F(Y) - V_E(Y)] / r ,$$

onde:

$V_E(Y)$ = quadrado médio do erro para o caráter Y.

Coeficiente de correlação ambiental

$$\hat{r}_E = cov_E(X,Y) / [V_E(X) \cdot V_E(Y)]^{1/2} ,$$

onde:

$COV_E(X,Y)$ = produto médio do erro para os caracteres X e Y
 $V_E(X)$ e $V_E(Y)$ = quadrado médio do erro para os
 caracteres X e Y, respectivamente

- Esquema da ANCOVA (análise de covariância) para cada par de variáveis (quadrados médios - QM, (produtos médios - PM e (esperança dos produtos médios - E(PMD)

F. V.	G. L.	Q. M.		
		X	Y	Z = X + Y
Blocos	r-1	-	-	-
Tratamentos	t-1	$V_F(X)$	$V_F(Y)$	$V_F(Z)$
Resíduo	(r-1)(t-1)	$V_E(X)$	$V_E(Y)$	$V_E(Z)$

F. V.	G. L.	P. M.	
		X, Y	
Blocos	r-1	-	
Tratamentos	t-1	$cov_F(X,Y) = \frac{V_F(Z) - V_F(X) - V_F(Y)}{2}$	
Resíduo	(r-1)(t-1)	$cov_E(X,Y) = \frac{V_E(Z) - V_E(X) - V_E(Y)}{2}$	

F. V.	G. L.	ECP. M. D
Blocos	r-1	-
Tratamentos	t-1	$\text{cov}_E(X,Y) + r \text{ cov}_g(X,Y)$
Resíduo	(r-1)(t-1)	$\text{cov}_E(X,Y)$

Foram calculadas as relações entre os coeficientes de variação genética e os coeficientes de variação experimental para cada caráter considerado, resultando nos valores b dado por:

$$b = \frac{CV_g}{CV_e}$$

os quais, na experimentação com milho, quando iguais ou maiores que 0, indicam situações muito favoráveis à seleção (VENCOVSKY, 1987).

Herdabilidade

A herdabilidade no sentido amplo se aplica a esquemas de melhoramento quando uma planta selecionada é capaz de deixar uma descendência geneticamente igual a ela, como no caso de plantas de reprodução vegetativa, quando não há cruzamentos e segregação. Para a seleção baseada no valor fenotípico dos indivíduos, se visualiza o quanto das diferenças fenotípicas é devido às diferenças genotípicas existentes entre as plantas.

A relação:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_F^2} ,$$

caracteriza a variabilidade disponível (VENCOVSKY, 1977).

Progressos e respostas esperadas com seleção

Tratando-se de esquema de melhoramento de planta de reprodução vegetativa com controle parental de machos e fêmeas, tem-se o ganho estimado pela seleção no i -ésimo caráter assim estimado:

$$GS_i = (\bar{X}_{si} - \bar{X}_{oi}) h_i^2 = DS_i \cdot h_i^2$$

em que:

$\bar{X}_{si}$ = média referente ao caráter i , dos indivíduos selecionados. Neste trabalho a seleção foi simulada para 40% das famílias avaliadas;

$\bar{X}_{oi}$ = média da população original para o caráter i ;

h_i^2 = coeficiente de herdabilidade no sentido amplo do caráter i ao nível de média de famílias;

DS_i = diferencial de seleção praticado na população referente ao caráter i .

Os ganhos indiretos nos demais caracteres pela seleção no caráter i , resultam da seguinte expressão, dado um caráter j :

$$GS_{j(i)} = (\bar{X}_{sj} - \bar{X}_{oj}) \cdot h_j^2 = DS_{j(i)} \cdot h_j^2$$

Estima-se dessa forma o ganho indireto por meio do diferencial de seleção indireto, obtido através da média do caráter das progênies, cuja superioridade foi evidenciada com base no outro caráter, sobre o qual se pratica a seleção (CRUZ, 1990).

Resposta esperada para ambientes diversos

O estudo de correlações entre caracteres é de grande importância no melhoramento de maneira geral, uma vez que o mesmo atua em um conjunto de caracteres simultaneamente (VENCOVSKY, 1987).

Por outro lado, desde que a estratégia adotada seja a seleção de plântulas em um local objetivando a produção de variedades para exploração comercial em locais diversos, foram estimados os progressos e respostas esperadas para uma seleção simulada de 40% das progênes obtidas para as seguintes situações:

- a) Seleção praticada no caráter Y em um ambiente e resposta esperada no caráter Y em outro ambiente.
- b) Seleção praticada no caráter Y em um ambiente e resposta esperada no caráter X em outro ambiente.
- c) Seleção praticada no caráter Y baseada na média dos ambientes e resposta esperada no caráter Y na média dos ambientes.
- d) Seleção praticada no caráter Y baseada na média dos ambientes e resposta esperada no caráter X em um único ambiente.

- e) Seleção praticada no caráter Y baseada na média dos ambientes e resposta esperada no caráter X na média dos ambientes.

Todas as estimativas estatísticas, simples e multivariada, foram realizadas no setor de processamento de dados do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", através da utilização do pacote GENES, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atendendo a princípios genéticos e fenotípicos aplicados ao planejamento de cruzamentos, os genitores utilizados neste estudo se constituíram de materiais obtidos de cruzamentos efetuados nas décadas de 40 a 60 (IAC49-131, IAC51-205, NA56-79 e H61-4731) e de outros mais recentes, ou seja, da década de 70 (SP70-1143, TUC71-7, RB72454 e RB735275), num pretenso e reduzido processo de recorrência. Além disso, procurou-se incluir cruzamentos onde se combinariam materiais ricos e precoces (NA56-79 e TUC71-7) com materiais atuais de ampla adaptabilidade e elevada capacidade produtiva (SP70-1143, RB72454 e RB735275), além de materiais que apresentaram tais características num ciclo imediatamente anterior (IAC49-131 e IAC51-205). Assim, excetuando-se as variedades H61-4731 e TUC71-7, os genitores foram variedades comerciais na década de 60 (IAC49-131 e IAC51-205), eram comerciais expressivas à época dos cruzamentos (NA56-79 e SP70-1143), ou eram variedades novas muito promissoras (RB72454 e RB735275). Os dois primeiros dígitos retratam o ano de cruzamento; as liberações como variedades ocorrem cerca de 10 anos após. Tal direcionamento teve a finalidade de não só obter as informações às quais o

estudo se propunha mas que se relacionassem com progênies com alta probabilidade de fornecerem futuras variedades comerciais, pois assim se contemplaria o interesse teórico com o prático. Neste sentido, os cruzamentos biparentais também foram efetuados com o objetivo de combinar genitores com características contrastantes e que tivessem o menor grau de parentesco possível conforme ilustrado por MATSUOKA (1988) na Figura 1.

É de se ressaltar um aspecto metodológico que se reputa da maior importância e também utilizado por HOFFMANN (1989), baseado em trabalho anterior de Dean & Coleman (1965)¹, a subdivisão de cada plântula em duas. Todos os estudos genéticos até hoje realizados neste tipo de estudo, na fase de plântulas (seedlings), os autores subdividem a população (família) e não a plântula, em duas sub-populações de igual número de indivíduos, plantando cada parte num local. Assim, admite-se que uma sub-população seja igual à outra, o que intrinsicamente se sabe não ser verdade. Portanto, a metodologia empregada é inédita em estudos genéticos com cana-de-açúcar.

Florescimento, diâmetro e comprimento desempenham papel importante no conjunto de informações para o julgamento das plântulas selecionadas. Isso porque, na seleção para produção de novas variedades, somente o conjunto de todas as características levadas em consideração é que de-

¹ DEAN, J. L. & COLEMAN, O. H. Screening sugar cane seedlings for mosaic resistance by mechanical inoculation. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 12, San Juan, 1965. Proceedings. Amsterdam, Elsevier, 1967. p. 1188-93.

terminam a sua promoção à fase seguinte. Assim, também são observados caracteres que de certa forma depreciam ou que podem comprometer a performance futura do material examinado.

Esta a razão da não correspondência entre o material selecionado no campo e o material mais produtivo quantificado para plantas individuais e também da não correspondência entre o progresso esperado, calculado através dos parâmetros de médias e herdabilidades referentes às famílias ou mesmo plântulas individuais, e o observado, este em função da seleção fenotípica simultânea para um conjunto de caracteres.

A interação peso de colmos da touceira com a quantificação em $^{\circ}$ Brix - porcentagem em peso de sólidos solúveis - resultou na produção de kg de Brix/genótipo, objetivo principal do melhoramento, reservados os limites de características já comentados. Entretanto, por se tratar de uma estimativa não pertinente nesta fase de seleção, operacionalmente difícil de se obter, estes resultados não foram incluídos nas determinações dos parâmetros genéticos e fenotípicos, servindo porém às comparações entre os caracteres e locais, a fim de se propiciar informações complementares sobre a avaliação dos cruzamentos e implicações nas produções. Também, os resultados obtidos para esta interação na primeira fase de seleção, isto é, em plântulas, é apenas indicativo, porque, em cana-de-açúcar o importante é a repetibilidade dos caracteres em estágios posteriores de multiplicação vegetativa e, ainda, ao longo de várias socas

CMARIOTTI *et alii*, 1977 e BASSINELLO, 1984).

Os dados analisados são a seguir discutidos individualmente para cada local, e através da análise conjunta, a nível de médias das 14 famílias em relação aos caracteres número, peso e Brix dos colmos, os quais se referem aos principais componentes de produção da cultura da cana-de-açúcar.

4.1. Araras (SP)

As médias de duas repetições dos 14 tratamentos constam da Tabela 1 para os três caracteres estudados e a análise da variância e coeficientes de variação experimental e genotípico se encontram na Tabela 2. Os coeficientes de variação foram baixos para os três caracteres. Foram detectadas diferenças significativas para tratamentos em relação também aos três caracteres.

4.1.1. Número de colmos (NC)

Como se pode ver na Tabela 2, o caráter NC apresentou alta significância estatística.

A amplitude de variação foi de 6,16 (NA56-79 x IAC51-205) a 8,02 (IAC51-205 x NA56-79) colmos/touceira, justamente cruzamentos recíprocos. Os tratamentos (RB72454 x IAC51-205), (IAC49-131 x H61-4731), (IAC51-205 x RB72454), (SP70-1143 x RB72454) e (RB735275 x NA56-79) também se

destacaram, sendo este último recíproco de um dos tratamentos com a segunda menor média para este caráter. Constatou-se que mais de 50% dos tratamentos apresentaram médias superiores à média geral (7,12). O péssimo comportamento do cruzamento (NA56-79 x IAC51-205), assim como do (NA56-79 x RB735275) pode estar relacionado à ocorrência de autofecundação, facilmente observada no fenótipo das plantas durante a seleção, com plantas de características morfológicas do tipo da NA56-79. Essa autofecundação seria resultado da baixa viabilidade de pólen das variedades IAC51-205 e RB735275, conforme registros na Estação de Cruzamento de Serra do Ouro (dados não publicados).

A IAC51-205 é variedade com característica de alto perfilhamento, enquanto a NA56-79 é mediana mas de bom poder de brotação de soca. Como os demais cruzamentos que se destacaram também têm como progenitor feminino variedades de boa capacidade de perfilhamento, a indicação é de que ocorre alta herdabilidade deste caráter, além de um efeito muito marcante do progenitor feminino.

A produtividade da cultura está geralmente correlacionada ao número de colmos, fato observado por vários pesquisadores, conforme enfatizam MARIOTTI *et alii* (1977), ainda mais se considerarmos que as colheitas se processam em vários cortes através das rebrotas anuais.

Apesar da baixa magnitude da variância genotípica, obteve-se um valor *b* elevado (acima de 1,0), ou seja, 1,35 (Tabela 3), indicando uma situação muito favorável à

seleção, ou seja, que NC é um caráter facilmente modificável pela seleção. Este fato é corroborado pela baixa magnitude da variância do erro (Tabela 2). É importante frisar que se trata de um caráter que pode ser facilmente avaliado fenotipicamente, sem a destruição da planta e, portanto, altamente vantajoso, no sentido de estudos de populações a nível de levantamentos.

4.1.2. Peso de colmos (PC)

Também este caráter (PC) apresentou alta significância estatística, como se pode ver na Tabela 2.

A amplitude de variação observada (Tabela 1) foi de 6,28 (NA56-79 x IAC51-205) a 9,82 (SP70-1143 x RB72454) kg/plântula, destacando-se ainda os tratamentos (H61-4731 x IAC49-131), (RB72454 x NA56-79), (IAC51-205 x RB72454), (NA56-79 x RB72454) e (IAC51-205 x NA56-79). Aqui também se observou que este último é cruzamento recíproco do tratamento de menor média, talvez pelo elevado índice de autofecundação presente naquele (NA56-79 x IAC51-205), e daí a consequente depressão, conforme sugere STEVENSON (1965). Com o caráter anteriormente discutido coincidiram apenas os tratamentos (SP70-1143 x RB72454), (IAC51-205 x NA56-79) e (IAC51-205 x RB72454). Mais de 50% dos tratamentos apresentaram valores acima da média (8,13). A presença da RB72454 como genitor nos principais cruzamentos ficou fortemente evidenciada. Esta observação reforça a afirmação

de ALLISON (1984) a respeito das vantagens da introdução nos cruzamentos de germoplasma recém selecionado nas condições locais.

A complexidade em relação a este componente de produção é devida às associações entre uma série de caracteres interligados, desde o número de colmos até a altura e diâmetro dos mesmos. Entretanto, desde que existe uma relação muito forte entre o peso e o número de colmos, conforme pode ser observado na Tabela 7b, este último representa, juntamente com o Brix, os dois principais caracteres a serem considerados, desde que a plântula a ser selecionada seja fenotipicamente superior e não apresente as demais características indesejáveis, tais como florescimento, chochamento, acamamento, desbalanceamento muito acentuado entre número e diâmetro de colmos e sintomas de doenças.

O PC apresentou o valor b mais elevado entre todos os caracteres analisados nos dois locais (1,88) (Tabela 3), além de uma elevada variância genética, indicando a situação mais favorável para a seleção e, por sua vez, facilmente por ela modificável. No entanto, dada a sua complexidade, é muito influenciado pela competição entre plântulas; apresentou por outro lado, uma variância residual de magnitude reduzida quando considerada a nível familiar.

4.1.3. Brix (B)

Apesar deste caráter (B) ser intrinsecamente de pequena amplitude de variação, ainda assim apresentou significância (Tabela 2).

A média mais elevada se referiu ao cruzamento (RB72454 x TUC71-7) com valor 21,91 °Brix e, a menor, ao cruzamento (IAC49-131 x H61-4731), com valor 19,21, retratando uma amplitude de variação perfeitamente relacionada aos genitores envolvidos; TUC71-7, variedade muito rica e precoce, conferiu média também elevada ao cruzamento (TUC71-7 x RB72454), que é recíproco àquele primeiro mencionado, conforme os dados da Tabela 1. Os demais cruzamentos com média também elevadas foram: (SP70-1143 x RB72454), (RB735275 x NA56-79), (NA56-79 x RB735275) e (RB72454 x NA56-79), mas que não figuraram entre os 6 melhores para os caracteres já discutidos (número e peso de colmos), a não ser o primeiro cruzamento, enfatizando-se a RB72454 pela sua constância nos cruzamentos em que participou, contribuindo significativamente na constituição de genótipos superiores. Esse fato concorda com as informações obtidas por TEW (1987), no Hawai, quanto à superioridade de novos genitores - variedades liberadas em período recente - quando comparados àqueles normalmente incluídos em relação à capacidade de combinação. Também neste caráter, mais de 50% dos tratamentos foram superiores à média geral (20,29).

A variância genotípica e o valor b não alcançaram índices elevados, indicando menores facilidades para resposta à seleção. Isto porque, a seleção foi feita bem próxima à época da fase intermediária da safra. Para seleção no início da safra a situação seria oposta, facilitando maior variância genética e do coeficiente b , assim como maior facilidade de seleção. Entretanto, deve-se ter muita cautela, pois o valor b , assim como a herdabilidade, medem a variação genética total e nem todos os componentes aproveitáveis na seleção fornecem uma melhor visão da quantidade de ganho a ser esperado com a seleção, segundo BURTON (1952) (Tabela 3). Foi relativamente baixa a variância devida ao erro.

Tratando-se o Brix de um caráter de fácil determinação, desempenha papel de importância capital na caracterização da qualidade industrial dos clones, principalmente quando é enfatizada seleção para precocidade.

Na prática, a seleção não é feita com base em caracteres isolados, mas sim conjugando vários deles, sendo que se dá mais ênfase para os caracteres número de colmos e Brix. Não se deixa porém de levar em consideração o porte da planta, isto é, altura e diâmetro dos colmos. Dá-se uma importância maior ao número de colmos, em vista, inclusive, da alta correlação entre este componente e o peso, nas mais variadas situações, seja em experimentos ou na lavoura comercial (MARIOTTI *et alii*, 1977). O caráter Brix funciona, inclusive, como um fator de decisão para a seleção. Aconte-

ce, entretanto, que ao se processar a seleção visando especificamente um caráter, a dificuldade pode estar na falta de coincidência entre estes dois caracteres apontados: número de colmos e Brix. É o que pode ser observado neste estudo: apenas dois dos seis melhores tratamentos são coincidentes quando em relação aos dois caracteres: (SP70-1143 x RB72454) e (RB735275 x NAB6-79).

À exceção de um número reduzido de cruzamentos presentes entre os 6 melhores tratamentos em relação a estes dois caracteres, onde novamente se inclui o tratamento (SP70-1143 x RB72454), observou-se um comportamento diverso, obedecendo características marcantes de cada genitor. Nos 6 melhores cruzamentos, o genitor RB72454 está presente, ora como macho ora como fêmea, na maioria dos casos (55%).

4.2. Uberlândia (MG)

As médias de duas repetições dos catorze tratamentos estão na Tabela 1 e a análise de variância e coeficientes de variação experimental e genotípico na Tabela 4. Para os três caracteres em discussão, os coeficientes de variação se mostraram baixos e diferenças significativas para tratamentos foram obtidas para todos eles.

4.2.1. Número de colmos (NC)

Apesar de se tratarem de genótipos idênticos para ambos os locais, foi observada uma redução de cerca de 50% em relação aos valores encontrados em Araras para este caráter (NC), reduzindo o nível de significância (Tabela 4). No entanto, observou-se uma amplitude de variação de 3,65 do cruzamento (NA56-79 x RB735275) a 5,37 do cruzamento (RB72454 x SP70-1143), destacando-se também os cruzamentos (SP70-1143 x RB72454), (IAC49-131 x H61-4731), (IAC51-205 x RB72454), (IAC51-205 x NA56-79) e (RB72454 x IAC51-205), onde sobressaem os genitores IAC51-205 e RB72454, variedades de alto perfilhamento e adaptados a solos fracos e arenosos (Tabela 1). Menos de 50% dos tratamentos foram superiores à média (4,45).

A variância genotípica foi reduzida, assim como o coeficiente b, levemente superior a 1 (1,08), indicando um ambiente por demais estressante, apesar de ter sido também baixa a variância devida ao erro.

A significância dos tratamentos, além de ser ao nível de 5%, baseia-se em quadrados médios também de baixa magnitude. Comparando-se aos dados obtidos em Araras, dentre os seis melhores cruzamentos, cinco são coincidentes, quanto a este caráter. Entretanto, a ordem dos cruzamentos difere, conforme se pode observar na Tabela 1.

As pesquisas efetuadas em cana-de-açúcar têm mostrado uma resposta favorável à aplicação de fósforo em

termos de número de colmos e, conseqüentemente, uma elevação da produtividade, dada a correlação positiva entre os dois caracteres NC e PC nas áreas tradicionais.

Para os cerrados, GOEDERT *et alii* (1980) dão ênfase ao desenvolvimentos de técnicas que visam a maior extração do fósforo nativo do solo e que permitam aumentar a taxa de recuperação do fósforo aplicado. A solubilidade desse elemento e o seu aproveitamento através das plantas, espécies ou variedades que tenham aumentado sua capacidade de extração através da associação com a microflora do solo, também devem ser enfatizados.

RODELLA & MARTINS (1988) encontraram em área contígua à do presente estudo variações na produtividade agrícola de 28 a 74 t/ha, através da aplicação de diferentes fontes e dosagens de fósforo; observaram, já nos estágios iniciais do desenvolvimento da cultura, sintomas ligados à deficiência de fósforo como baixo perfilhamento, restrição de crescimento e redução de área foliar, fatores essenciais para o estabelecimento de uma população de colmos compatível com uma boa produtividade agrícola. É, portanto, importante que numa tal situação seja feita alguma melhora ambiental para que o excessivo estresse não prejudique a necessária variância genética numa seleção.

4.2.2. Peso de colmos (PC)

Da mesma forma como já foi discutido para o caráter anterior, as médias dos tratamentos foram baixas, ou

sejam, 30 a 50% das produções obtidas em Araras, mas, ainda assim, mantendo alta significância estatística (Tabela 4). A amplitude de variação oscilou de 2,30 no cruzamento (NA56-79 x RB735275) a 4,44 kg/plântula no cruzamento (SP70-1143 x RB72454); os demais tratamentos que se destacaram foram: (IAC51-205 x RB72454), (RB72454 x SP70-1143), (RB735275 x NA56-79), (IAC51-205 x NA56-79), (NA56-79 x RB72454) e (RB72454 x TUC71-7) (Tabela 1). Mais de 50% dos tratamentos foram superiores à média (3,30).

Apesar do valor b elevado, e da variância residual baixa, a variância genotípica foi de pequena magnitude, mesmo acusando diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade.

A expressão fenotípica das plântulas fica, de certa forma, comprometida em virtude das condições ambientais. Porém, certas alterações fisiológicas resultantes não deverão se apresentar da mesma forma que nas áreas tradicionais. Experimentos conduzidos com variedades comerciais mostraram a conveniência do plantio tardio em virtude de retardar a formação da área foliar, evitando-se assim a perda excessiva de umidade por evapotranspiração no inverno seco, já restrita devida à escassez de chuvas por um período muito acentuado (BASSINELLO & MATSUOKA, 1985). Sabe-se também que a alteração de condições físicas e químicas do solo para que haja um maior aprofundamento das raízes, permite um melhor aproveitamento dos nutrientes e da umidade em camadas mais profundas. Essa expansão do volume de solo explorado pelas

raízes é um requisito que pode, portanto, ser obtida através de genótipos adequados, juntamente com a melhoria das condições ambientais. Por outro lado, a manutenção de camada vegetal na superfície do solo, elevando o nível de matéria orgânica, economizaria e regularizaria a água no solo.

Considerando-se os seis cruzamentos com as médias mais elevadas nos dois locais, observa-se que quatro são coincidentes, apesar de em ordem de colocação diferente.

4.2.3. Brix (B)

Em Uberlândia, o caráter (B) apresentou alta significância estatística (Tabela 4).

Para uma amplitude de variação de 20,24 °Brix, este correspondente ao cruzamento (IAC49-131 x H61-4731), a 23,63, correspondente ao cruzamento (TUC71-7 x RB72454), outros tratamentos se evidenciaram: (RB72454 x TUC71-7, recíproco daquele segundo), (SP70-1143 x RB72454), (RB72454 x SP70-1143), (NA56-79 x RB72454) e (NA56-79 x IAC51-205). Mais de 50% dos cruzamentos apresentaram valores acima da média (21,97).

A variância genotípica foi das mais elevadas em relação aos três caracteres deste e do outro local (Tabela 5), para um valor b também elevado (1,50), praticamente se igualando ao valor b para peso de colmos de Araras (1,95); a variância do erro também foi reduzida (Tabela 4).

Da mesma forma que foi comentado em relação à

falta de associação entre os caracteres número de colmos e brix, para Araras, também é válido para Uberlândia (MG): apenas dois cruzamentos entre os seis selecionados para cada caráter são coincidentes, ou seja, (SP70-1143 x RB72454) e (RB72454 x SP70-1143), embora diversamente classificados. Este fato pode gerar dificuldades, não quando se pretende o melhoramento de populações, mesmo em se objetivando precocidade, mas no processo normal de seleção, quando os caracteres são avaliados conjuntamente.

Dos seis melhores tratamentos, há uma coincidência quase que total entre os dois locais também no que diz respeito à ordem dos três primeiros cruzamentos, estes que incluem genitores reconhecidamente favoráveis a este caráter pelos elevados teores de °Brix que apresentam, ou seja, TUC71-7 e RB72454. O genitor NA56-79 também está incluído nos cruzamentos que compõem as 6 melhores colocações.

4.3. Análise conjunta

As análises conjuntas ao nível das famílias envolvendo os dois ambientes, utilizando-se das médias dos tratamentos ajustados (Tabela 1), estão apresentadas na Tabela 6, para os três caracteres considerados.

Para verificar se os dados dos experimentos poderiam ser reunidos, testou-se a homogeneidade das variâncias experimentais. A análise de grupos de

experimentos similares, em que os tratamentos têm o mesmo número de repetições, torna-se possível, segundo GOMES (1987), quando o quociente entre o maior e o menor quadrado médio residual for menor ou igual a 7. Os valores encontrados neste estudo ficaram entre 1 e 2 para os diversos caracteres (Tabelas 2 e 4) indicando a possibilidade aventada.

Apesar de significativa, a interação (LxT) em relação ao caráter PC, foi pequena. Acrescente-se ainda que, as interações (L x T) não foram significativas em relação aos outros dois caracteres (NC e B). Coeficientes de variação abaixo de 10% foram observados para os três caracteres.

As variações genotípicas, fenotípicas e herdabilidade no sentido amplo, a partir da análise conjunta dos dois locais, estão apresentados na Tabela 7a, para os três caracteres. As variâncias genotípicas e fenotípicas, baixas para NC, se mostraram de elevadas magnitudes para PC e B, em função principalmente da maior variabilidade do material apresentada em Araras para PC, e pelo fato deste local exercer maior influência quando da análise conjunta. Além deste fato, as maiores variâncias observadas tanto para este caráter como para Brix também se devem às influências relativas aos genitores. Já em relação ao caráter NC as variâncias são mais baixas mesmo a nível familiar, em virtude do efeito de compensação que é exercido sobre este caráter pelo meio ambiente através dos fatores clima e solo

e pelos efeitos gerados pelos caracteres diâmetro e altura de colmos, atuando conjuntamente.

Os tratamentos que se destacaram na média dos dois locais e apreciações sobre os resultados da análise de variância são apresentados a seguir, para cada caráter.

4.3.1. Número de colmos (NC)

A amplitude de variação encontrada para número de colmos foi de 4,96 do cruzamento (NA56-79 x RB735275) a 6,47 colmos/plântula do cruzamento (SP70-1143 x RB72454), onde se evidenciaram ainda os tratamentos (IAC51-205 x NA56-79), (IAC49-131 x H61-4731), (IAC51-205 x RB72454), (RB72454 x IAC51-205) e (RB72454 x SP70-1143). A média dos tratamentos foi de 5,79 (Tabela 1). A interação, além de não significativa, apresentou baixa magnitude para este caráter (Tabela 6). Os melhores tratamentos também se salientaram quando da análise de variância para cada ambiente. Entre os dois locais houve variação na ordem de classificação, assim como quando se compararam ambos com os dados da análise conjunta.

O quadrado médio da interação progênies x ambientes (L x T) para este caráter mostrou-se não significativo, indicando que a seleção pode ser realizada no ambiente mais favorável, conduzindo a resultados desejáveis em ambos os ambientes com implicações práticas favoráveis à estratégia de seleção atualmente utilizada. No caso, aproveita-se

de uma variação genética maior para este caráter (0,31) no ambiente favorável.

4.3.2. Peso de colmos (PC)

Para uma amplitude de variação de 4,30 do cruzamento (NA56-79 x RB735275) a 7,13 do cruzamento (SP70-1143 x RB72454) kg de colmos/plântula, os tratamentos que mais se destacaram, além daquele nº 10, foram: (H 61-4731 x IAC49-131), (IAC51-205 x RB72454), (RB72454 x SP70-1143), (IAC51-205 x NA56-79) e (NA56-79 x RB72454). A média geral foi de 5,72 (Tabela 1).

Como já foi mencionado no início da discussão do item 4.3 foi o único caráter que apresentou interação significativa, mostrando a interdependência dos efeitos do genótipo e do ambiente conforme COMSTOCK & MOHL (1963) evidenciaram. Entretanto, segundo SCHUTZ & BERNARD (1967), a análise da interação genótipos x ambientes, derivada da análise de variância, resulta numa afirmação estatística, não especificando se os mesmos têm importância biológica pelo fato de se mostrarem significativas. Os autores observam que a magnitude da interação em relação à variância genética entre os tratamentos apresenta maior valor do que a significância do teste F da interação. Deve se analisar as implicações práticas da significância destas interações genótipo x ambiente. As interações que envolvem mudanças na classificação dos tratamentos como ocorridas no presente

trabalho podem se constituir problemas para o melhoramento.

Para o caráter peso de colmos, as variâncias das interações progênies x locais foram de pequena magnitude, sendo 4 e 2 vezes menores do que as variâncias genéticas das progênies nos ambientes Araras e Uberlândia, respectivamente.

Acrescente-se ainda que a seleção praticada foi de intensidade branda - 40%. Tratou-se, no caso deste estudo, de indicar, para cada local, os melhores cruzamentos a nível dos caracteres mais importantes, uma vez determinada a ordem de prioridade. Visualizando-se o melhoramento de populações, deve-se tratar de dar maior ênfase aos cruzamentos que detiveram as melhores médias dentro de cada caráter, promovendo-se assim o intercruzamento num processo de seleção recorrente (MATSUOKA, 1987), à medida que as conveniências sejam impostas, reunindo-se assim as características para a maximização das produtividades em kg de Brix/plântula que deverá ser sempre o objetivo principal.

4.3.3. Brix (B)

Para este caráter, os melhores tratamentos na análise conjunta coincidiram com apenas uma parte dos melhores tratamentos para cada local, além de provocar variações na ordem de classificação (Tabela 12). A amplitude de variação de 19,72, referente ao cruzamento (IAC49-131 x H 61-4731), a 22,68 °Brix, referente ao cruzamento (TUC71-7

x RB72454), inclui os seguintes tratamentos superiores, além daqueles extremos: (RB72454 x TUC71-7), (SP70-1143 x RB2454), (NA 55-79 x RB72454), (NA 55-79 x RB735275) e (RB72454 x SP70-1143): a média geral foi de 21,13 °Brix. Assim como para número de colmos, a interação, além de ser caracterizada como de baixa magnitude, não apresentou significância; a análise conjunta coincidiu totalmente com ambos os locais quanto aos três melhores tratamentos, evidenciando a estabilidade do caráter, assim como já houvera sido constatada coincidência dos três melhores tratamentos nas análises de variância individuais (por local). A frequência dos genitores TUC71-7 e NA55-79 incluídos nos melhores tratamentos e o fato do quadrado médio da interação progênie x ambientes se apresentar não significativo, indicam que a seleção para o caráter Brix pode ser realizada em um único ambiente e válida para os demais. A maior variação genética foi observada em Uberlândia (0,96). O fato mais importante em relação a este caráter é o que diz respeito à precocidade em maturação, devendo-se antecipar a tomada dos dados para o início da época de safra, quando a variabilidade será maior, permitindo, assim, detectar os genótipos mais precoces.

As maiores diferenças entre os tratamentos que se salientaram são observadas quando se compara o caráter Brix em relação aos demais. Este caráter inclui um grupo de tratamentos totalmente discrepantes dos melhores tratamentos relacionados aos outros dois caracteres.

4.3.4. Comportamento dos genitores em relação à transmissão dos caracteres

Da análise conjunta ficou evidenciada a transmissibilidade dos principais caracteres que elegeram os genitores como variedades comerciais. Quanto ao caráter número de colmos, RB72454, IAC51-205, SP70-1143 e IAC49-131 se apresentaram como os melhores, justamente variedades que se destacam em tal característica.

Em relação ao Brix destacaram-se RB72454, TUC 71-7, NA55-79 e SP70-1143 com alta frequência como genitores das progênes de Brix mais elevado. Estes genitores estão incluídos na relação dos 6 melhores cruzamentos para os dois locais. Desde que a seleção, pela época do ano em que foi realizada, não tenha visado detectar progênes precoces e sim de elevada riqueza no período intermediário da safra, os genitores RB72454 e SP70-1143 também apresentaram progênes superiores pela elevada capacidade de combinação que tem sido evidenciada para ambos os locais quando os caracteres são analisados em conjunto, constituindo-se no melhor tratamento, principalmente quando a SP70-1143 é o genitor feminino e RB72454, o masculino.

Já o caráter peso de colmos é o mais complexo; além de depender do número, é altamente influenciado pelo diâmetro e altura dos colmos, comportamento em relação às pragas, doenças e fenômenos fisiológicos, florescimento e chochamento, além da fertilidade do solo, especialmente teor

de fósforo, fatores que acarretam as interações $G \times A$. Fica esclarecida esta situação quando se observam as diferenças em termos dos melhores tratamentos entre os dois locais em relação a peso de colmos nas análises de variância individuais.

A significância da análise conjunta relativa à média dos tratamentos, assim como nas análises individuais, resulta num aspecto muito importante, principalmente em se tratando do caráter NC, o qual é altamente correlacionado com o caráter PC e pela facilidade e segurança na seleção e melhoramento de populações. Desde que altura e diâmetro de colmos estejam dentro de certos limites, constitui-se no caráter prioritário a ser considerado em relação à escolha dos genitores, principalmente para os cerrados.

Deve-se lembrar, entretanto, que o perfilhamento está fortemente associado ao teor de fósforo do solo, elemento este bastante deficitário para aquela região e solos marginais da área tradicional (RODELLA & MARTINS, 1988).

A reunião das informações sobre número de colmos (contagem) e avaliação da altura, diâmetro e demais características com os dados de Brix se complementam perfeitamente, contribuindo para a escolha de variedades interessantes do ponto de vista econômico: alta produtividade e qualidade de matéria-prima elevada. Esta situação se caracteriza altamente interessante também ao melhoramento de populações e no estudo de comportamento de progênies.

A altura e o diâmetro dos colmos que compõem

o caráter peso de colmos poderão estar causando as variações entre locais, resultando na interação, devendo estas características, portanto, serem adequadamente consideradas na seleção. Poderão estar envolvidas, por outro lado, alterações fenológicas relacionadas às condições ambientais de clima e solo de cada local.

Por inúmeras vezes se constatou nos cerrados, a conveniência de se postergar a época de plantio, evitando-se assim os efeitos negativos do veranico que ocorre logo após o plantio de março. Ideotipos específicos para estas condições deverão, portanto, serem desenvolvidos através do melhoramento de populações em vários ciclos de recombinação, incorporando-se paulatinamente os caracteres ligados à produção.

O cruzamento (SP70-1143 x RB72454) tem se salientado pela seleção de elevado número de clones que nos últimos anos têm sido incorporados ao banco de germoplasma na Estação de Floração e Cruzamento de Serra do Ouro (AL), assim como pela frequência com que seus descendentes se incluem entre os clones com maior potencial para se tornarem variedades comerciais nos testes de campo.

Comparando-se os dados de kg de Brix/plântula, as maiores médias se referiram ao cruzamento (SP70-1143 x RB72454) para os dois locais, destacando-se sobremaneira sobre os demais tratamentos; o cruzamento recíproco (RB72454 x SP70-1143) ocupou o 2º lugar quando da média entre os dois locais (Tabela 12). Ambos os cruzamentos também se

salientaram pelos mais elevados índices de seleção fenotípica juntamente com o cruzamento (RB72454 x NA56-79) para Uberlândia.

4.4. Correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais

A seleção em cana-de-açúcar é feita simultaneamente para vários caracteres que podem ou não serem correlacionados entre si. A correlação utilizada como auxílio a um programa de seleção deve considerar que a associação diretamente observada entre caracteres está representada por valores fenotípicos. FALCONER (1981) preconiza que esse tipo de correlação pode conduzir a erros, uma vez que em sua constituição intervém uma fração genética e outra ambiental. É importante verificar qual porção genotípica está contida na fenotípica, para que o fenótipo possa refletir adequadamente o genótipo.

As estimativas dos coeficientes de correlação genética, fenotípica e ambiental, para as várias combinações entre os três caracteres estão nas Tabelas 3 e 5 (Araras e Uberlândia). Estimativas de correlação fenotípica em relação à análise conjunta estão na Tabela 7b.

4.4.1. Número de colmos (NC) - peso de colmos (PC)

As correlações genotípicas e fenotípicas, observadas foram baixas para Araras (Tabela 3), mas altas e

positivas para Uberlândia (Tabela 5b), evidenciando associação relativamente forte entre NC e PC para este local. No primeiro caso, como já mencionado, a altura de colmos e o diâmetro poderão ter contribuído diferentemente ao desenvolvimento dos caracteres.

Para ambos os locais, as correlações ambientais foram elevadas, sendo de 0,82 para Araras e de 0,75 para Uberlândia; as correlações fenotípicas se manifestaram médias para Araras (0,39) e alta para Uberlândia (0,75) e também quanto à análise conjunta (0,92). Com relação às correlações genotípicas, os resultados encontrados foram também médio para Araras (0,31), inferior à correlação fenotípica (0,39) e elevado para Uberlândia (0,76), semelhante à fenotípica (0,75). Considerando-se os dois locais, pode-se afirmar que, para Uberlândia, é maior a segurança que se pode esperar quando se pratica a seleção baseada no número de colmos para se elevar o caráter peso de colmos em virtude dos valores das correlações e vice versa, dado que o sentido da seleção é o mesmo; a situação é a mesma para a análise conjunta (Tabela 7b). Apesar de não ser procedimento normal para esta fase de seleção, as considerações em relação ao número, diâmetro e à altura dos colmos leva a uma avaliação indireta sobre o peso dos colmos. É interessante notar que em outras fases de seleção, se a pesagem dos colmos for adotada, indiretamente está-se selecionando também para número de colmos. A alta correlação ambiental observada para aquele local poderia ter ocasionado a elevação da

correlação fenotípica. Entretanto, como se pode observar, também a correlação genética se mostrou elevada. As altas correlações ambientais entre número e peso de colmos para os dois locais indicam que o ambiente influencia de maneira semelhante estes dois caracteres, visto que o número de colmos é o caráter que mais influencia peso de colmos, como observa MARIOTTI (1978).

Portanto, conforme era esperado, aqueles dois caracteres apresentaram-se altamente correlacionados para este último local (Uberlândia), esperando-se assim maior resposta à seleção. Para Araras, a resposta será menor, uma vez que a correlação ambiental é elevada; o ambiente mais favorável influi mais fortemente os principais componentes auxiliares de produção, refletindo no caráter peso de colmos (MARIOTTI, 1973). Nos cerrados tais variações fenotípicas que ocorrem são menos devidas aos efeitos ambientais e muito mais ao genótipo.

As variâncias genéticas estimadas mostraram índices semelhantes em relação ao caráter número de colmos: 0,31 para Araras e 0,19 para Uberlândia, ambas, no entanto, de baixa magnitude (Tabelas 3 e 5). A mesma situação já não ocorreu com o caráter peso de colmos: 1,01 para Araras e 0,29 para Uberlândia. As baixas variações genéticas dos dois caracteres resultaram numa elevada correlação no caso de Uberlândia. A baixa variação genética do caráter número de colmos em Araras levou a uma baixa covariação entre os dois caracteres, resultando em correlação de baixa magnitude,

consequentemente. Entretanto, fenótipos transgressivos poderão ocorrer com maior probabilidade no ambiente fértil, uma vez que a variação fenotípica capitaliza a interação genótipo x ambiente dadas as condições mais favoráveis deste último.

Portanto, mesmo tendo sido observado valores elevados de correlação entre número e peso de colmos, pode-se observar que o caráter número de colmos deva ser selecionado considerando simultaneamente os outros fatores que influem no componente peso de colmos que são altura e diâmetro de colmos.

4.4.2. Brix (B) - peso de colmos (PC)

Como se pode ver nas Tabelas 3 e 5, as correlações genotípicas entre esses dois caracteres se mostraram semelhantes para os dois locais e, apesar de positivas, foram de baixa magnitude. Assim também se manifestaram as correlações fenotípicas. As correlações encontradas por MARIOTTI (1978) foram próximas: -0,10; 0,01 e 0,17 para fenotípica, genotípica e ambiental, respectivamente. Para Uberlândia, a correlação genotípica foi superior à fenotípica, resultando numa condição mais interessante para o melhoramento. Entretanto, as baixas magnitudes encontradas indicaram tendência a não ocorrerem correlações entre peso de colmo e Brix. Esta situação é válida para os dois locais; os valores são levemente superiores para

Araras. As correlações ambientais apesar de negativas foram de ínfimas magnitudes. Valor médio e negativo foi encontrado para correlação fenotípica em relação à análise conjunta (Tabela 7b)

4.4.3. Brix (B) - número de colmos (NC)

As correlações genotípica, fenotípica e ambiental se mostraram negativas e em magnitudes razoáveis (médias) para Araras, denotando assim influência mais forte do ambiente para este local em relação a Uberlândia (Tabelas 3 e 5).

As correlações ambientais negativas observadas nos dois locais mostraram influências diversas quando considerados estes dois caracteres. Além disso, como era esperado, estas correlações negativas mostraram associação entre estes dois caracteres, principalmente para Araras, com valores de -0,52 e -0,60 para correlações fenotípicas e genotípicas, respectivamente. Valor semelhante (-0,67) foi encontrado em relação à análise conjunta. Desde que no processo normal se efetiva a seleção sobre número de colmos principalmente, e, tendo sido diversos os sentidos da seleção destes dois caracteres, esta não é uma situação muito interessante quando da seleção simultânea para ambos, muito menos quando a seleção feita em Araras tem também como objetivo atender a região dos cerrados.

Resta salientar que a metodologia de trabalho

a ser utilizada num programa normal é mais completa e adequada quando inclui avaliações de Brix somente após a seleção fenotípica das demais características como número (contagem), altura e diâmetro dos colmos, além de outras como florescimento, chochamento e resistência às doenças no local para o qual a variedade está sendo selecionada.

Respeitando-se aspectos fisiológicos quanto às épocas mais convenientes para germinação, rebrota e desenvolvimento para cada local (caso dos cerrados, em que atraso no desenvolvimento da parte aérea seja providencial) no mais, a seleção no ambiente mais fértil, embora capitalize interações genótipo x ambiente, é vantajosa. Torna-se possível que os resultados sejam extensivos a outras áreas, na medida porém que na exploração comercial se procure constituir o ambiente segundo as conveniências e as necessidades, isto é, condições ambientais complementadas de procedimentos na condução da cultura voltadas a melhorar o seu aproveitamento. O ciclo da cultura da cana-de-açúcar se refere a vários anos: uma vez implantada deve-se aproveitar do maior número de cortes, razão pela qual o período de tempo para a determinação e exploração desta e demais características é relativamente longo. O ideal é a realização da seleção no ambiente para o qual a variedade será utilizada. Desde que as condições do solo para a condução da cultura sejam aquelas acima mencionadas, o citado procedimento em que se aproveita a interação torna-se interessante, em virtude das condições ambientais de clima

dos cerrados favorecerem a maturação, propiciando índices mais elevados de Brix. Estudos fenológicos entretanto, tornam-se necessários em função da variedade e intensidade de fontes de interação genótipo x ambiente resultantes.

4.5. Variabilidade genética, herdabilidade, progressos e respostas esperadas na seleção

4.5.1. Araras

4.5.1.1. Seleção para número de colmos (NC)

A estimativa da herdabilidade no sentido amplo, elevada por se referir a nível de médias familiares (SKINNER *et alii*, 1987), foi de 78,45%, resultando num ganho de seleção direta de 0,47 colmos/plântula ou seja 6,65% (Tabela 8; a) considerando a média original de 7,12 (X_0) e dos seis cruzamentos (tratamentos) selecionados $X_s = 7,72$ colmos/plântula.

A seleção indireta para os outros dois componentes resultou num ganho de seleção (GS) de 0,12, ou 1,53%, em relação a PC, e apresentou índice negativo de -0,21, ou -1,08% , quanto ao caráter Brix, totalizando 7,10%, se considerados os três caracteres conjuntamente.

4.5.1.2. Seleção para peso de colmos (PC)

A herdabilidade no sentido amplo foi de 87,28%, o ganho de seleção direto de 0,78 kg/plântula, ou 9,7%; os ganhos de seleção indiretos foram de 0,20 colmos/plântula ou 2,87% para NC e novamente índice negativo -0,11 °Brix, ou -0,54% quanto ao caráter Brix, resultando num ganho total de 12,03% (Tabela 8; b).

Observa-se que, para este local, a seleção baseada no número de colmos resultou um ganho reduzido em relação ao caráter peso de colmos; foi relativamente baixa a coincidência dos melhores tratamentos em relação a estes dois caracteres.

4.5.1.3. Seleção para Brix (B)

A herdabilidade no sentido amplo para Brix foi a menor dentre os três (66,43%), e a seleção direta resultou num ganho relativamente baixo: 0,47, ou 2,35%. Os ganhos de seleção indireta foram de 0,05, ou 0,84%, para peso de colmos, e -0,19, ou -2,75% para número de colmos, totalizando um ganho de seleção de 0,44% quando considerados os três caracteres. Foram portanto, valores bastante baixos (Tabela 8; c).

Uma outra observação deve ser feita sobre o caráter Brix: para que a seleção simultânea resulte em material produtivo (em quantidade e qualidade) este caráter

contribuirá somente se os colmos apresentarem as características número, diâmetro e altura de colmos favoráveis.

Como já enfatizado anteriormente, para o caso das correlações entre peso de colmos e Brix e entre número de colmos e Brix, os valores negativos eram esperados: GEORGE (1963) encontrou: -0,06 entre B e PC e -0,22 entre B e NC.

4.5.2. Uberlândia

4.5.2.1. Seleção para número de colmos (NC)

A herdabilidade no sentido amplo foi a menor entre os três caracteres analisados (67,35%) e, portanto, a mais influenciada pelo meio ambiente, ao contrário de Araras, onde foi o Brix que mostrou tal situação. Na seleção direta para aquele caráter os ganhos de seleção foram de 0,35 colmos/plântula, ou 7,92% ; a seleção indireta acusou os seguintes ganhos de seleção; 0,25 kg/plântula, ou 7,81% para peso de colmos, e -0,39 °Brix ou -1,78% para Brix. O ganho total foi de 13,95% (Tabela 9; a).

Estes dados são decorrentes das condições ambientais desfavoráveis ao perfilhamento, características da região. A variância genética é assim comprometida, não se proporcionando, portanto, condições suficientes para que a variação genética se expresse.

4.5.2.2. Seleção para peso de colmos (PC)

A herdabilidade no sentido amplo para peso de colmos foi elevada, resultando num ganho de seleção de 0,40, ou 12,19%. Os valores para os componentes indiretos foram, porém, baixos: 0,21 colmos, ou 4,89% para a seleção indireta para NC, e de 0,06°Brix, ou 0,3% para a seleção indireta para Brix. O ganho total foi o maior observado: 17,38% (Tabela 9; b).

Para este local, como já anteriormente citado, elevados índices de correlação entre estes dois caracteres foram encontrados, resultando numa maior associação, de tal forma que a seleção através do número de colmos, como normalmente é feita, acarretou ganhos elevados tanto para este caráter como para o caráter peso de colmos.

4.5.2.3. Seleção para Brix (B)

A maior herdabilidade no sentido amplo foi observada para este caráter, ou seja, 93,74%, refletindo num ganho de seleção direta de 0,83°, isto é, 3,82%, e ganhos indiretos de 0,04 colmos, ou 0,95%, para NC e, 0,10 kg, ou 3,31%, para PC. O ganho total foi de 9,08% (Tabela 9; c).

As observações feitas para a seleção em Araras também são válidas para este local: os ganhos obtidos através da seleção direta foram mais elevados para os três caracteres considerados, como era esperado, e, quanto à

seleção simultânea para os vários caracteres e fatores que os compõem, apesar de não terem resultado em ganhos negativos, apresentaram valores de baixa magnitude, a não ser quando da seleção direta para número de colmos em que o GS% observado de 7,92 se assemelhou ao da seleção indireta para peso (7,81).

4.5.3. Seleção baseada na média dos dois locais

4.5.3.1. Seleção para número de colmos (NC)

Uma herdabilidade no sentido amplo de 83,74% foi obtida, resultando, através da seleção direta, um ganho de 0,44 colmos/plântula, ou 7,71%, não variando muito dos índices obtidos para a seleção direta nos próprios locais, isoladamente (Tabela 10).

Os índices de progresso para a seleção indireta de 0,23 e -0,39, ou 4,16% e -1,88%, para PC e B, respectivamente, estão entre os valores obtidos para cada local isoladamente. O ganho total correspondeu a 9,99% (Tabela 10; a).

4.5.3.2. Seleção para peso de colmos (PC)

A herdabilidade no sentido amplo foi de 91,91% e o ganho de seleção direta de 0,59, ou 10,39%. Para a seleção indireta os valores encontrados para progresso de

seleção foram 0,24 e -0,16, ou 4,24% e -0,80%, para seleção indireta quanto a NC e B, respectivamente, totalizando um ganho de seleção de 13,82% ao se considerar os três caracteres (Tabela 10; b).

4.5.3.3. Seleção para Brix (B)

A herdabilidade no sentido amplo foi de 87,06%, resultando num progresso de seleção de 0,66 °Brix ou 3,15%, para a seleção direta, e de -0,12 e 0,10, ou -2,23% e 1,77%, para a seleção indireta em relação a NC e PC, respectivamente. O ganho total resultou em 2,69% (Tabela 10; c).

4.5.4. Seleção em um local e na média dos dois locais; progressos e respostas esperadas no mesmo, em outro local e na média dos dois locais

Na Tabela 11 estão incluídos os progressos esperados em relação aos três caracteres para cada local, quando se processa a seleção neste e no outro local, além dos progressos obtidos através das médias de seleção nos dois locais para cada um dos caracteres, comparando-os com os progressos esperados através da seleção direta para cada caráter nos dois locais. Os ganhos totais também constam da referida tabela.

Quando se consideram os progressos esperados em separado, mesmo indiretos em relação ao mesmo local, pode-se observar que a seleção e progresso num mesmo local quase sempre superou as demais situações como já fora observado por SKINNER *et alii* (1987) de que o ganho em um caráter é usualmente maior para a seleção direta do que para a indireta, embora em muitos casos se justifique a seleção indireta devido à redução de custos. No caso do caráter NC deste estudo, o GS obtido para o próprio caráter (seleção direta) foi maior quando se considerou seleção em Uberlândia e GS em Araras do que seleção em Araras e GS em Uberlândia ($A \rightarrow U$), embora menor do que seleção e ganho nos próprios locais ($A \rightarrow A$; $U \rightarrow U$). No caso da seleção indireta, seleção sobre NC e seu efeito no PC, obteve-se situação inversa: o GS no sentido $U \rightarrow A$ (2,21%) foi menor do que no sentido inverso $A \rightarrow U$ (6,66%); já a seleção e ganho em Uberlândia ($U \rightarrow U$) apresentou maior valor (7,91%), mas foi baixo no caso de Araras ($A \rightarrow A$), ou seja, 1,53%, denotando que, neste caso, outros caracteres como diâmetro e altura também exerceram influência no PC.

Quando se analisa o caráter PC pôde-se observar a mesma situação: os índices são maiores para ganhos de seleção direta nos próprios locais. O sentido $A \rightarrow U$ supera $U \rightarrow A$ para ganho direto de PC e a resposta à seleção indireta em relação ao caráter NC é maior quando se seleciona em Uberlândia e progresso esperado em Araras do que o oposto. Ganhos indiretos negativos para Brix também

foram observados. Quando o carácter sob seleção é o Brix, a seleção direta para Brix em Araras resultou num progresso esperado maior em Uberlândia do que quando se selecionou em Uberlândia e se calculou o progresso esperado em Araras. Isto é devido a aspectos ligados à fisiologia do desenvolvimento e maturação e pelo fato de se ter considerado algumas progênies de genitores dotados de maiores potencialidades quanto ao carácter Brix quando o sentido da seleção foi $A \rightarrow U$. O mesmo raciocínio leva a uma situação inversa quando se considera o sentido $U \rightarrow A$. Progressos esperados de magnitudes semelhantes foram observados para a seleção indireta em relação a NC, e para a seleção indireta em relação a PC.

De maneira geral, quando os caracteres sob seleção são o NC e PC, todos os ganhos esperados para Brix foram negativos, sob qualquer situação, em se analisando a seleção direta ou indireta, independente do sentido seleção-progresso esperado. Assim também, quando se considera o carácter Brix, os progressos resultantes para as seleções direta e indireta com relação aos outros dois caracteres foram negativos ou nulos.

Para a seleção fenotípica baseada nos caracteres NC e B esta última situação não é interessante particularmente em relação à Uberlândia, principalmente pela forte correlação entre NC e PC e pela importância destes caracteres em relação à produção. As condições ambientais mais favoráveis de Araras estimulam os caracteres diâmetro e

altura dos colmos, compensando em parte reduções que poderiam ocorrer com o componente peso de colmos.

Quando se analisam os ganhos totais, envolvendo os três caracteres nas diversas situações, algumas ocorrências merecem ser comentadas, em virtude das observações registradas.

O ganho total, quando o caráter sob seleção é NC, foi maior para seleção em Araras e progresso esperado em Uberlândia do que seleção em Araras e progresso também em Araras. O ganho total para seleção em Uberlândia e progresso esperado em Uberlândia foi entretanto mais elevado: 13,95%.

Justifica-se a situação acima pelo fato já comentado da influência do diâmetro e da altura no peso de colmos: nem sempre o NC afeta positivamente o GS para PC (GS = 1,53%), baixo no caso, isto em virtude da correlação de baixa magnitude observada para Araras (Tabela 3).

A seleção em Araras para progresso em Uberlândia resulta em ganho total (8,74%), maior do que o sentido inverso, $U \rightarrow A$ (5,20%), porém menor que $U \rightarrow U$ (13,95%) quando o caráter sob seleção é NC; a situação se inverte para seleção sobre o caráter PC. Entretanto, o GS observado em relação ao próprio caráter (NC) 4,49% é bem menor do que seleção e progresso para Uberlândia (7,92%), o que, de certa forma, desaconselha a seleção em um local objetivando progresso em outro, principalmente quando se sabe da prioridade que se deve dar a este componente nas condições do cer-

rado, além de resultar nos ganhos negativos mais acentuados em relação ao Brix.

A seleção sobre peso de colmos, apesar de inviável na prática, mostrou através deste estudo, que processada em Araras resulta em ganho total de 9,35%, para Uberlândia, praticamente a metade do que se conseguiria para seleção e ganho para Uberlândia (17,38%), além de resultar no menor ganho em relação ao caráter número de colmos (2,47%).

Uma diferença bastante acentuada se observa na seleção sobre B em Uberlândia para progresso esperado neste mesmo local (ganho total) = 8,08%, superior em relação a todos os demais sentidos seleção-progresso esperado: $A \rightarrow A$, $A \rightarrow U$ e $U \rightarrow A$.

A seleção baseada na média dos dois locais (AU) resultou em ganhos totais elevados para quaisquer dos três caracteres sob seleção, quando da seleção baseada na média para progresso esperado em Uberlândia. Entretanto, não suplantou os ganhos esperados quando da seleção e progresso esperado para este mesmo local. Uberlândia é o ambiente menos favorável, e os ganhos totais foram os mais elevados: 13,95; 17,38 e 8,08% para NC, PC e B respectivamente, coincidindo em parte com as observações de TEW (1987), em estudos conduzidos no Hawai, quanto às vantagens dos ambientes para seleção. Estes estudos atribuem tais situações às relações entre as variabilidades genéticas e não genéticas em experimentos serem fortemente afetadas pela favorabilidade

do ambiente.

Além de todos os aspectos analisados, uma situação que se evidencia como a mais importante, diz respeito às elevadas diferenças apresentadas pelas médias de peso de colmos PC/plântula (em kg) entre os dois locais: os valores encontrados para o cerrado são inferiores em 30 a 50% dos níveis obtidos na área tradicional, como pode ser observado na Tabela 1, assim como os índices da seleção fenotípica em relação aos cruzamentos biparentais incluídos no presente estudo e que constam da Tabela 12. O cruzamento (SP70-1143 x RB72454) apresentou os índices mais elevados e correspondeu ao cruzamento de maiores médias em kg Brix/plântula, em relação aos dois locais, além de constar na relação dos tratamentos de médias mais elevadas na seleção para os 3 caracteres considerados.

4.5.5. Considerações gerais e sugestões

São apresentadas a seguir algumas considerações que são válidas tanto para a área de cerrado como para a região tradicional no cultivo da cana.

Sob a denominação genérica de "cerrados" existe uma área correspondente a cerca de 200 milhões de hectares nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Maranhão, Minas Gerais, Bahia, Piauí, Mato Grosso do Sul e São Paulo. Se o total de precipitação pluviométrica dessa vasta região é mais do que suficiente para qualquer cultivo, ou até para

mais de um cultivo anual, maior do que nas áreas tradicionais, o mesmo não se pode dizer da distribuição da chuva. Sua estacionalidade é o fator climático que mais influencia o uso agrícola do cerrado. O período chuvoso se estende de outubro a maio, ocorrendo cerca de 80% do total anual das precipitações (média de 1.580 mm, em Brasília) no período de novembro a março (Apêndice 2).

O carácter errático da precipitação, juntamente com certas características físicas e químicas dos solos, condiciona o aparecimento de deficiência hídrica mesmo durante o período chuvoso; são os "veranicos", de acordo com a denominação regional. Em decorrência da intensidade das intempéries, especialmente chuva e temperatura, os solos perderam, por lixiviação, grande parte dos cátions como cálcio, magnésio, potássio, sódio e até silício. Desta forma, na fração argila predomina a caulinita e óxidos de ferro e de alumínio, resultando, então, na grande capacidade de absorção de ânions mostrada por estes solos. Tanto a capacidade de troca aniônica como catiônica são altamente dependentes do pH do solo (GOEDERT *et alii*, 1980). A capacidade de troca catiônica é muito baixa e a soma de bases trocáveis (Ca, Mg e K), em consequência, é baixa. A acidez relativa é alta, uma vez que o alumínio é o cátion predominante, normalmente acima de 50%, o que restringe o desenvolvimento de espécies sensíveis a elevada saturação de alumínio. O fósforo, sendo fortemente fixado ao solo, apresenta baixa disponibilidade para as

plantas, constituindo-se no nutriente mais carente para qualquer cultura.

O teor de matéria orgânica é médio; porém, nas condições naturais, apresenta pouca atividade; os solos são bem drenados, com a textura variando desde arenosa até muito argilosa. Apresentam-se, estas, bem estruturadas, com alta estabilidade de agregados, especialmente micro-agregados, resultando em compactação quando da condução inadequada da cultura, principalmente pelo tráfego de veículos e tratores durante a colheita.

A capacidade de retenção de água é muito baixa, principalmente em consequência da composição mineralógica e da estrutura (WOLF, 1977). Apenas 6 a 8% de água são retidas entre tensões de zero a um bar e quase nada a tensões superiores a um bar. Isto significa que a água armazenada na camada arável é suficiente para manter uma cultura em pleno crescimento por apenas seis a dez dias. Diferenças entre um local e outro são devidas a variações na temperatura e na umidade relativa.

Como sugestão, GOEDERT *et alii* (1980) indicam a necessidade de programar e executar um manejo adequado da lavoura, procurando, sempre, minimizar os riscos resultantes dos "veranicos". Dentre o conjunto de práticas que auxiliam no aproveitamento da água da chuva, o controle de erosão, a incorporação de restos orgânicos, o plantio em época adequada, e a utilização da cultivar apropriada tornam-se essenciais para a condução da cultura da cana-de-açúcar no

cerrado. Deve-se considerar que em sendo uma cultura semi-perene, rebrotando em épocas nem sempre adequadas, devido ao longo período seco que caracteriza estas áreas, maiores cuidados devem ser observados quanto ao emprego de um conjunto de práticas adequadas.

Quanto ao melhoramento, uma situação é a procura por novas variedades adaptadas, outra é o melhoramento de populações que, regionalizado, levaria à utilização de cruzamentos específicos, aproveitando-se da potencialidade de determinados genitores, em reunir, exteriorizar e transmitir os caracteres prioritários.

Assim, como fora observado para outros estudos (TEW, 1987), os resultados obtidos através da participação das variedades comerciais como genitores (e.g., RB72454 e SP70-1143), mostram a conveniência da utilização de variedades liberadas ultimamente pelas instituições de pesquisa nacionais, principalmente quando aliadas à elevada herdabilidade de outras características favoráveis apresentada por variedades introduzidas (TUC71-7 e NA56-79 incluídas neste estudo), ou mesmo variedades que estão em fase final de avaliação, assim como clones selecionados através dos programas dirigidos de seleção recorrente.

Considerando-se os três melhores cruzamentos em kg Brix para Araras observa-se que estes foram diferentes dos de Uberlândia (Tabela 12), com excessão do cruzamento 10, o de melhor posição para os dois locais. Em ambos os locais, aqueles cruzamentos coincidiram com os melhores com

base em peso de colmos (Tabelas 8 e 9), mostrando a influência do componente peso de colmos na determinação da produtividade em kg de Brix/plântula. Entretanto, dois daqueles mesmos cruzamentos coincidiram com dois dos quatro melhores, baseado em número de colmos em relação a Uberlândia. Diferiram porém totalmente quanto à esta comparação para Araras. Estas situações mostram a determinação da produtividade em relação ao NC para Uberlândia e a influência de outros fatores de produção (altura e diâmetro de colmos) para Araras (Tabelas 8, 9 e 12).

Desde que o componente peso de colmos envolve número, diâmetro e altura, uma interrelação entre estes três fatores é responsável pelo melhor comportamento produtivo dos cruzamentos, principalmente em relação a Araras, cujas condições ambientais são mais favoráveis, provocando maiores variações.

Fazendo-se este mesmo tipo de comparação em relação ao caráter Brix, apenas o cruzamento 10 (SP70-1143 x RB72454) está incluído entre os três melhores. Porém, na ordem decrescente para este caráter, este cruzamento aparece na terceira colocação para Araras e Uberlândia; quando em relação a kg Brix/plântula, para ambos os locais está em primeiro lugar.

Fica evidente também que para Uberlândia o caráter número de colmos (aliado ao diâmetro e altura) é prioritário tanto para o melhoramento de populações como

para a seleção, devendo-se dar atenção quanto à escolha de progenitores que detenham esta característica comprovadamente e que apresentem-na como facilmente transmissível às progênies resultantes de cruzamentos em que participem.

Tomando-se os três melhores cruzamentos baseados no número de colmos em Araras, podemos observar que são os que se apresentam inferiores quando em relação a peso de colmos e Brix (Tabela 1). Por outro lado, uma situação diversa se observa quando se faz este mesmo procedimento em relação a Uberlândia; para este local os tratamentos 10 e 9 aparecem como superiores quanto aos três caracteres.

Outra questão importante é que se deve estar atento é a necessidade de material genético mais precoce, principalmente para Araras, em virtude das condições ambientais mais adversas à qualidade de matéria prima no início da safra, o que leva à necessidade de utilização de genitores mais ricos e que transmitam a característica precocidade em maturação.

As maiores prioridades aos caracteres de maior importância (número de colmos em Uberlândia e Brix em Araras) pode significar vários aspectos relacionados a:

- melhoramento de populações relacionado ao caráter prioritário;
- intensidade de seleção ajustada visando este caráter;
- aperfeiçoamento de mecanismos que possibilitem a

- expressão dos genótipos desejados;
- seleção de cruzamentos através da sua capacidade de combinação;
 - inclusão de genitores cujas características próprias ou das suas progênies ampliem as possibilidades de se encontrar genótipos interessantes;
 - atribuir pesos econômicos adequados na constituição do índice de seleção para evitar o risco da seleção num determinado caráter refletir negativamente nos ganhos da seleção de outros.

Resta acrescentar que um dos fatores que direcionam o melhoramento de uma cultura diz respeito às inovações tecnológicas as quais estão principalmente relacionadas à evolução que, no decorrer do tempo, alteram os conceitos estabelecidos para determinadas condições de exploração.

Para as condições da condução da cultura hoje adotadas, procura-se determinar os genitores mais adequados na transmissão das características mais interessantes, observando que a variabilidade genética está largamente disponível, desde capacidade de rebrota até florescimento e resistência a doenças.

Uma vez definidas estas possibilidades, a alteração do sistema tradicional de condução da cultura torna possível a união do melhoramento genético ao ambiental, com o objetivo de viabilizar a exploração da cultura em áreas de condições adversas, assim como promover grandes benefícios à área tradicional. Desta forma, práticas que se

julgam necessárias para que este melhoramento ambiental seja atendido, devem ser adotadas também na metodologia a ser implantada para a condução de um programa de melhoramento.

Nos últimos anos, os programas de melhoramento em cana-de-açúcar têm se preocupado também com o melhoramento de populações, sejam por questões relacionadas à expansão da cultura para ambientes muito diversos dos até então ocupados, ou pela estrita preocupação com o estreitamento genético que pode estar levando à redução nos ganhos de seleção. O valor teórico de uma população segue paralelamente ao valor prático em virtude da acumulação de gens favoráveis, assim como pelo esforço que se tem feito no sentido de reduzir a endogamia resultante da utilização frequente de determinados genitores ancestrais.

Na área tradicional, o Projeto de Seleção Recorrente mostrou índices de 4% já nos primeiros PCE (policruzamentos específicos), maior que a média da mesma série de cruzamentos na mesma estação experimental, que foi de 2,5% (MATSUOKA, 1988). Isso indica que em termos médios a CGC (Capacidade Geral de Combinação) dos PCE foi melhor que dos cruzamentos usuais. Considerando especificamente a riqueza sacarina, ou seja, clones com brix igual ou superior ao padrão, o índice dos dois PCE de 1985 foi de 1,94 contra 0,98 do restante da série, o que é indicação de um substancial ganho na seleção. A estratégia básica desse projeto mencionado leva em conta que a base genética dos híbridos mundiais de cana-de-açúcar não é estreita e que um

direcionamento adequado do programa de recorrência permitirá obter, não somente material de elevado valor cultural, como também permitirá a manutenção de ampla base genética no banco de germoplasma para uso a longo prazo.

Vale salientar a necessidade de se estender os estudos relacionados ao melhoramento de populações para condições assim contrastantes, atentando-se para o fato de que um dos fatores que direcionam o melhoramento diz respeito às inovações tecnológicas decorrentes da evolução na condução da cultura, como observado por ALLARD (1971).

A quantidade e a distribuição das chuvas nos anos 1985, 1986 e 1987 (Apêndice 1), referentes ao presente estudo, mesmo não condizentes com a situação normalmente observada para a região dos cerrados (Apêndice 2), reforçam as considerações em relação a: 1) comportamento dos cruzamentos, 2) importância dos componentes de produção considerados na seleção e 3) adequação de práticas culturais. Ficou também evidenciado que a potencialidade de produção está muito mais relacionada às alterações nas composições física, química e de proteção dos solos, no sentido de melhorar o aproveitamento da umidade.

Para a exploração da cultura nas áreas desfavoráveis tem-se observado que o melhoramento genético deve estar associado ao ambiental quanto à melhoria da fertilidade e do uso racional da umidade à disposição no decorrer das várias estações do ano, considerando a plasticidade quanto ao desenvolvimento estacional para explicar a proteção ao

estresse ambiental, como sugere MOORE (1987).

Presentemente, estão sendo desenvolvidos na área tradicional projetos sobre a colheita de cana crua, que deverão contribuir de maneira intensa na ocupação das áreas marginais pela cultura da cana-de-açúcar, considerando-se os benefícios que advirão da adoção de um sistema adequado de produção orientado à alteração das características físicas e químicas deficitárias dos solos e que os tem levado a consideráveis índices de degradação. Motivos econômicos, sociais e também ecológicos estarão assim reunidos a alterações de práticas culturais. Objetiva-se o estabelecimento da cultura nas novas áreas e mesmo nas áreas tradicionais, em virtude de uma série enorme de vantagens oferecidas pela manutenção da camada vegetal na superfície do solo. A ativação da microflora, o controle da umidade e da erosão, aliados à elevação dos níveis de matéria orgânica, atuarão favoravelmente à conservação, à elevação de fertilidade e à redução na compactação dos solos pesados, melhorando fisicamente os solos arenosos, recuperando-os. Suprime por outro lado práticas de enleiramento, subsolagem e tratos culturais ao mesmo tempo que reduz a poluição ambiental pela extinção da prática da queima e pela suspensão da aplicação de herbicidas (BASSINELLO *et alii*, 1989).

Como sugestão para o aprimoramento da pesquisa canavieira, considerando as alterações na condução da cultura na área tradicional e no caso do aproveitamento dos cer-

rados, à medida em que os genitores sejam escolhidos com relação às características ambientais, deve-se adicionalmente atentar para que certas condições que contribuam para amenizar as adversidades do clima e solo, ou em atenção às exigências do meio, sejam devidamente examinadas nas atividades relacionadas ao programa de melhoramento.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições em que foi realizado este trabalho, permitiram as seguintes conclusões:

- 1) Ficou evidenciada a transmissibilidade dos principais caracteres que elegeram as variedades RB72454, SP70-1143, IAC 51-205, TUC 71-7 e NA 56-79 à categoria de genitores, enaltecendo o princípio genético da recorrência.
- 2) Os ganhos de seleção direta e resposta esperada nos próprios locais foram superiores para todos os caracteres, enfatizando as vantagens do melhoramento de populações para cada local.
- 3) O caráter Brix apresentou alta estabilidade, constituindo-se em valioso critério de seleção evidenciando que informações obtidas em um ambiente são válidas para outros.
- 4) A seleção no ambiente favorável é vantajosa pela maior exploração da variabilidade fenotípica, embora a interação progênie - local em relação ao componente peso

de colmos tenha indicado a conveniência de programas específicos ou seleção simultânea em locais contrastantes.

- 5) O caráter número de colmos mostrou ser o componente principal a influenciar o peso de colmos (touceira) nos ambientes desfavoráveis (cerrados), esperando-se assim maior resposta à seleção.
- 6) Em ambientes favoráveis o caráter peso de colmos sofre influência tanto do número de colmos como também do diâmetro e altura, dificultando a seleção visual e, por conseguinte, fazendo requerer métodos que numericamente avaliem tal interação.
- 7) As progênies do cruzamento SP 70-1143 x RB 73454 se apresentaram superiores nos dois locais; as demais progênies apresentaram comportamento diferenciado, incluindo alterações na ordem de classificação dos tratamentos.
- 8) Ocorre alta herdabilidade do caráter número de colmos, especialmente quando o genitor para tal caráter é feminino.
- 9) Ocorre alta herdabilidade e transmissibilidade do caráter teor de sacarose (Brix), independentemente se o genitor com tal característica seja feminino ou masculino.

- 10) A menor variabilidade fenotípica e a menor herdabilidade no sentido amplo no ambiente desfavorável evidenciaram a necessidade do desenvolvimento do melhoramento genético de populações, aliado a um sistema de produção baseado em práticas culturais adequadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R.W. & BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science*, Madison, 4: 503-8, 1964.
- ALLARD, R.W. Princípios do melhoramento genético das plantas. São Paulo, Edgard Blücher, 1971. 381p.
- ALLISON, J.C.S. Use of new sugarcane germplasm. *Sugar Cane*, High Wycombe, (4): 6-7, 1984.
- BASSINELLO, A.I. Interações de genótipos por ambientes em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Piracicaba, 1984. 128p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BASSINELLO, A.I. As implicações citogenéticas dos cruzamentos interespecíficos no melhoramento da cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ/Departamento de Genética, 1986a. 58p.
- BASSINELLO, A.I. As hibridizações interespecífica e intergenérica e suas implicações no melhoramento da cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ/Departamento de Genética, 1986b. 33p.
- BASSINELLO, A.I. Considerações sobre estudos de herdabilidade e repetibilidade no melhoramento da cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ/Departamento de Genética, 1987. 55p.

- BASSINELLO, A.I. & MATSUOKA, S. Manejo de variedades de cana-de-açúcar para as condições ecológicas da Região Centro-Sul. Araras, IAA/PLANALSUCAR/COSUL, 1985. 75p.
- BASSINELLO, A.I.; FURLANI NETO, V.L.; MACEDO, N.; FARAZZI, C.; CASAGRANDE, J.G. Implicações agrícolas e industriais da colheita da cana crua. Araras. IAA/PLANALSUCAR/COSUL, 1989. 55p.
- BERDING, N. & ROACH, B.T. Germplasm collection, maintenance, and use. In: HEINZ, D.J., Sugarcane improvement through breeding. Amsterdam, Elsevier, 1987. p.142-210.
- BERDING, N. & SKINNER, J.C. Traditional breeding methods. In: COPERSUCAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, Piracicaba, 1987. Piracicaba, COPERSUCAR, 1987. p.269-320.
- BHAT, S.R. & GILL, B.S. The implication of 2n egg gametes in nobilization and breeding of sugarcane. *Euphytica*, Wageningen, 34: 377-84, 1985.
- BREAUX, R.D. Some breeding strategies with bi-parental and polycrosses. In: COPERSUCAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, Piracicaba, 1987. Piracicaba, COPERSUCAR, 1987. p.71-85.
- BREMER, G. Problems in breeding and cytology of sugarcane. I. A short history of sugarcane breeding. *Euphytica*, Wageningen, 10: 59-78, 1961a.
- BREMER, G. Problems in breeding and cytology of sugarcane. II. The sugarcane breeding from a cytological view-point. *Euphytica*, Wageningen, 10(2): 121-258, 1961b.
- BREWBAKER, J.L. *Genética na Agricultura*. São Paulo, Polígono EDUSP, 1969. 224p.

- BURTON, G.W. Quantitative inheritance in grasses. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1952. *Proceedings*. v.1, p.277-83.
- CHEN, C.L. Problems of cane breeding at the present stage of China from a cytological point of view. *Botanical Gazette*, Chicago, **143**: 417-23, 1982.
- COMSTOCK, R.E. & MOHL, R.H. Genotype-environmental interactions. In: HANSON, H.D. & ROBINSON, H.F., ed. *Statistical genetics and plant breeding*. Washington, Nat. Acad. Sci., Nat. Res. Council, 1963. p.164-96.
- CRISOSTOMO, J.R. Avaliação da estrutura e do potencial genético de uma população de algodoeiro (*G. hirsutum* L.) parcialmente autógama. Piracicaba, 1989. 191p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- CRUZ, C.D. Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas. Piracicaba, 1990. 188p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- DANIELS, J. & ROACH, C.T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D.J., ed. *Sugarcane improvement through breeding*. Amsterdam, Elsevier, 1987. p.7-84.
- FALCONER, D.S. *Introdução à genética quantitativa*. Viçosa, UFV, 1981. 279p.
- GEORGE, P. A further study of *Saccharum* progenies in contrasting environments. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 11., Mauritius, 1982. *Proceedings*. Amsterdam, Elsevier, 1983. p.488-97.

- GOEDERT, W.J.; LOBATO, E.; WAGNER, E. Potencial agrícola da região dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 15(1): 1-17, jan. 1980.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. São Paulo, Nobel, 1987. 465p.
- HEINZ, D.J. Sugarcane improvement: current productivity and future opportunities. In: COPERSUCAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, Piracicaba, 1987. Piracicaba, COPERSUCAR, 1987. p.55-70.
- HOFFMANN, H.P. **Inoculação em plântulas de cana-de-açúcar com *Xanthomonas albivirens* visando seleção para resistência**. Piracicaba, 1989. 91p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- HOGARTH, D.M. Genetics of sugarcane. In: HEINZ, D.J. ed. **Sugarcane improvement through breeding**. Amsterdam, Elsevier, 1987. p.251-71.
- KANG, M.S.; MILLER, J.D.; TAI, Y.P. Clonal and individual repeatability of agronomy traits in sugarcane. **Journal of the American Society of Sugarcane Technologists**, (3) :22-7, 1984.
- KEMPTHORNE, O. **An introduction to genetic statistics**. Ames, Iowa State University Press, 1973. 454p.
- LIMA, G.C.P. **Dissertação à cerca da canna de assucar**. Rio de Janeiro, 1842. 43p. (Mestrado - Escola de Medicina do Rio de Janeiro).
- LO, C.C. Sugarcane breeding for different environments. In: COPERSUCAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, Piracicaba, 1987. Piracicaba, COPERSUCAR, 1987. p.189-202.

- MANGELSDORF, A.J. Sugarcane breeding: in retrospect and prospect. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 9., New Delhi, 1956. **Proceedings**. New Delhi, T.Prasad, 1956. p.560-75.
- MANGELSDORF, A.J. Cytoplasmic diversity in relation to pests and pathogens. **Sugarcane Breeder's Newsletter**, Réduit, (45): 45-9, 1983.
- MARIOTTI, J.A. Sugarcane clonal selection research in Argentina: a review of experimental results. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 16., São Paulo, 1977. **Proceedings**. São Paulo, Impres, 1978. v. 1, p.121-36.
- MARIOTTI, J.A. The effect of environmental on the effectiveness of clonal selection in sugarcane. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 15., Durban, 1974. **Proceedings**. Durban, Hayne & Gibson, 1974. v. 1, p.89-95.
- MARIOTTI, J.A. Selection for stability and adaptability. In: COPERSUCAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, Piracicaba, 1987. Piracicaba, COPERSUCAR, 1987. p.249-67.
- MARIOTTI, J.A.; OSA, J.M.; BULACIO, A.N.T.; OYARZABAL, E.S. **Análisis conjuntas alternativas de ensayos de variedades de caña de azúcar**. Tucuman, Estacion Experimental Agro-Industrial Obispo Colombres, 1977. 25p. (Miscelanea, 65).
- MATSUOKA, S. **Seleção recorrente como alternativa para obtenção de novas e produtivas variedades de cana-de-açúcar; relatório técnico-científico**. Brasília, CNPq, 1988. 39p.

- MATSUOKA, S.; BASSINELLO, A.I.; HOFFMANN, H.P.; VIEIRA, F.M.A.S.; PIMENTA, T.G.; ARIZONO, H; BARCELOS, J.E.T. Utilização de soca na primeira fase de seleção de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2., Rio de Janeiro, 1981. *Anais*. Rio de Janeiro, STAB, 1981. v.2, p.246-52.
- MODE, J.C. & ROBINSON, H.F. Pleiotropism and the genetic variance and covariance. *Biometrics*, Washington, 15 :518-37, 1959.
- MOORE, P.H. Breeding for stress resistance. In: HEINZ, D.J. ed. *Sugarcane improvement through breeding*. Amsterdam, Elsevier, 1987. p.503-42.
- NUSS, K.J. Breeding sugarcane for poor soils. In: COPER-SUGAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, Piracicaba, 1987. Piracicaba, COPER-SUGAR, 1987. p.203-16.
- POLLOCK, J.S. Variety x environmental interactions. In: CONFERENCE OF THE QUEENSLAND SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 45., Townsville, 1978. *Proceedings*. Townsville, QSSCT, 1978. p.273-7.
- PRICE, S. *Cytology of *Saccharum robusta* and related sympatric species and natural hybrids*. Washington, USDA, 1965. 47p. (Techn. Bull. 1337).
- ROACH, B.T. Nobilization of sugarcane. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 14., New Orleans, 1971. *Proceedings*. Baton Rouge, Franklin Press, 1971. p.206-16.
- RODELLA, A.A. & MARTINS, M. Efeitos de fontes e formas de aplicação de fósforo na produtividade da cana-de-açúcar, em cana-planta. *Álcool e Açúcar*, São Paulo, 8(45): 26-32, 1988.

- SHUTZ, W.M. & BERNARD, R.L. Genotype x environment interactions in the regional testing of soybean strains. *Crop Science*, Madison, 7: 125-30, 1967.
- SKINNER, J.C. Application of quantitative genetics to breeding of vegetatively reproduced crops. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, Oxford, 47(2): 82-3, 1981.
- SKINNER, J.C.; HOGARTH, D.M.; WU, K.K. Selection methods, criteria, and indices. In: HEINZ, D.J., ed. *Sugarcane improvement through breeding*. Amsterdam, Elsevier, 1987. p.409-53.
- STEVENSON, G.C. *Genetics and breeding of sugarcane*. London, Longman, 1965. 284p.
- TEW, T.L. Advances in knowledge that have recently influenced the sugarcane breeding effort in Hawaii. In: COPER-SUCAR INTERNATIONAL SUGARCANE BREEDING WORKSHOP, Piracicaba, 1987. Piracicaba, COPERSUCAR, 1987. p.181-8.
- TYSDAL, H.M. Promising new procedures in sugarcane breeding. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 9., New Delhi, 1956. *Proceedings*. New Delhi, T. Prasad, 1956. p.618-31.
- VENCOVSKY, R. *Princípios de genética quantitativa*. Piracicaba, ESALQ/USP Departamento de Genética, 1977. 97p.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. & VIEGAS, G.P., ed. *Melhoramento e produção do milho*. 2.ed. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.1., cap.5, p.135-214.

WOLF, J.M. Probabilidades de ocorrência de períodos secos na estação chuvosa para Brasília, DF. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 12: 141-50, 1977.

WU, K.K. Competition in early stages of selection. In: HSPA. **Annual Report 1983**. Aiea, 1984. p.3-5.

7. TABELAS

Tabela 1 - Resultados obtidos para os caracteres NC (número de colmos), PC (peso de colmos) e B (°Brix) em 2 locais: Araras (SP) e Uberlândia (MG).

TRATAMENTOS	NC			PC ⁽¹⁾		
	A	U	$\bar{X}$	A	U	$\bar{X}$
1. NA56-79 x RB72454	6,86	4,28	5,57	8,64	3,44	6,04
2. RB72454 x NA56-79	7,03	4,36	5,69	8,91	3,07	5,99
3. RB72454 x IAC51-205	7,91	4,54	6,23	7,19	2,67	4,93
4. IAC51-205 x RB72454	7,68	4,88	6,28	8,76	3,93	6,34
5. IAC51-205 x NA56-79	8,02	4,78	6,40	8,64	3,54	6,09
6. NA56-79 x IAC51-205	6,16	3,84	5,00	6,28	2,36	4,31
7. NA56-79 x RB735275	6,28	3,65	4,96	6,30	2,30	4,30
8. RB735275 x NA56-79	7,38	4,02	5,70	8,17	3,55	5,86
9. RB72454 x SP70-1143	7,01	5,37	6,19	8,53	3,87	6,20
10. SP70-1143 x RB72454	7,63	5,32	6,47	9,82	4,44	7,13
11. RB72454 x TUC71-7	6,64	4,22	5,43	8,02	3,44	5,73
12. TUC71-7 x RB72454	6,30	4,05	5,17	8,07	3,10	5,58
13. H61-4731 x IAC49-131	7,10	4,05	5,57	9,49	3,30	6,39
14. IAC49-131 x H61-4731	7,76	4,95	6,35	7,10	3,26	5,18
MÉDIAS	7,12	4,45	5,79	8,13	3,30	5,72

TRATAMENTOS	B ⁽²⁾		
	A	U	$\bar{X}$
1. NA56-79 x RB72454	20,37	22,70	21,53
2. RB72454 x NA56-79	20,49	21,86	21,17
3. RB72454 x IAC51-205	19,71	20,97	20,34
4. IAC51-205 x RB72454	20,04	20,67	20,35
5. IAC51-205 x NA56-79	19,42	21,49	20,45
6. NA56-79 x IAC51-205	19,80	22,46	21,12
7. NA56-79 x RB735275	20,56	22,14	21,34
8. RB735275 x NA56-79	20,58	21,79	21,18
9. RB72454 x SP70-1143	19,87	22,72	21,30
10. SP70-1143 x RB72454	20,83	22,92	21,87
11. RB72454 x TUC71-7	21,91	23,39	22,65
12. TUC71-7 x RB72454	21,71	23,63	22,68
13. H61-4731 x IAC49-131	19,62	20,59	20,11
14. IAC49-131 x H61-4731	19,21	20,24	19,72
MÉDIAS	20,29	21,97	21,13

A - Araras (SP); U - Uberlândia (MG); $\bar{X}$ - médias dos 2 locais

(1) Avaliados em kg/plântula; (2) Avaliados em °Brix

Tabela 2 - Análise da variância, coeficiente de variação experimental (CV), coeficiente de variação genotípico (CV_g) para os caracteres: número de colmos (NC) peso de colmos (PC) e Brix (B) de 14 cruzamentos de cana-de-açúcar - Araras (SP).

F. V.	G. L.	Q U A D R A D O S M É D I O S		
		C A R A C T E R E S		
		NC	PC	B
Blocos	1	0,4172	0,0358	0,6436
Tratamentos	13	0,7848**	2,3226**	1,2758*
Resíduo	13	0,1691	0,2953	0,4283
CVC%		5,77	6,68	3,23
CV_g (%)		7,79	12,38	3,21

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

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

Tabela 3 - Estimativas de coeficientes de correlações fenotípicas (r_F), ambientais (r_A) e genotípicas (r_G), variância genotípica (v_G) e valores b dos caracteres número de colmos (NC), peso de colmos (PC) e Brix (B) para 14 cruzamentos de cana-de-açúcar - Araras (SP).

CARACTERES	r	NC	PC	B
PC	F	0,39		
	A	0,82		
	G	0,31		
B	F		0,11	
	A		-0,19	
	G		0,20	
NC	F			-0,52
	A			-0,34
	G			-0,60
VG		0,31	1,01	0,72
b		1,35	1,85	0,99

Tabela 4 - Análise da variância, coeficiente de variação experimental (CV), coeficiente de variação genotípico (CV_g) para os caracteres: número de colmos (NC) peso de colmos (PC) e Brix (B) de 14 cruzamentos de cana-de-açúcar - Uberlândia (MG).

F.V.	G.L.	Q U A D R A D O S M É D I O S		
		C A R A C T E R E S		
		NC	PC	B
Blocos	1	0,0175	0,0375	0,0488
Tratamentos	13	0,5781 *	0,7069 **	2,2961 **
Resíduo	13	0,1888	0,1285	0,3733
CVC%		9,77	10,86	2,78
CV_g (%)		9,92	16,30	4,46

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

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

Tabela 3 - Estimativas de coeficientes de correlações fenotípicas (r_F), ambientais (r_A) e genotípicas (r_G), variância genotípica (v_G) e valores b dos caracteres número de colmos (NC), peso de colmos (PC) e Brix (B) para 14 cruzamentos de cana-de-açúcar - Uberlândia (SP).

CARACTERES	r	NC	PC	B
PC	F	0,75		
	A	0,75		
	G	0,76		
B	F		0,07	
	A		-0,10	
	G		0,11	
NC	F			-0,14
	A			-0,15
	G			-0,14
VG		0,19	0,29	0,96
b		1,08	1,50	1,60

Tabela 6 - Análise da variância conjunta, coeficiente de variação experimental em blocos casualizados, para avaliação dos tratamentos e da interação entre tratamentos e os locais, Araras (SP) e Uberlândia (MG), para os caracteres: número de colmos (NC) peso de colmos (PC) e °Brix (B).

F.V.	G.L.	Q U A D R A D O S M É D I O S		
		C A R A C T E R E S		
		NC	PC	B
Locais	1	100,2858**	327,0878**	39,2788**
Repetições	1	0,1321	0,3210	0,1672
Tratamentos	13	1,1293**	2,5617	3,1330
L x T	13	0,2336	0,4679*	0,4389
Resíduo	27	0,1835	0,2074	0,4054
CV		7,41	7,97	3,01

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

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

Tabela 7a - Variação genotípica (σ^2_G), variação fenotípica (σ^2_F), coeficiente de determinação genotípica (CDG), extraídos da análise conjunta dos locais Araras (SP) e Uberlândia (MG) para os caracteres: número de colmos (NC), peso de colmos (PC) e Brix (B).

CARÁTER	(σ^2_G)	(σ^2_F)	(CDG)
NC	0,24	0,28	0,84
PC	0,59	0,64	0,92
B	0,68	0,78	0,87

Tabela 7b - Correlações fenotípicas (r_F) entre os caracteres número de colmos (NC), peso de colmos (PC) e Brix (B), extraídos da análise conjunta dos locais Araras (SP) e Uberlândia (MG).

CARACTERES	(r_F)
Número de colmos - Peso de colmos	0,92
Número de colmos - Brix	-0,67
Peso de colmos - Brix	-0,58

Tabela 8 - Médias de tratamentos (cruzamentos) a nível familiar sobre a população original (X_o) e a selecionada (X_s), herdabilidades no sentido amplo (h^2), ganhos de seleção (GS e GS%) para seleção em tandem direta e indireta sobre os caracteres: número de colmos (NC), peso de colmos (PC) e Brix (B). Cruzamentos selecionados para Araras (SP).

a) Seleção direta sobre número de colmos

CARÁTER	X_o	X_s	$h^2\%$	GS	GS%
NC	7,12	7,72	78,45	0,47	6,65
PC	8,13	8,27	87,28	0,12	1,53
B	20,29	19,96	66,43	-0,21	-1,08
GANHO TOTAL					7,10
CRUZAMENTOS SELECIONADOS: 5 - 3 - 14 - 4 - 10 - 8					

b) Seleção direta sobre peso de colmos

CARÁTER	X_o	X_s	$h^2\%$	GS	GS%
NC	7,12	7,38	78,45	0,20	2,87
PC	8,13	9,03	87,28	0,78	9,70
B	20,29	20,12	66,43	-0,11	-0,54
GANHO TOTAL					12,03
CRUZAMENTOS SELECIONADOS: 10 - 13 - 2 - 4 - 1 - 5					

c) Seleção direta sobre Brix

CARÁTER	X_o	X_s	$h^2\%$	GS	GS%
NC	7,12	6,97	78,45	-0,19	-2,75
PC	8,13	9,21	87,28	0,08	0,94
B	20,29	21,00	66,43	0,47	2,35
GANHO TOTAL					0,44
CRUZAMENTOS SELECIONADOS: 11 - 12 - 10 - 9 - 7 - 2					

Tabela 9 - Médias de tratamentos (cruzamentos) a nível familiar sobre a população original (X_o) e a selecionada (X_s), herdabilidades no sentido amplo (h^2), ganhos de seleção (GS e GS%) para seleção em tandem direta e indireta sobre os caracteres número de colmos (NC), peso de colmos (PC) e Brix (B). Cruzamentos selecionados em Uberlândia (MG).

a) Seleção direta sobre número de colmos

CARÁTER	X_o	X_s	$h^2\%$	GS	GS%
NC	4,44	4,97	67,35	0,35	7,92
PC	3,30	3,61	81,81	0,25	7,81
B	21,96	21,49	83,74	-0,39	-1,78
GANHO TOTAL					13,95
CRUZAMENTOS SELECIONADOS: 9 - 10 - 14 - 4 - 5 - 3					

b) Seleção direta sobre peso de colmos

CARÁTER	X_o	X_s	$h^2\%$	GS	GS%
NC	4,44	4,77	67,35	0,21	4,89
PC	3,30	3,79	81,81	0,40	12,19
B	21,96	22,04	83,74	0,06	0,3
GANHO TOTAL					17,38
CRUZAMENTOS SELECIONADOS: 10 - 4 - 9 - 8 - 5 - 1					

c) Seleção direta sobre Brix

CARÁTER	X_o	X_s	$h^2\%$	GS	GS%
NC	4,47	4,51	67,35	0,04	0,95
PC	3,30	3,43	81,81	0,10	3,31
B	21,96	22,96	83,74	0,83	3,82
GANHO TOTAL					8,08
CRUZAMENTOS SELECIONADOS: 12 - 11 - 10 - 9 - 1 - 8					

Tabela 10 - Médias de dois locais dos tratamentos (cruzamentos) a nível familiar sobre a população original (X_o) e selecionada (X_s), herdabilidades no sentido amplo (coeficiente de determinação genotípica) (h^2), ganhos de seleção (GS e GS%) para seleção em tandem direta e indireta sobre os caracteres número de colmos (NC), peso de colmos (PC) e Brix (B). Cruzamentos selecionados em Araras (SP) e Uberlândia (MG).

a) Seleção direta sobre número de colmos

CARÁTER	X_o	X_s	$h^2\%$	GS	GS%
NC	5,78	6,31	83,74	0,44	7,71
PC	5,71	5,97	91,91	0,23	4,16
B	21,12	20,67	87,06	-0,39	-1,88
GANHO TOTAL					9,99
CRUZAMENTOS SELECIONADOS: 10 - 5 - 14 - 4 - 3 - 9					

b) Seleção direta sobre peso de colmos

CARÁTER	X_o	X_s	$h^2\%$	GS	GS%
NC	5,78	6,07	83,74	0,24	4,24
PC	5,71	6,36	91,91	0,59	10,38
B	21,12	20,93	87,06	-0,16	-0,8
GANHO TOTAL					13,82
CRUZAMENTOS SELECIONADOS: 10 - 13 - 4 - 9 - 5 - 1					

c) Seleção direta sobre Brix

CARÁTER	X_o	X_s	$h^2\%$	GS	GS%
NC	5,78	5,63	83,74	-0,12	-2,23
PC	5,71	5,82	91,91	0,10	1,77
B	21,12	21,89	87,06	0,66	3,15
GANHO TOTAL					2,69
CRUZAMENTOS SELECIONADOS: 12 - 11 - 10 - 1 - 7 - 9					

Tabela 11 - Seleção em um local e na média dos dois locais; progressos e respostas esperadas no mesmo, um outro local e na média dos dois locais em relação aos caracteres número de colmos (NC), peso de colmos (PC) e Brix (B). Locais: Araras (A) e Uberlândia (U), Média ($\overline{AU}$).

CARÁTER SOB SELEÇÃO	SELEÇÃO EM	GANHO EM	GANHOS TOTAIS (%)	GANHOS DE SELEÇÃO (%)		
				NC	PC	B
NC	A	A	7,10	6,65	1,53	-1,08
	U	U	13,95	7,92	7,81	-1,78
	A	U	8,74	4,49	6,66	-2,41
	U	A	5,20	5,90	2,21	-2,91
	$\overline{AU}$	$\overline{AU}$	9,99	7,71	4,16	-1,88
	$\overline{AU}$	A	6,64	5,94	2,16	-1,46
	$\overline{AU}$	U	13,85	7,88	7,73	-1,76
PC	A	A	12,03	2,87	9,70	-0,54
	U	U	17,38	4,89	12,19	0,30
	A	U	9,35	2,47	7,98	-1,00
	U	A	9,67	3,37	6,64	-0,34
	$\overline{AU}$	$\overline{AU}$	13,82	4,24	10,38	-0,80
	$\overline{AU}$	A	10,95	2,83	9,00	-0,88
	$\overline{AU}$	U	14,76	4,19	11,03	-0,46
B	A	A	0,44	-2,75	0,84	2,35
	U	U	8,08	0,95	3,31	3,82
	A	U	0,37	-2,70	0,61	2,46
	U	A	-1,47	-3,93	0,90	1,48
	$\overline{AU}$	$\overline{AU}$	2,69	-2,23	1,77	3,15
	$\overline{AU}$	A	-0,84	-3,71	0,99	1,88
	$\overline{AU}$	U	7,61	0,45	3,13	3,58

Tabela 12 - Comparação entre médias de kg de Brix/plântula para Uberlândia ($\bar{X}_U$), Araras ($\bar{X}_A$) e dos dois locais ($\bar{X}_{A-U}$); índice de seleção fenotípica (%).

TRATAMENTOS	UBERLÂNDIA		ARARAS		$\bar{X}_{A-U}$
	$\bar{X}_U$	Sel. fenot. (%)	$\bar{X}_A$	Sel. fenot. (%)	
1. NA56-79 x RB72454	0,78	5,00	1,76	1,67	1,27
2. RB72454 x NA56-79	0,68	14,20	1,84	5,83	1,26
3. RB72454 x IAC51-205	0,56	5,83	1,45	6,67	1,01
4. IAC51-205 x RB72454	0,81	3,33	1,76	5,83	1,29
5. IAC51-205 x NA56-79	0,76	7,56	1,71	6,67	1,23
6. NA56-79 x IAC51-205	0,51	1,67	1,25	0,83	0,88
7. NA56-79 x RB735275	0,50	5,83	1,32	5,83	0,91
8. RB735275 x NA56-79	0,77	3,33	1,69	5,83	1,23
9. RB72454 x SP70-1143	0,88	15,00	1,74	13,30	1,31
10. SP70-1143 x RB72454	1,02	13,30	2,08	14,20	1,55
11. RB72454 x TUC71-7	0,80	7,50	1,77	5,83	1,29
12. TUC71-7 x RB72454	0,72	7,50	1,72	1,67	1,22
13. H61-4731 x IAC49-131	0,69	5,00	1,87	5,00	1,28
14. IAC49-131 x H61-4731	0,62	3,33	1,36	5,00	0,99

Obs.: Os melhores tratamentos em kg de Brix/plântula para Araras, médias dos dois locais e Uberlândia em ordem decrescente de produção foram:

$$\text{kg Brix/plântula} \begin{cases} A & 10 - 13 - 2 - 11 - 4 - 1 \\ \bar{X}_{A-U} & 10 - 9 - 11 - 4 - 13 - 1 \\ U & 10 - 9 - 4 - 11 - 1 - 8 \end{cases}$$

8. APÊNDICES

A P Ê N D I C E 1

Dados pluviométricos em mm obtidos nos anos de 1985, 1986 e 1987, para Araras (SP) e Uberlândia (MG).

Araras

MESES	ANO		
	1985	1986	1987
Janeiro	333,20	221,20	219,60
Fevereiro	144,60	243,60	89,00
Março	113,20	226,80	100,60
Abril	174,80	24,80	85,80
Maio	34,80	89,20	195,60
Junho	20,60	-	35,80
Julho	-	28,20	16,60
Agosto	9,40	110,00	10,20
Setembro	33,60	28,40	116,30
Outubro	3,60	58,00	105,20
Novembro	184,20	120,20	158,00
Dezembro	157,00	337,20	214,60

Uberlândia

MESES	ANO		
	1985	1986	1987
Janeiro	445,60	178,10	266,00
Fevereiro	111,20	102,40	167,40
Março	341,80	169,00	-
Abril	44,40	63,20	26,40
Maio	36,80	78,60	43,60
Junho	0,00	0,00	17,00
Julho	0,00	30,20	-
Agosto	0,00	88,10	0,38
Setembro	65,40	31,50	22,70
Outubro	76,60	62,70	8,31
Novembro	190,00	-	-
Dezembro	234,40	420,20	412,20

A P Ê N D I C E 2

Dados pluviométricos em mm obtidos com observações de 35 anos, em Formosa, GO, área de cerrado e médias de 28 anos em Araras, SP, área tradicional.

MESES	PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm)	
	FORMOSA-GO	ARARAS-SP
Janeiro	271,9 (33,4)	238,5
Fevereiro	204,2	205,6 (1,4)
Março	220,6 (51,5)	169,1
Abril	42,7	61,4 (18,7)
Maio	17,0	46,4 (29,4)
Junho	3,2	36,4 (33,2)
Julho	5,5	24,5 (19)
Agosto	2,5	27,9 (25,4)
Setembro	30,0 (29,4)	59,4
Outubro	127,1	133,3 (6,2)
Novembro	255,3 (108,7)	146,6
Dezembro	342,5 (113,1)	229,4
ANO	1.572,5 (294)	1.278,5

() Diferenças observadas entre os ambientes.