

APLICAÇÃO DE ÍNDICES PARA SELEÇÃO DE CARACTERES AGRONÔMICOS DE FEIJÃO-DE CORDA

Application of Selection Indices for Improvement of Agronomic Characteristics of Cowpea

CARLOS ANTONIO F. SANTOS *
FRANCISCO PINHEIRO DE ARAÚJO**

RESUMO

Objetivando a identificação de genótipos com a melhor combinação para a produção de grãos, menor comprimento do ramo principal, maior peso de 100 grãos, menor tempo para a maturação, maior número de sementes/vagem e tolerância ao oídio, e ao potyvirus, 52 genótipos de feijão-de-corda foram avaliados no segundo semestre do ano de 1994, em Petrolina-PE, em condições irrigadas, no delineamento de blocos casualizados. Para a identificação dos genótipos com as melhores combinações de caracteres, foram aplicados os seguintes índices de seleção: a) Smith & Hagel (clássico); b) soma de ranks; c) base; d) multiplicativo; e) livre de pesos e parâmetros, e f) dos ganhos desejados. A seleção direta aplicada sobre cada caráter, individualmente, serviu como referencial para a avaliação do desempenho dos índices. A seleção direta sobre um determinado caráter, apesar de proporcionar o maior ganho no caráter, provocou ganhos indesejáveis ou reduzidos nos demais caracteres. De modo geral, os índices, apesar de reduzirem o ganho sobre um dado caráter, possibilitaram ganhos ou reduções satisfatórias no conjunto dos caracteres. Os índices soma de ranks, o multiplicativo e o livre de pesos e parâmetros, além de apresentarem progressos satisfatórios para um conjunto de caracteres, foram os de mais fácil aplicação em relação aos demais índices utilizados.

PALAVRAS CHAVES: *Vigna unguiculata* (L.) Walp., caupi, melhoramento, ganhos genéticos.

ABSTRACT

Fifty two cowpea lines were evaluated at Petrolina-PE, Brazil, with the goal to select those with the best combination for grain yield, smaller main branch, higher 100-seed weight, less time for maturation, higher number of seeds per pod and tolerance to oidium, cowpea severe mosaic virus and potyvirus. The experiment was carried out under irrigation in a randomized complete block design. The following indices were applied for estimating selection gain: Smith & Hagel index, rank summation, base, parameter and weight-free, multiplicative, and desired gain. The single trait selection served as reference for evaluating the performance of the indices. In spite of providing the best direct gains per trait, the single trait selection caused undesirable alteration in the other traits. Although the indices had reduced the gain on a given trait, they made possible satisfactory gain or losses in the group of traits. Rank summation, multiplicative and parameter per weight indices were the indices of the easiest application.

KEY WORDS: *Vigna unguiculata* (L.) Walp., breeding, genetic gain

* Engo. Agro., Ph.D., Pesquisador da Embrapa Semi-Árido. Cx. Postal 23. 56300-970. Petrolina-PE. E-mail: casantos@cpatsa.embrapa.br

** Engo. Agro., M.Sc., Pesquisador da Embrapa Semi-Árido. E-mail: pinheiro@cpatsa.embrapa.br

INTRODUÇÃO

Os programas de melhoramento vegetal têm como objetivos a seleção de variedades que aliem alto rendimento a outros caracteres desejáveis pelos agricultores e/ou consumidores. A seleção com base em um ou em poucos caracteres pode levar a uma variedade superior em relação às características consideradas, mas com desempenho inferior em relação aos outros caracteres não considerados.

A técnica do índice de seleção pode ser de grande utilidade no melhoramento genético, pois permite combinar as múltiplas observações efetuadas nos indivíduos avaliados. O índice de seleção constitui-se num caráter adicional formado pela combinação de vários caracteres, possibilitando ganhos favoráveis e simultâneos em várias características (CRUZ & REGAZZI, 1994).

A revisão sobre índices de seleção realizada por SUBANDI et al. (1973) mostrou que: a) em geral, os índices foram eficientes para predizer o ganho de seleção; b) os índices foram mais eficientes em proporcionar aumentos num conjunto de caracteres, ao contrário da seleção baseada em apenas um caráter, e c) a correlação entre os caracteres deve ser elevada para que mudanças satisfatórias ocorram. Os maiores problemas com o uso de alguns índices devem-se ao estabelecimento da importância de cada caráter e à obtenção de estimativas seguras das variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas. Os extensivos cálculos requeridos para a construção dos índices, entretanto, são facilitados pelos diversos recursos computacionais e por vários aplicativos disponíveis atualmente. Vários exemplos de aplicação de índice podem ser citados em várias culturas, como no milho (SUBANDI et al., 1973 e CROSBIE et al., 1980), na aveia (ROSIELLE & FREY, 1975) e no trigo (WELLS & KOFOID, 1986), entre outros.

As estratégias de seleção direta sobre um determinado caráter, comparadas com seis propostas para construção de índices, foram aplicadas, neste trabalho, em 52 genótipos de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), objetivando selecionar aqueles com as melhores combinações para produção de grãos, menor comprimento da haste principal, maior peso de 100 grãos, menor tempo para a maturação, maior número de sementes/vagem e ao potyvirus.

MATERIAL E MÉTODOS

Cinquenta e dois (52) genótipos de feijão-de-corda, de procedência e portes diversos, foram avaliados no segundo semestre de 1994, na Embrapa Semi-Árido, em Petrolina-PE. O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados, com uma fileira de 0,5 m, com 20 plantas, no espaçamento de 1,0 m x 0,5 m. A área útil para a avaliação dos genótipos foi formada por 16 plantas/4m². As práticas culturais foram às aplicadas, normalmente, à cultura irrigada do feijão-de-corda, não se efetuando qualquer tipo de adubação.

Os seguintes caracteres foram observados em cada parcela: a) comprimento da haste principal (CHP); b) número de sementes/vagem (NSV); c) dias para a maturação (DPM); d) peso de 100 grãos (PCG); e) produção de grãos em kg/parcela (PRO); f) tolerância ao oídio (OID). Os dados referentes à tolerância às doenças foram somados a um valor fixo (0,5) e transformados em raiz quadrada.

Análises de variância, estimativas das covariâncias e correlações fenotípicas e genotípicas, coeficiente de variação genética, coeficiente de determinação genotípica (h^2) e quociente entre o coeficiente de variação genética e ambiental (CV_g e CV_e) foram calculados para todos os caracteres avaliados. Os procedimentos para estimativa destes parâmetros são descritos por CRUZ & REGAZZI (1994).

O ganho de seleção (%) esperado nos genótipos selecionados em relação ao conjunto dos genótipos foi obtido pela seguinte expressão:

$$GS = \{[(X_s - X_o)h^2]100\} / X_o, \text{ em que:}$$

GS=ganho de seleção (%);

X_s=média dos genótipos selecionados;

X_o=média de todos os genótipos, e

h²=coeficiente de determinação genotípica.

Os seis índices aplicados neste estudo foram:

a) Índice soma de ranks: consiste em classificar os genótipos em ordem favorável à seleção. Após esta classificação, as colocações dos vários caracteres de cada genótipo são somadas, formando o índice (MULAMBA & MOCK, 1978);

b) Índice multiplicativo: os valores padronizados de cada caráter por genótipo são multiplicados para constituírem o índice (SUBANDI et al., 1973);

c) Índice livre de pesos e parâmetros: são estabelecidos valores mínimos ou máximos para cada caráter e a diferença é multiplicada para obter o índice (CROSBIE et al., 1973). Os genótipos com valores abaixo ou acima do valor desejado para um determinado caráter são eliminados da seleção;

d) Índice dos ganhos desejados: CRUZ & REGAZZI (1994) discutem esse índice, que é obtido pela equação:

$$b = G^{-1}Dg_d \text{ em que:}$$

b= vetor dos coeficientes de ponderação do

G⁻¹= inversa da matriz das covariâncias genéticas entre os caracteres;

Dg_d = vetor dos ganhos desejados.

e) Índice clássico proposto por Smith & Hazel: o índice é obtido pela seguinte expressão, conforme discutido por CRUZ E RAGAZZI (1994):

$$b = P^{-1}Ga, \text{ em que}$$

b= vetor dos coeficientes de ponderação do

P⁻¹=inversa da matriz das covariâncias genéti-

cas entre os caracteres;

G= matriz das covariâncias genéticas, e

a= vetor dos pesos econômicos atribuídos aos caracteres.

f) Índice base: o índice base é construído pelos valores de ponderação atribuídos a cada caráter, sem a necessidade das matrizes de covariâncias genotípicas ou fenotípicas (WILLIAMS, 1962).

A intensidade de seleção de 23% (12 genótipos) foi mantida constante para todas as estratégias de seleção. As análises foram executadas pelo programa computacional Genes, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias, os coeficientes de determinação genotípica (h²) e o quociente entre CV_g/CV_e para todos os caracteres observados nos 52 genótipos de feijão-de-corda são apresentados na Tabela 1. O quociente CV_g/CV_e, se igual ou superior à unidade, reflete uma situação bastante favorável à seleção. A análise desta Tabela mostra que as estimativas de h² foram elevadas, indicando pronunciada contribuição dos efeitos genéticos na definição dos caracteres, exceto tolerância ao potyvirus. De acordo com VENCOVSKY (1978), quando o valor desse quociente é igual ou superior a 1,0 para um determinado caráter, há uma situação favorável ao melhoramento desse caráter.

Os coeficientes de variação genética e as correlações fenotípicas e genotípicas para todos os caracteres são apresentados na Tabela 2. As correlações genotípicas apresentaram valores superiores ou iguais às suas correspondentes correlações fenotípicas, indicando a diminuição da expressão fenotípica frente às interferências do ambiente. As correlações negativas entre NSV x PCG, DPM x OID e PCG x PRO sugerem que uma situação favorável, como maior número de sementes e produtivas e precocidade com

Tabela 1. Médias, coeficientes de determinação genotípica (%) e quocientes entre o coeficiente de variação genética e o ambiental (CVg/CVe) para alguns caracteres avaliados em 52 genótipos de feijão-de-corda. Petrolina-PE, 1995.

Table 1. Means, genotypic determination coefficients and ratio genetic variation and environmental variation (CVg / Cve) for some traits evaluated among 52 cowpea accessions. Petrolina, PE, Brazil, 1995

Caracteres	Média	Coeficiente de determinação genotípica	Quociente CVg/Cve
Comprimento da haste principal (cm) - CHP <i>Length of main stem (cm)</i>	127,30	86,51	1,79
Número de sementes/vagem – NSV <i>Number of seeds per pod</i>	12,12	88,37	1,95
Dias para a maturação – DPM <i>Days to maturity</i>	67,93	83,84	1,61
Peso de 100 sementes(g) – PCG <i>Weight of 100 seeds (g)</i>	16,68	88,32	2,75
Produção de grãos(kg/parcela) – PRO <i>Yield (kg/plot)</i>	0,54	67,16	1,00
Oídio – OID <i>Oidium</i>	1,81	67,42	1,10

tolerância ao oídio, será difícil. Já as correlações CHP x OID, NSV x OID e PRO x OID, apesar de negativas, sugerem que a seleção de genótipos com menor incidência de oídio, maior número de sementes/vagem e mais produtivas será facilitada. Todas as outras correlações positivas indicam situações favoráveis ao aumento conjunto das duas variáveis, exceto DPM e CHP onde se busca genótipos mais precoces e menor

enramadores, e a situação ideal seria a existência de correlações negativas com as outras variáveis.

As expectativas de ganho dos genótipos selecionados diretamente sobre cada caráter e os seis índices aplicados são apresentados na Tabela 3. Observa-se que a seleção negativa sobre CHP foi eficiente para reduzir o caráter, mas, também, resultou em ganho negativo para os caracteres NSV, PCG e PRO.

Tabela 2. Coeficiente de variação genética (na diagonal), correlação fenotípica (acima da diagonal) e correlação genotípica (abaixo da diagonal) estimada para alguns caracteres em 52 genótipos de feijão-de-corda. Petrolina-PE, 1995

Table 2. Genetic variation coefficient (main diagonal), phenotypic correlation (above main diagonal) and genotypic correlation (below main diagonal) estimated for some traits among 52 cowpea accessions. Petrolina, PE, Brazil, 1995.

Caracteres	CHP	NSV	DPM	PCG	PRO	OID
CHP	(49,13)	0,60	0,73	0,06	0,1	-0,32
NSV	0,72	(19,73)	0,44	-0,25	0,56	-0,54
DPM	0,88	0,49	(7,86)	0,05	0,03	-0,38
PCG	0,06	-0,28	0,04	(19,04)	-0,16	0,41
PRO	0,16	0,73	0,14	-0,20	(32,49)	-0,30
OID	-0,45	-0,75	-0,49	0,53	-0,55	(10,48)

Tabela 3. Expectativa de ganho de seleção (%) e genótipos de feijão-de-corda selecionados com base na seleção direta e em vários índices para seleção múltipla de caracteres. Petrolina-PE, 1995.

Table 3. Estimated gain due to selection (%) and cowpea genotypes selected based on direct selection and some index selection to multiple traits. Petrolina, PE, Brasil, 1995

Critério Criteria	Genótipos Selecionados Selected genotypes	Ganho de seleção esperado (%) Expected gain due to selection (% 0						
		CHP	NSV	DPM	PCG	PRO	MSP	
Seleção direta sobre CHP <i>Direct selection on CHP</i>	23,24,5,7,9,22,21,15,1,8,10,20	-58	-15	-7	-0,5	-18	-5	14
Seleção direta sobre NSV <i>Direct selection on NSV</i>	40,6,32,46,29,39,45,47,37,42,26,27	30	22	4	1	19	-0,8	-8
Seleção direta sobre DPM <i>Direct selection on DPM</i>	21,20,22,1,11,25,10,3,7,8,23,47	-45	-14	-10	2	-8	-5	14
Seleção direta sobre PCG <i>Direct selection on PCG</i>	10,11,1,2,7,26,51,52,6,32,48,50	4	06	-0,6	25	-7	2	9
Seleção direta sobre PRO <i>Direct selection on PRO</i>	40,26,39,38,45,43,47,44,46,31,48,8	5	16	1	-7	36	-1	-11
Seleção direta sobre OID <i>Direct selection on OID</i>	49,3,8,9,14,28,32,38,45,48,50,51	2	3	2	-5	4	2	-22
Índice soma de ranks <i>Rank summation index</i>	26,45,40,8,47,23,48,38,25,27,9,32	-18	12	-1	-3	25	-3	-14
Índice Multiplicativo <i>Multiplicative index</i>	26,23,8,9,5,40,45,27,25,38,11,47	-30	6	-3	-2	21	-5	-8
Índice livre de pesos e parâmetros <i>Parameter and weight-free index</i>	26,45,40,25,8,43	-12	10	-1	-2	37	-7	-13
Índice dos ganhos desejados <i>Desired gain index</i>	26,48,50,40,10,38,34,52,37,11,31,45	1	8	-0,2	13	21	8	-2
Índice Clássico <i>Classical Smith & Hagel index</i>	40,26,38,45,48,39,37,46,34,50,31,32	15	18	3	4	29	7	-11
Índice Base <i>Base index</i>	40,26,39,45,38,43,47,44,31,46,48,35	13	16	2	-4	36	-0,8	0

CHP=comprimento da haste principal; NSV=número de semente por vagem; DPM=dias para maturação; PCG= peso de 100 grãos PRO= produção, kg/parcela; OID= tolerância ao oídio

CHP= Length of main stem (cm); NSV= Number of seeds per pod; DPM=days to maturity; PCG= Weight of 100 seeds (g); PRO= Yield (kg/plot); OID=oidium.

A seleção direta sobre NSV, apesar de provocar ganhos positivos no caráter, causou aumentos indesejáveis no caráter CHP, enquanto a seleção negativa sobre DPM provocou diminuições no ganho esperado para NSV e PRO (Tabela 3). O efeito direto da seleção sobre PCG provocou decréscimos em CHP, NSV, PRO e OID (Tabela 3). A seleção direta sobre OID conduziu a ganhos negativos e reduzidos sobre PCG e PRO.

A seleção sobre PRO acarretou em resultados indesejáveis sobre CHP e PCG (Tabela 3). A se-

leção direta sobre PRO pode conduzir a genótipos produtivos, mas de grãos pequenos e de hábitos de crescimento semi-enramador e enramador, características estas de baixa aceitação pelos produtores.

Todos os efeitos indesejáveis da seleção direta podem ser explicados pelas correlações existentes entre os caracteres (Tabela 2). A correlação positiva entre os caracteres significa aumento ou diminuição conjunta entre os mesmos, como pode ser observado no efeito ocorrido em PRO quando se efetuou a seleção direta sobre CHP (Tabela 3). Já a correlação negativa dificulta o aumento conjunto dos caracteres,

Tabela 4. Coeficientes de coincidência dos genótipos selecionados pelos diversos índices aplicados em 52 genótipos de feijão-de-corda. Petrolina-PE, 1995.

Table 4. Coincidence coefficient of genotypes selected by some index selection applied to 52 cowpea genotypes. Petrolina, Pe, Brazil, 1995.

ÍNDICE ^{1/}	IMU	ILPP	IGDS	ICLA	IBAS
	0,83	0,42	0,42	0,50	0,50
IMU		0,42	0,42	0,33	0,42
			0,25	0,25	0,33
				0,75	0,42
					0,67

^{1/} ISR=índice soma de ranks; IMU=índice multiplicativo; ILPP=índice livre de pesos e parâmetros; IGDS=índice dos ganhos desejados; ICLA=índice clássico; IBAS=índice base.

^{1/} ISR= Rank summation index; IMU=multiplicative index; ILPP= Parameter and weight-free index; IGDS=desired gain index; ICLA= Classical Smith & Hagel index; IBAS=base index.

como o ocorrido entre PCG e PRO (Tabela 3).

Os índices soma de ranks, o multiplicativo e o livre de pesos e parâmetros provocaram alterações desejáveis para todos os caracteres, exceto no caráter PCG, onde ocorreu um pequeno efeito indesejável (Tabela 3). A seleção baseada no índice livre de pesos e parâmetros foi reduzida para seis genótipos, devido aos valores mínimos ou máximos atribuídos para cada caráter. Os pesos econômicos estabelecidos para o índice soma de ranks foi o coeficiente de variação genética (Tabela 2), enquanto para o índice livre de pesos e parâmetros, os valores foram próximos da média dos caracteres (Tabela 1).

Os índices dos ganhos desejados, o clássico e o de base, apesar de proporcionarem ganhos consideráveis para PRO e NSV, provocaram pequenos efeitos indesejáveis em CHP e PCG, respectivamente (Tabela 3). Diversos pesos econômicos tiveram que ser arbitrados para a construção desses índices, de forma a possibilitarem ganhos favoráveis em todos os caracteres, o que dificultou a aplicação dos mesmos.

No geral, os índices de mais fácil aplicação foram o soma de ranks, o multiplicativo e o livre de

pesos e parâmetros. CROSBIE et al. (1980) observaram resultados semelhantes na cultura do milho, destacando que esses índices não foram afetados pela variância desigual entre os caracteres, foram de simples aplicação, não precisaram das estimativas dos parâmetros genéticos e apresentaram boa performance na predição do ganho de seleção.

Os maiores ganhos devidos à seleção foram proporcionados pela seleção direta aplicada num único caráter, apesar de provocar grandes efeitos indesejáveis sobre os demais caracteres (Tabela 3). Já os índices, apesar de não terem apresentado os maiores ou menores ganhos desejados sobre um dado caráter, em relação à seleção direta, proporcionaram progressos desejáveis no conjunto dos caracteres.

Na Tabela 4, são apresentados os coeficientes de coincidência para os diversos genótipos selecionados pelos diferentes índices. Observa-se que os índices soma de ranks e multiplicativo apresentaram a maior coincidência nos genótipos selecionados, quando comparados com os demais. Já a menor coincidência nos genótipos selecionados ocorreu entre o ín-

dice livre de pesos e parâmetros e o índice dos ganhos desejados e o índice clássico.

Para CRUZ & REGAZZI (1980), diferentes índices representam diferentes alternativas de seleção, que permitem ao melhorista mecanismos para identificação rápida e eficiente de genótipos adequados ao melhoramento. Por outro lado, a existência de programas de computadores, que apresentam os procedimentos de índices de seleção, como o Genes, oferece oportunidades para que os melhoristas os utilizem com o intuito de identificarem as melhores combinações de caracteres em um dado genótipo de forma menos laborioso e mais precisa, ao contrário da tediosa, arbitrária e monótona seleção visual de genótipos em tabelas preenchidas com dados brutos de campo.

Os genótipos 26, 40, 38, 25, 43, 8, 48 e 31 apresentaram bons resultados nos critérios estabelecidos para os diversos índices e foram selecionados para constituírem um ensaio de rendimento a ser avaliado em alguns ambientes irrigados.

CONCLUSÕES

1. A seleção direta, apesar de proporcionar os maiores ganhos para um determinado caráter, provocou efeitos indesejáveis nos demais caracteres. De modo geral, os índices, apesar de não terem apresentado os maiores ou menores ganhos sobre um dado caráter em relação à seleção direta, foram eficazes para proporcionarem progressos satisfatórios no conjunto das caracteres;

2. Os índices soma de ranks, o multiplicativo e o livre de pesos e parâmetros, além de apresentarem progressos satisfatórios para os caracteres, foram os de maior aplicabilidade em relação aos outros índices aplicados;

3. O alto grau de variabilidade genética entre progênies sugere que métodos de melhoramento simples podem ser aplicados proporcionando ganhos con-

siderados na seleção;

4. A utilização de índices como critério de seleção proporciona resultados relativamente superiores, comparados a outros métodos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CROSBIE, T.M.; MOCK, J.J.; SMITH, O.S. Comparison of gains predicted by several selection methods for tolerance traits of two maize populations. *Crop Science*, v. 20, n. 5, p.649-655, 1980.
- CRUZ, C.D; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa:UFV, Imp. Univer.; 1994. 390p.
- MULAMBA, N. N.; MOCK, J.J. Improvement of potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal Genetics and Cytology*, v. 7, pa. 40-51, 1978.
- ROSIELLE, A.A.; FREY, K. J. Application of restricted selection indices for a grain yield improvement in oats. *Crop Science*, v. 15., n. 4, p. 544-547, 1975.
- SUBANDI, W.; COMPTON, A.; EMPIG, L.T. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. *Crop Science*, v. 13, n. 2, p. 184-186, 1973.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: Paterniani, E. (Coord.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Piracicaba, Fundação Cargill. 1978.p. 122-201, 1978
- WELLS, W.C.; KOFOID, K.D. Selection indices to improve an intermating population of spring wheat. *Crop Science*, v. 26, n. 6 , p. 1104-1109, 1986.
- WILLIAMS, J.S. The evaluation of a selection index. *Biometrics*, v. 18, p. 375-393, 1962.