

# MELHORAMENTO GENÉTICO VEGETAL

## SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DIPLÓIDES (AA) DE BANANEIRA COM BASE EM TRÊS ÍNDICES NÃO PARAMÉTRICOS <sup>(1)</sup>

LAURO SARAIVA LESSA <sup>(2)</sup>; CARLOS ALBERTO DA SILVA LEDO <sup>(3\*)</sup>; VANDERLEI DA SILVA SANTOS <sup>(3)</sup>; SEBASTIÃO DE OLIVEIRA E SILVA <sup>(3)</sup>; CLÓVIS PEREIRA PEIXOTO <sup>(4)</sup>

### RESUMO

Objetivou-se selecionar híbridos diplóides (AA) de bananeira com base em três índices não paramétricos, a fim de orientar a seleção e aumentar o aproveitamento da variabilidade existente no Banco de Germoplasma de Bananeira da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Foram avaliados 11 híbridos, no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas constituíram-se de seis plantas, espaçadas de 2,5 m x 2,5 m, tendo na bordadura plantas da cultivar Pacovan. Tomaram-se dados dos seguintes caracteres: altura da planta, diâmetro do pseudocaule, número de filhos na floração, número de folhas na floração, ciclo da planta do plantio à emissão do cacho, presença de pólen, número de pencas, número de frutos, comprimento do fruto e resistência à Sigatoka-amarela. As médias desses 10 caracteres foram empregadas no cálculo dos índices multiplicativos, de soma de classificação e da distância genótipo-ideótipo. Os dois híbridos de melhor desempenho geral, o SH3263 e o 1318-01, foram classificados, respectivamente, em primeiro e segundo lugares pelos índices multiplicativos e de soma de classificação, enquanto o índice da distância genótipo-ideótipo os classificou em primeiro e quarto lugares respectivamente. Embora os três índices tenham demonstrado uma boa correspondência entre o desempenho geral dos híbridos e a sua classificação, os índices multiplicativo e de soma de classificação propiciaram classificação mais adequada desses híbridos.

**Palavras-chave:** *Musa* spp, variabilidade, índice de seleção.

### ABSTRACT

#### SELECTION OF (AA) DIPLOID BANANA HYBRIDS USING THREE NON-PARAMETRIC INDICES

The objective of the present study was to select diploids (AA) hybrids of banana based on three non-parametric indices as to guide the selection and increase the use of the variability present in the Banana Germplasm Bank of Embrapa Cassava and Tropical Fruits. Eleven hybrids were evaluated in random blocks with four replicates. The plots consisted of six plants spaced 2.5 m x 2.5 m whereas the border rows were from the Pacovan cultivar. The following characteristics were evaluated: plant height, pseudostem diameter, number of suckers, number of leaves during flowering, plant cycle from planting to bunch emission, presence of pollen, number of hands, number of fruits, fruit length and yellow-Sigatoka resistance. The average of these ten characteristics was used for calculating the multiplicative indices of sum of classification and genotype-ideotype distance. The two hybrids presenting best global performance SH3263 and 1318-01 ranked respectively, first and second by the multiplicative indices and sum of classification whereas the genotype-ideotype distance index ranked them first and fourth. Although in general, all three indexes presented good coherence between general performance of the hybrids and their classification, the multiplicative and sum of classification indexes provided a more adequate classification of these hybrids.

**Key words:** *Musa* spp., variability, selection indices.

<sup>(1)</sup> Parte de Dissertação de mestrado do primeiro autor. Recebido para publicação em 13 de novembro de 2008 e aceito em 15 de março de 2010.

<sup>(2)</sup> Embrapa Acre, BR 364, Km 14, sentido Porto Velho – RO, 69908-970 Rio Branco (AC).E-mail: laurolessa@cpafac.embrapa.br;

<sup>(3)</sup> Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Caixa Postal 007, 44.380-000 Cruz das Almas (BA). Bolsista de produtividade de pesquisa do CNPq. E-mail: ledo@cnpmf.embrapa.br (\*) Autor correspondente; vssantos@cnpmf.embrapa.br; ssilva@cnpmf.embrapa.br;

<sup>(4)</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 44.380-000 Cruz das Almas (BA). E-mail: cppeixot@ufrb.edu.br

## 1. INTRODUÇÃO

Os grandes centros de pesquisa em bananeira no mundo usam os diplóides como base para melhoramento, uma vez que os triplóides possuem limitações de esterilidade (ROWER, 1999). A importância dos diplóides resulta da presença de características de interesse agrônomo, como resistência a doenças. Todavia, os acessos, silvestres ou melhorados, em geral têm deficiências, como falta de partenocarpia, poucas pencas, dedos demasiadamente pequenos, suscetibilidade a uma ou outra doença, e porte muito elevado (SILVA et al., 2001). Assim, esses diplóides (AA) são cruzados com triplóides comerciais (AAB), para a obtenção de tetraplóides (AAAB) (SILVA et al., 2002).

Como a obtenção de um genótipo com média aceitável em vários caracteres não é fácil, é necessário que se utilizem métodos que facilitem a seleção. Para possibilitar a seleção simultânea de caracteres, desenvolveram-se os índices de seleção, os quais se constituem em um caráter adicional, estabelecido por meio da combinação ótima de vários caracteres, que permite efetuar de maneira eficiente a seleção simultânea de caracteres (CRUZ e REGAZZI, 2001; VILARINHO et al., 2003).

O primeiro índice de seleção foi desenvolvido por SMITH (1936). Esse, assim como outros desenvolvidos depois, para uso em situações específicas (LIN, 1978; GARCIA e SOUSA JÚNIOR, 1999), requer estimativas de parâmetros, e por essa razão, são denominados índices paramétricos (VILARINHO et al., 2003). Por isso, o emprego desses índices é apropriado quando os genótipos formam uma amostra aleatória.

Há outro grupo, o dos não-paramétricos, que não requerem essas estimativas; esses, pelo menos teoricamente, podem ser aplicados tanto a amostras aleatórias, quanto a genótipos selecionados (Amostra fixa). E, embora não sejam genótipos comerciais, os híbridos diplóides avaliados nesse trabalho são uma amostra fixa, e por isso, aplicaram-se os índices não paramétricos, apresentados a seguir.

ELSTON (1963) desenvolveu o índice multiplicativo, que não requer o uso de pesos econômicos e estimativas de parâmetros genéticos. Esse índice classifica os genótipos para todos os caracteres ao mesmo tempo, permitindo depois de efetuar a seleção exclusivamente com base em um único valor, com a vantagem de prescindir de estimativas e pesos, nem sempre existente (GARCIA e SOUZA JÚNIOR, 1999).

MULAMBA e MOCK (1978) desenvolveram o índice de soma de classificação, que é de fácil aplicabilidade e baseia-se na classificação dos genótipos a partir da média de cada caráter, e em seguida, se obtém para

cada genótipo, a soma dos números relativos à sua classificação.

Já o índice com base na distância entre cada genótipo e um ideótipo, (Schwarzbach, 1972, citado por WRICKE e WEBER, 1986), consiste em fixar um valor ideal para cada caráter, criando desse modo, um genótipo ideal, ou ideótipo, que pode nem existir na população. Feito isso, obtém-se a diferença entre a média de cada caráter e o valor atribuído ao ideótipo, e finalmente, calcula-se, para cada genótipo, uma distância em relação a esse ideótipo, sendo essa distância o próprio índice.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de selecionar híbridos diplóides (AA) de bananeira com base na metodologia de três índices não paramétricos, de modo a orientar a seleção e aumentar o aproveitamento da variabilidade existente no Banco de Germoplasma de Bananeira da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido, em Cruz das Almas (BA), situada a 12°40'19" S 39°06'22" O e a 220 m de altitude. O clima é tropical quente e úmido, do tipo Aw a Am, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média de 24,5 °C e umidade relativa de 80%.

O solo do experimento é Latossolo Amarelo distrófico, bem drenado, profundo, de textura média e de teores médios de argila. A adubação foi feita com base na análise de solo e na recomendação para a cultura da bananeira (ALVES e OLIVEIRA, 1999).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, e a parcela útil constituiu-se de seis plantas, espaçadas de 2,5 m x 2,5 m, sendo a bordadura formada por plantas de Pacovan (AAB). Foram avaliados os seguintes 11 híbridos diplóides: 4279-06, TH03-01, 8987-01, 0323-03, 1318-01, 0116-01, 8694-20, 1304-06, 9179-03, 4223-06 e SH3263 (Tabela 1). A avaliação foi feita no primeiro ciclo de produção, sobre os 10 caracteres seguintes: altura de plantas (ALT - m); diâmetro do pseudocaule (DPC - cm); número de filhos na floração (NFI); número de folhas na floração (NFF); ciclo da planta do plantio à floração (CPE - dias); presença de pólen (POL); número de pencas (NPE); número de frutos (NFR); comprimento do fruto (CMF - cm), e; nota de incidência de Sigatoka-amarela na floração (SAM).

Inicialmente, os dados foram submetidos à análise de variância, por meio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000), e as médias assim obtidas, empregadas nos cálculos dos índices descritos abaixo.

**Tabela 1.** Códigos dos híbridos diplóides (AA) utilizados no experimento e seus respectivos genótipos parentais

Híbridos Diplóides**	Grupo Genômico	Parentais
4279-06	AA	M53 x 2803 (Tuu Gia x Calcutta)
TH03-01	AA	Terrinha x Calcutta
8987-01	AA	1318-01 (Malaccensis FHIA x Sinwobogi) x 0338-01(Calcutta x Heva)
0323-03	AA	Calcutta ( <i>M. acuminata</i> spp. <i>burmannica</i> ) x Cultivar sem nome
1318-01	AA	Malaccensis FHIA x Sinwobogi
0116-01	AA	Borneo x Guyod
8694-20	AA	0337-02 (Calcutta x Galeo) x SH32-63
1304-06	AA	Malaccensis x Madang ( <i>Musa acuminata</i> spp. <i>banksii</i> )
9179-03	AA	0116-01 (Borneo x Guyod)x 2803 (Tuu Gia x Calcutta)
4223-06	AA	M53 x Cultivar sem nome n° 2
SH32-63	AA	Híbrido selecionado em Honduras

\*\* Os dois primeiros números referem-se ao genitor feminino, os dois seguintes ao genitor masculino e os dois últimos ao número da seleção.

O índice multiplicativo; (ELSTON, 1963), dado pela expressão:

$$I_{Ei} = \log \prod_{j=1}^m (x_{ij} - k_j) = \log[(x_{i1} - k_1)(x_{i2} - k_2) \cdots (x_{im} - k_m)],$$

em que  $I_{Ei}$  denota o índice multiplicativo,  $X_{ij}$  é a média do caráter j, mensurado no genótipo i, e  $k_j$  é o menor valor

seleccionável  $\left( k_j = \frac{n(\text{mín. } x_{ij}) - \text{máx. } x_{ij}}{n-1} \right)$ ; n é o número de

genótipos, e mín.  $x_{ij}$  e máx.  $x_{ij}$  são, respectivamente, a menor e a maior médias do caráter j.

O índice de soma de classificação (MULAMBA e MOCK, 1978), dado pela expressão

$$\left( I_{MMi} = \sum_{j=1}^m n_{ij} \right),$$

em que  $I_{MMi}$  é o índice de soma de classificação, e  $n_{ij}$  é o número de classificação do genótipo i com relação ao caráter j.

No índice com base na distância genótipo-ideótipo (SCHWARZBACH, 1972, citado por WRICKE e WEBER, 1986), adotou-se a distância euclidiana

$$\left( D_{ii} = \sqrt{\sum_{j=1}^m d_{ij}^2} \right),$$

em que  $D_{ii}$  é a distância euclidiana entre o genótipo i e o ideótipo I, e  $d_{ij}$  é o desvio padronizado entre a média do caráter j, mensurada no genótipo i ( $x_{ij}$ ), e o valor

atribuído ao ideótipo nesse caráter ( $x_{ij}$ ), ou seja,  $d_{ij} = (x_{ij} - x_{ij}) / \sigma_j$ . A padronização evita que caracteres medidos em unidades maiores exerçam uma influência maior que os demais sobre o valor do índice, e conseqüentemente, sobre a classificação dos híbridos.

Na definição do ideótipo, necessário para o cálculo do índice da distância genótipo-ideótipo, optou-se por considerar o maior valor possível, no caso dos caracteres POL e SAM, os quais foram mensurados por meio de notas, e nos demais caracteres, considerou-se como ideal a maior média observada; a única exceção foi o caráter CPE, no qual se fixou uma média inexistente entre os híbridos avaliados. Seguem os valores atribuídos ao ideótipo: POL: nota 4,00 (escala de 1 a 4, sendo 1 = sem presença de pólen e 4 = abundância de pólen), SAM: nota 0,00 (escala 0 a 10, em que 0,00 = planta sem sintomas e 10,0 = folhas velhas e novas muito atacadas, STOVER, 1972), ALT: 1,62 m, NFI: 8,18 filhos, NPE: 11,18 pencas, NFR: 192,66 frutos, NFF: 12,40 folhas, DPC: 19,68 cm, CPE: 270,00 dias e CMF: 12,81 cm.

No caso dos índices multiplicativos e da distância genótipo-ideótipo, as médias de altura de plantas (ALT), ciclo do plantio à floração (CPE) e incidência de Sigatoka-amarela (SAM) foram multiplicadas por (-1), pelo fato de que nesses caracteres, os menores valores são os de interesse para a seleção, pois se espera como ideal que as plantas tenham ciclos curtos, ausência de doenças e menor altura.

A ordem de importância dos caracteres adotada neste trabalho foi à seguinte: POL=SAM>ALT=NFI=NPE=NFR>NFF>DPC=CPE>CMF. A importância da produção de pólen (POL) deve-se ao fato de que os diplóides, em sua maioria, produzem sementes, e por isso, não têm valor comercial, sendo sua utilidade em cruzamentos com os triplóides, para a obtenção de tetraplóides. Por sua vez, a resistência à Sigatoka-

amarela (SAM) é importante por ser uma das doenças mais graves da bananeira no Brasil, ocorrendo em todo o país (CORDEIRO, 1999).

Após a aplicação de todos os passos para o cálculo de cada índice, efetuou-se a classificação dos genótipos, com base nas recomendações de GARCIA e SOUZA JÚNIOR (1999).

Obtidos os índices, calcularam-se os coeficientes de correlação de Spearman entre índices para verificar o grau de concordância entre eles, e testou-se a significância das estimativas a 1% e a 5% de probabilidade (COSTA NETO, 2002).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os caracteres, os tratamentos (híbridos diplóides) ocorreram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade, segundo o teste F, indicando a existência de variabilidade entre os híbridos, o que é essencial para se efetuar a seleção de diplóides superiores (SILVA et al., 2002).

Os coeficientes de variação experimental foram os seguintes: 4,72% (ALT); 5,05% (DPC); 21,73% (NFI); 10,68% (NFF); 8,08% (CPE); 17,15% (POL); 8,16% (NPE); 9,86% (NFR); 9,92% (CMF) e 14,86% (SAM). Valores semelhantes de C.V. foram observados por DONATO et al. (2006), trabalhando com 13 genótipos de bananeira.

Assim, o híbrido SH3263, classificado em primeiro lugar pelo índice multiplicativo (Tabela 2), é de fato um genótipo selecionável, uma vez que proporcionou a melhor média nos caracteres POL (nota 3,79), SAM (nota 2,04), NPE (11,18 pencas), NFR (192,66 frutos) e DPC (19,68 cm); suas médias altas de altura da planta (ALT; 2,54 m) e ciclo do plantio à emissão do cacho (CPE; 409,02 dias), que o levaram a ser classificado em 10.º lugar em ambos os caracteres não são um problema insolúvel, apesar da grande importância do caráter ALT, uma vez que em cruzamentos com os triplóides, poderão ser selecionados híbridos tetraplóides com médias adequadas desses caracteres.

Por sua vez, o híbrido 1318-01 foi classificado em segundo lugar pelo índice, com o seguinte desempenho nos caracteres mais importantes: 2.º quanto à POL (nota 3,62), 11.º quanto a SAM (nota 3,53), 6.º em ALT (2,11 m), 4.º em NFI (4,87 filhos), 6.º em NPE (6,14 pencas) e 5.º em NFR (103,37 frutos). A maior, e, portanto, pior nota de resistência à Sigatoka-amarela (SAM) desse híbrido pode ser relativizada, por não ser tão alta (3,53), em comparação com a nota 10, a maior possível na escala adotada.

O híbrido 0116-01, classificado em terceiro lugar pelo índice, com boa média de POL (nota 3,54; 3.º), foi razoável em SAM (nota 3,18; 5.º); entretanto, foi classificado em 7.º em ALT (2,13 m), 9.º em NFI (3,84

**Tabela 2.** Médias originais ( $\bar{x}$ ) e centradas ( $x_j - k_j$ ) dos caracteres presença de pólen (POL), nota de resistência à Sigatoka-amarela (SAM), altura de plantas (ALT), número de filhos na floração (NFI), número de pencas (NPE), número de frutos (NFR), número de folhas na floração (NFF), diâmetro do pseudocaule (DPC), ciclo do plantio à emissão do cacho (CPE) e comprimento do fruto (CMF) para o cálculo do Índice multiplicativo ( $I_E$ ) em híbridos diplóides (AA) de bananeira

híbridos	POL		SAM		ALT		NFI		NPE		NFR		NFF		DPC		CPE		CMF		$I_E$
	$\bar{x}$	$x_j - k_j$	$\bar{x}$	$x_j - k_j$	$\bar{x}$	$x_j - k_j$	$\bar{x}$	$x_j - k_j$	$\bar{x}$	$x_j - k_j$	$\bar{x}$	$x_j - k_j$	$\bar{x}$	$x_j - k_j$	$\bar{x}$	$x_j - k_j$	$\bar{x}$	$x_j - k_j$	$\bar{x}$	$x_j - k_j$	
SH3263	3,79	2,04	2,04	1,63	2,54	0,18	3,95	2,40	11,18	6,32	192,66	141,90	10,75	1,72	19,68	7,78	409,02	14,06	11,50	2,37	5,76
1318-01	3,62	1,87	3,53	0,14	2,11	0,61	4,87	3,32	6,14	1,28	103,37	52,61	12,03	3,00	13,55	1,65	334,96	88,12	12,81	3,68	4,79
0116-01	3,54	1,79	3,18	0,49	2,13	0,59	3,84	2,29	9,16	4,30	148,79	98,03	10,17	1,14	13,14	1,24	341,28	81,80	10,08	0,95	4,75
1304-06	3,00	1,25	3,39	0,28	2,35	0,37	5,22	3,67	8,97	4,11	155,33	104,57	9,33	0,30	13,97	2,07	346,39	76,69	11,14	2,01	4,32
8694-20	2,55	0,80	3,29	0,38	1,62	1,09	4,34	2,79	6,00	1,14	96,83	46,07	10,15	1,12	13,92	2,02	318,85	104,23	10,59	1,46	4,24
8987-01	3,41	1,66	3,00	0,67	1,82	0,89	2,15	0,60	6,10	1,24	97,64	46,88	11,93	2,90	12,91	1,01	339,80	83,28	10,55	1,42	4,09
9179-03	2,29	0,54	3,33	0,34	1,85	0,86	4,43	2,88	6,98	2,12	127,39	76,63	11,28	2,25	14,02	2,12	328,58	94,50	9,46	0,33	4,07
4223-06	3,50	1,75	2,05	1,62	2,62	0,10	6,25	4,70	6,25	1,39	95,75	44,99	10,00	0,97	13,85	1,95	412,00	11,08	11,73	2,60	3,66
0323-03	2,00	0,25	3,47	0,20	2,22	0,50	8,18	6,63	5,88	1,02	84,44	33,68	10,92	1,89	14,73	2,83	355,75	67,33	10,90	1,77	3,59
TH03-01	1,93	0,18	3,19	0,48	1,83	0,88	4,20	2,65	5,46	0,60	63,66	12,90	12,40	3,37	12,60	0,70	301,11	121,97	12,75	3,62	3,24
4279-06	2,00	0,25	3,04	0,63	1,90	0,81	3,76	2,21	5,43	0,57	88,64	37,88	9,73	0,70	14,30	2,40	360,46	62,62	10,36	1,23	2,92
$k_j$	1,744	1,891	2,72	1,547	4,855	50,76	9,023	11,892	290,021	9,125											



filhos), 7.º em NFF (10,17 folhas), 9.º em DPC (13,14 cm) e 10.º em CMF (10,08 cm).

O quarto colocado pelo índice multiplicativo, o híbrido 1304-06, foi 6.º colocado em POL (nota 3,00), 9.º em SAM (nota 3,39), 9.º em ALT (2,35 m) e 11.º em NFF (9,33 folhas).

Observa-se que entre esses quatro híbridos de melhor classificação pelo índice multiplicativo, estão à primeira, segunda e terceira melhores médias de POL. Com relação à SAM, entretanto, a situação não é tão favorável, uma vez que, com exceção do SH3263, primeiro classificado pelo índice e também em SAM, os três outros híbridos têm mal desempenho nesse caráter: o 1318-01 é décimo primeiro, o 0116-01 é quinto e o 1304-06 é 9.º colocado.

Nota-se assim, que dos quatro híbridos de melhor classificação pelo índice multiplicativo, o SH3263 e o 1318-01, respectivamente, primeiro e segundo, são realmente os de melhor desempenho geral.

Vê-se assim, que o índice multiplicativo classificou nas primeiras posições híbridos com melhor desempenho na produção de pólen (POL), que na resistência à Sigatoka-amarela (SAM). Embora o ideal fosse que os melhores valores dos dois caracteres estivessem associados, a situação não é tão ruim, uma vez que, embora eles sejam considerados como igualmente importantes nesse trabalho, um híbrido diplóide que seja suscetível à Sigatoka-amarela, caso o seu desempenho em outros caracteres justifique, pode ser cruzado com outros diplóides que tenham média adequada desse caráter, ao passo que sem produção de pólen, um diplóide não tem utilidade, a menos que o seu desempenho geral seja tão bom que permita que ele seja empregado per se, como uma cultivar.

Fazendo um exame das quatro melhores médias de SAM, observa-se que, exceto o SH3263 que, como já foi visto tem a melhor média desse caráter, os demais híbridos (4223-06, nota 2,05, 8987-01, nota 3,00 e 4279-06, nota 3,04) têm desempenho aquém do requerido em outros caracteres. O 4223-06, por exemplo, foi mal colocado em ALT (2,62 m; 11.º), NFR (95,75 frutos; 8.º), NFF (10,00 folhas; 9.º), DPC (13,85 cm; 7.º) e CPE (412,00 dias; 11.º). Por sua vez, o 8987-01 foi classificado em 11.º em NFI (2,15 filhos), 7.º em NPE (6,10 pencas), 10.º em DPC (12,91 cm) e 8.º em CMF (10,55 cm). Finalmente, o híbrido 4279-06 apresenta o seguinte desempenho: 9.º em POL (nota 2,00), 10.º em NFI (3,76 filhos), 11.º em NPE (5,43 pencas), 9.º em NFR (88,64 frutos), 10.º em NFF (9,73 folhas), 9.º em CPE (360,46 dias) e 9.º em CMF (10,36 cm). Esse exame do desempenho geral dos híbridos de melhores médias de resistência à Sigatoka-amarela (SAM) revela que eles, apesar do seu bom desempenho nesse caráter,

realmente não são selecionáveis, pelo menos para serem diretamente utilizados, isto é, em cruzamentos com os triplóides, em virtude do desempenho insuficiente em outros caracteres. As classificações desses híbridos pelo índice multiplicativo (4223-06: 8.º, 8987-01: 6.º e 4279-06: 11.º) refletem esse mau desempenho, demonstrando mais uma vez a correspondência muito boa entre o desempenho geral dos híbridos e suas classificações por esse índice. Esses resultados corroboram os obtidos por GRANATE et al. (2002), que trabalhando com predição de ganhos genéticos utilizando diferentes índices de seleção, em milho pipoca, concluíram que o índice multiplicativo estimou ganhos semelhantes aos dos índices propostos por PESEK e BAKER (1969); SMITH (1936); HAZEL (1943).

Se esses híbridos de melhor desempenho em SAM não são selecionáveis para uso direto em cruzamentos com os triplóides (exceto o SH3263), por outro lado, há a possibilidade de eles serem cruzados com outros diplóides; por exemplo, o 4223-06, além do bom desempenho em SAM (2.º), foi também segundo em NFI (6,25 filhos) e terceiro em CMF (11,73 cm), enquanto o 8987-01, além de terceiro em SAM, foi segundo em ALT (1,82 m), e terceiro em NFF (11,93 folhas). Esses dois híbridos poderiam ser cruzados, por exemplo, com o SH3263 e o 1318-01, de modo que se obtenham diplóides com desempenho geral melhor que o dos híbridos em estudo. Supondo então, o intercruzamento entre esses quatro híbridos (SH3263, 1318-01, 4223-06 e 8987-01), os dois últimos complementarizam o 1318-01 em SAM, o 4223-06 complementariza os outros três em NFI, o 8987-01 (2.º em ALT) contribuiria com os outros três nesse caráter, e juntamente com o 1318-01 doariam ao SH3263 e ao 4223-06 alelos favoráveis para o NFF.

O índice de soma de classificação (MULAMBA e MOCK, 1978) foi obtido por meio da soma do número relativo à classificação de um dado híbrido em cada caráter (Tabela 3). Para facilitar a interpretação dos resultados, ao lado de cada média está inserido o número de classificação (posto) correspondente. Por exemplo, o híbrido SH3263, primeiro classificado pelo índice em questão, foi o de melhor (maior) nota quanto à produção de pólen (POL), e por isso, a ele foi atribuído o número de classificação (ou posto) 1; no caráter resistência à Sigatoka-amarela (SAM), esse híbrido foi classificado em primeiro (posto 1), e finalmente, no caráter comprimento do fruto (CMF), o seu posto foi 4. Desse modo, o valor do índice desse híbrido é obtido somando-se esses postos, conforme pode ser visto na tabela 3.

A utilização deste índice é simples, não sendo necessário sequer ajustar as unidades dos caracteres, como no índice multiplicativo.

**Tabela 3.** Médias dos dados originais ( $\bar{x}$ ) e os postos dos caracteres presença de pólen (POL), nota de resistência à Sigatoka-amarela (SAM), altura de plantas (ALT), número de filhos na floração (NFI), número de pencas (NPE), número de frutos (NFR), número de folhas na floração (NFF), diâmetro do pseudocaulo (DPC), ciclo do plantio à emissão do cacho (CPE) e comprimento do fruto (CMF) para o cálculo do índice de soma de classificação ( $I_{MMi}$ ) em híbridos diplóides (AA) de bananeira

Híbridos	POL		SAM		ALT		NFI		NPE		NFR		NFF		DPC		CPE		CMF		$I_{MMi}$
	$\bar{x}$	posto	$\bar{x}$	posto	$\bar{x}$	posto	$\bar{x}$	posto	$\bar{x}$	posto	$\bar{x}$	posto	$\bar{x}$	posto	$\bar{x}$	posto	$\bar{x}$	posto	$\bar{x}$	posto	
SH3263	3,79	1	2,04	1	2,54	10	3,95	8	11,18	1	192,66	1	10,75	6	19,68	1	409,02	10	11,50	4	43
1318-01	3,62	2	3,53	11	2,11	6	4,87	4	6,14	6	103,37	5	12,03	2	13,55	8	334,96	4	12,81	1	49
9179-03	2,29	8	3,33	8	1,85	4	4,43	5	6,98	4	127,39	4	11,28	4	14,02	4	328,58	3	9,46	11	55
8694-20	2,55	7	3,29	7	1,62	1	4,34	6	6,00	8	96,83	7	10,15	8	13,92	6	318,85	2	10,59	7	59
8987-01	3,41	5	3,00	3	1,82	2	2,15	11	6,10	7	97,64	6	11,93	3	12,91	10	339,80	5	10,55	8	60
1304-06	3,00	6	3,39	9	2,35	9	5,22	3	8,97	3	155,33	2	9,33	11	13,97	5	346,39	7	11,14	5	60
0116-01	3,54	3	3,18	5	2,13	7	3,84	9	9,16	2	148,79	3	10,17	7	13,14	9	341,28	6	10,08	10	61
4223-06	3,50	4	2,05	2	2,62	11	6,25	2	6,25	5	95,75	8	10,00	9	13,85	7	412,00	11	11,73	3	62
TH03-01	1,93	11	3,19	6	1,83	3	4,20	7	5,46	10	63,66	11	12,40	1	12,60	11	301,11	1	12,75	2	63
0323-03	2,00	10	3,47	10	2,22	8	8,18	1	5,88	9	84,44	10	10,92	5	14,73	2	355,75	8	10,90	6	69
4279-06	2,00	9	3,04	4	1,90	5	3,76	10	5,43	11	88,64	9	9,73	10	14,30	3	360,46	9	10,36	9	79

De modo semelhante ao que ocorre com o índice multiplicativo, o índice de soma de classificação não permite a atribuição de pesos, para diferenciar os caracteres de acordo com a sua importância.

Observa-se na tabela 3 que os híbridos SH3263 e 1318-01 foram classificados, respectivamente, em 1.º e 2.º lugares, exatamente as mesmas posições em que foram classificados pelo índice multiplicativo (Tabela 2). A tendência de os dois índices classificarem os híbridos de maneira semelhante verifica-se também nas últimas posições; assim, o híbrido 4279-06 foi classificado em último lugar pelo índice multiplicativo (11.º) e pelo índice de soma de classificação (10.º). Nesse índice, os híbridos 1304-06 e 8987-01 foram classificados na 5.ª posição, razão pela qual o híbrido 4279-06 foi classificado em 10.º, e não em 11.º. Esses dois híbridos (1304-06 e 8987-01) foram classificados, respectivamente, em 4.º e 6.º lugares, pelo índice multiplicativo (Tabela 2), o que mostra mais uma vez, a semelhança entre as classificações dos híbridos, pelos dois índices. Esse fator pode ser visto também por meio do valor da correlação de Spearman (0,83), significativo a 1%.

No cálculo do índice proposto por Schwarzbach (1972), citado por WRICKE e WEBER (1986), o qual representa a distância entre cada genótipo em teste e um genótipo idealizado pelo melhorista, empregou-se a distância euclidiana (Tabela 4). Não se atribuíram pesos aos caracteres, embora isso seja possível neste índice, o que representa uma vantagem dele sobre os índices

multiplicativos e de soma de classificação (GARCIA e SOUZA JÚNIOR, 1999).

Como nesse trabalho, todos os valores atribuídos ao ideótipo, ou são extremos (o maior ou menor valor conforme o interesse seja por aumentar ou diminuir a média do caráter), ou situados fora do intervalo compreendido pelas médias, em nenhum caráter ocorrem desvios positivos e negativos. Nesse contexto, um desvio negativo significa que o valor atribuído ao ideótipo é maior que a média em questão ( $x_{ij} > \bar{x}_{ij} \Rightarrow d_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_{ij}) < 0$ ), ou seja, indica os caracteres cujas médias se deseja aumentar. Os desvios positivos indicam o oposto, e os nulos correspondem aos valores extremos, atribuídos ao ideótipo (a menor das médias de ALT, caráter no qual interessam as menores médias, e as maiores médias de NFI, NPE, NFR, NFF, DPC e CMF).

Os valores de POL, SAM e CPE não possuem desvios nulos, em razão de que, neles, os valores atribuídos ao ideótipo não pertencem ao intervalo compreendido pelas médias dos 11 híbridos. A POL foi mensurada em uma escala de notas variável de 1 a 4, sendo tanto maior a nota quanto maior a quantidade de pólen produzida pelo híbrido; por essa razão, definiu-se como valor ideal a nota 4, enquanto as 11 médias variaram de 1,93 a 3,79. O mesmo ocorreu com a SAM, medida por meio de uma escala de notas de 0 a 10; nesse caso, as médias variaram de 2,04 a 3,53, sendo portanto, todas maiores que 0, o valor atribuído ao ideótipo nesse caráter. Finalmente, todos os desvios de CPE são

**Tabela 4.** Médias originais ( $\bar{x}$ ) e desvios ( $d_{ij}$ ) dos caracteres presença de pólen (POL), nota de resistência à Sigatoka-amarela (SAM), altura de plantas (ALT), número de filhos na floração (NFI), número de pencas (NPE), número de frutos (NFR), número de folhas na floração (NFF), diâmetro do pseudocaulo (DPC), ciclo do plantio à emissão do cacho (CPE) e comprimento do fruto (CMF) para o cálculo da distância euclidiana do genótipo ao ideótipo ( $D_{ij}$ ) em híbridos diplóides (AA) de bananeira

Híbridos	POL		SAM		ALT		NFI		NPE		NFR		NFF		DPC		CPE		CMF		$D_{ij}$
	$\bar{x}$	$d_{ij}$	$\bar{x}$	$d_{ij}$	$\bar{x}$	$d_{ij}$	$\bar{x}$	$d_{ij}$	$\bar{x}$	$d_{ij}$	$\bar{x}$	$d_{ij}$	$\bar{x}$	$d_{ij}$	$\bar{x}$	$d_{ij}$	$\bar{x}$	$d_{ij}$	$\bar{x}$	$d_{ij}$	
SH3263	3,79	-0,29	2,04	3,91	2,54	2,87	3,95	-2,73	11,18	0,00	192,66	0,00	10,75	-1,62	19,68	0,00	409,02	4,06	11,50	-1,24	7,20
4223-06	3,50	-0,68	2,05	3,93	2,62	3,12	6,25	-1,25	6,25	-2,63	95,75	-2,56	10,00	-2,36	13,85	-3,06	412,00	4,15	11,73	-1,03	8,60
0116-01	3,54	-0,63	3,18	6,10	2,13	1,59	3,84	-2,81	9,16	-1,08	148,79	-1,16	10,17	-2,19	13,14	-3,43	341,28	2,08	10,08	-2,59	8,84
1318-01	3,62	-0,52	3,53	6,77	2,11	1,53	4,87	-2,14	6,14	-2,69	103,37	-2,36	12,03	-0,36	13,55	-3,21	334,96	1,90	12,81	0,00	8,94
1304-06	3,00	-1,36	3,39	6,50	2,35	2,28	5,22	-1,91	8,97	-1,18	155,33	-0,99	9,33	-3,02	13,97	-2,99	346,39	2,23	11,14	-1,59	9,00
9179-03	2,29	-2,33	3,33	6,39	1,85	0,72	4,43	-2,42	6,98	-2,24	127,39	-1,72	11,28	-1,10	14,02	-2,97	328,58	1,71	9,46	-3,18	9,15
8694-20	2,55	-1,97	3,29	6,31	1,62	0,00	4,34	-2,48	6,00	-2,76	96,83	-2,53	10,15	-2,21	13,92	-3,02	318,85	1,43	10,59	-2,11	9,19
8987-01	3,41	-0,80	3,00	5,75	1,82	0,62	2,15	-3,90	6,10	-2,71	97,64	-2,51	11,93	-0,46	12,91	-3,55	339,80	2,04	10,55	-2,15	9,20
TH03-01	1,93	-2,82	3,19	6,12	1,83	0,66	4,20	-2,57	5,46	-3,05	63,66	-3,41	12,40	0,00	12,60	-3,71	301,11	0,91	12,75	-0,06	9,38
0323-03	2,00	-2,72	3,47	6,66	2,22	1,87	8,18	0,00	5,88	-2,83	84,44	-2,86	10,92	-1,45	14,73	-2,60	355,75	2,51	10,90	-1,81	9,48
4279-06	2,00	-2,72	3,04	5,83	1,90	0,87	3,76	-2,86	5,43	-3,06	88,64	-2,75	9,73	-2,62	14,30	-2,82	360,46	2,64	10,36	-2,33	9,72
Ideótipo ( $x_{ij}$ )	nota 4,00		nota 0,00		1,62 m		8,18 filhos		11,18 pencas		192,66 frutos		12,40 folhas		19,68 cm		270 dias		12,81 cm		

positivos, pois todos os híbridos avaliados tiveram ciclo do plantio à emergência do cacho maior que um ciclo considerado ideal para essa cultura, em torno dos 270 dias, valor atribuído ao ideótipo nesse caráter.

Para calcular a distância euclidiana, os desvios são elevados ao quadrado, e desse modo, seu sinal não tem influência sobre o valor da distância, o qual depende da magnitude dos desvios. Assim, é fácil perceber que quanto menores os desvios, isto é, quanto mais próxima cada média for do valor atribuído ao ideótipo, menor será o valor da distância desse genótipo. Desse modo, no índice da distância genótipo-ideótipo, assim como nos outros dois índices empregados neste trabalho, os menores valores do índice devem corresponder aos melhores genótipos.

O índice da distância genótipo-ideótipo (Tabela 4) classificou nas primeiras posições os híbridos SH3263 (1.º), 4223-06 (2.º), 0116-01 (3.º) e 1318-01 (4.º). Desses, apenas o SH3263 foi classificado na mesma posição pelos três índices (Tabelas 2, 3 e 4).

O 4223-06, que como já foi discutido, possui desempenho aquém do ideal em vários caracteres, foi classificado em 8.º pelo índice multiplicativo e em 7.º pelo índice de soma de classificação. Os híbridos 4223-06 e 0116-01, como apresentado no contexto do índice multiplicativo, possuem deficiências em caracteres

importantes, não sendo selecionáveis. O 1318-01 é o híbrido de melhor desempenho geral, depois do SH3263, e assim, o fato de os índices multiplicativo e de soma de classificação o terem classificado em 2.º lugar, enquanto o índice da distância genótipo-ideótipo o classificou em 4.º, indica uma ligeira vantagem desses dois índices sobre o da distância genótipo-ideótipo.

De fato, a correlação entre o índice multiplicativo e o de soma de classificação (0,83) foi a maior das três. As correlações entre o índice multiplicativo e o da distância genótipo-ideótipo (0,76), e entre o índice de soma de classificação e o da distância genótipo-ideótipo (0,63), embora significativas a 1%, são de menos magnitude, demonstrando a maior semelhança entre as classificações propiciadas pelos índices multiplicativos e de soma de classificação.

Um índice de seleção é uma tentativa de resumir em um único número, informações de vários caracteres, de modo que os melhores valores do índice discriminem os melhores genótipos, na média dos caracteres que estejam sendo considerados. Entretanto, essa não é uma tarefa fácil, pois, mesmo que o melhorista tenha bom conhecimento da cultura, que lhe permita definir com precisão os objetivos a serem perseguidos, e conhecimento suficiente da teoria referente aos índices de seleção, sempre poderá existir uma terceira



dificuldade, que são as correlações entre os caracteres, quando ocorrem em sentido inverso aos interesses do melhorista. Assim, em razão dessas correlações indesejáveis, dificilmente um genótipo terá uma média adequada em todos os caracteres, e como o índice não cria, apenas discrimina – ou pelo menos deve discriminar – os melhores genótipos, deduz-se que dificilmente haverá uma correspondência perfeita entre os melhores valores do índice e os melhores genótipos, considerando todos os caracteres, pelo fato de que pode não haver na população em estudo, nenhum genótipo que reúna em si as melhores médias de todos os caracteres mais importantes para a cultura em questão. Entre os 11 híbridos avaliados neste trabalho, por exemplo, nenhum tem desempenho adequado em todos os caracteres. O híbrido SH3263, o que mais se aproxima desse ideal, com a melhor média nos caracteres POL, SAM, NPE, NFR e DPC, foi, por outro lado, 10.º colocado em ALT e CPE. Entretanto, examinando os quatro híbridos mais bem classificados em ALT, observa-se que o seu desempenho nos demais caracteres de maior importância tendeu a ser muito ruim: o 8694-20 foi 7.º em POL (nota 2,55) e SAM (nota 3,29), 8.º em NPE (6,00 pencas), 7.º em NFR (96,83 frutos) 8.º em NFF (10,15 folhas) e 7.º em CMF (10,59 cm); o 8987-01 tem a pior média de NFI (2,15 filhos), foi 7.º em NPE (6,10 pencas), 10.º em DPC (12,91 cm) e 8.º em CMF (10,55 cm); o TH03-01 foi 10.º em POL (nota 1,93), 7.º em NFI (4,20 filhos), 10.º em NPE (5,46 pencas), 11.º em NFR (63,66 frutos) e 11.º em DPC (12,60 cm), e o 9179-03 foi classificado em 8.º em POL (nota 2,29) e SAM (nota 3,33) e 11.º em CMF (9,46 cm).

Aplicando à CPE o mesmo raciocínio aplicado à ALT, vê-se que dos híbridos de melhores médias de CPE (TH03-01, 301,11 dias, 1.º; 8694-20, 318,85 dias, 2.º; 9179-03, 328,58 dias, 3.º; e 1318-01, 334,96 dias, 4.º, excetuando-se o 1318-01, os demais possuem médias aquém do requerido, em caracteres de importância fundamental, conforme visto com relação à ALT. Por sua vez, o híbrido 1318-01, que ficou em segundo melhor desempenho geral, e foi classificado em 2.º lugar pelos índices multiplicativos de soma de classificação, foi 11.º em SAM, caráter de importância fundamental, em se tratando de diplóides.

A análise, efetuada no contexto do índice multiplicativo, do desempenho geral dos híbridos de melhores médias desse caráter (SAM), leva à constatação de que esses revelam médias inadequadas de alguns dos caracteres mais importantes, razão pela qual foram justamente classificados em posições inferiores.

Essa análise das melhores médias de ALT, SAM e CPE, ao mostrar as deficiências dos híbridos de melhor desempenho nesses caracteres, em outros caracteres de grande importância para a cultura da bananeira, reforça, por outro lado, a afirmação de que os híbridos

SH3263 e 1318-01 são os dois melhores, considerando os 10 caracteres empregados no cálculo do índice.

Esses dois híbridos foram classificados nas duas primeiras posições, pelos índices multiplicativos (Tabela 2) e de soma de classificação (Tabela 3). O índice da distância genótipo-ideótipo (Tabela 4) classificou o SH3263 em primeiro lugar, como os outros dois índices; entretanto, o 1318-01 foi classificado na 4.ª posição, enquanto o 4223-06, classificado na 2.ª posição, com desempenho aquém do desejável em vários caracteres, como já foi visto. Esse híbrido foi classificado em 8.º lugar pelo índice multiplicativo e em 7.º pelo índice de soma de classificação.

A seleção através de índices é muito promissora para o melhoramento, no entanto, o melhorista deve observar qual metodologia se adapta melhor ao seu estudo, permitindo levar em consideração caracteres importantes, minimizando erros que podem gerar resultados insatisfatórios.

#### 4. CONCLUSÕES

1. Os híbridos SH3263 e 1318-01 podem ser selecionados para cruzamentos com os triplóides comerciais, em virtude do seu bom desempenho na maioria dos caracteres de maior importância para a cultura.

2. Os índices multiplicativos (ELSTON, 1963), de soma de classificação (MULAMBA e MOCK, 1978) e da distância genótipo-ideótipo (SCHWARZBACH, 1972, citado por WRICKE e WEBER, 1986) são eficientes em classificar os híbridos diplóides de bananeira. Entretanto, os dois primeiros índices propiciam uma classificação mais adequada desses híbridos.

#### REFERÊNCIAS

- ALVES, E.J.; OLIVEIRA, M.A. Práticas culturais. In: ALVES, E.J. (Org.). **A cultura da Banana**: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2.ed. rev. Brasília: Embrapa – SPI/ Embrapa-CNPME, 1999. p.335–352.
- CORDEIRO, Z.J.M. Doenças. In: ALVES, E.J. (Org.). **A cultura da banana**: aspectos técnicos, sócio-econômicos e agroindustriais. 2.ed., rev. Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa-CNPME, 1999. p.353-407.
- COSTA NETO, P.L.O. **Estatística**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. 266p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. rev., Viçosa: UFV, 2001. 390p.
- DONATO, S.L.R.; SILVA, S.O.; LUCCA FILHO, O.A.; LIMA, M.B.; DOMINGUES, H.; ALVES, J. S. Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa spp.*), em dois ciclos



- de produção no sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.139-144, 2006.
- ELSTON, R.C. A weight free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, v.19, p.85-97, 1963.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., São Carlos, 2000. **Resumos...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p.255-258.
- GARCIA, A.A.F.; SOUZA JÚNIOR, C.L. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. **Bragantia**, v.58, p.253-267, 1999.
- GRANATE, M.J.; CRUZ, C.D.; PACHECO, C.A.P. Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho pipoca CMS-43. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1001-1008, 2002.
- HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v.28, p.476-490, 1943.
- LIN, C. Y. Index selection for genetic improvement of quantitative characters. **Theoretical and Applied Genetics**, v.52, p.49-56, 1978.
- MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the eto blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v.7, p.40-51, 1978.
- PESEK, J.; BAKER, R.J. Desired improvement in relation to selection indices. **Canadian Journal of Plant Sciences**, v.49, p.803-804, 1969.
- ROWER, P. Mejoramiento de bananos e plátanos para resistência a enfermedades: eventos cruciales e sus implicaciones. **Corbana**, v.24, p.99-110, 1999.
- SILVA, S.O.; SOUZA JÚNIOR, M.T.; ALVES, E.J.; SILVEIRA, J.R.S.; LIMA, M.B. Banana breeding program at Embrapa. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.1, p. 399-436, 2001.
- SILVA, S.O.; ALVES, E.J.; LIMA, M.B.; SILVEIRA, J.R.S. Bananeira. In: BRUCKNER, C.H. (Org.). **Melhoramento de Fruteiras Tropicais**. Viçosa-MG, v.1, p.101-157, 2002.
- SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals Eugenics**, v.7, p.240-250, 1936.
- VILARINHO, A.A.; VIANA, J.M.S.; SANTOS, J.F. dos; CÂMARA, T.M.M. Eficiência da seleção de progênies s1 e s2 de milho-pipoca, visando à produção de linhagens. **Bragantia**, v.62, p.9-17, 2003.
- WRICKE, G.; WEBER, W.E. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. New York: Walter de Gruyter, 1986. 406p.