

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM CLONES DE PALMA FORRAGEIRA *OPUNTIA FICUS-INDICA* MILL E *NOPALEA COCHENILLIFERA* SALM-DICK¹

DJALMA CORDEIRO DOS SANTOS², IDERVAL FARIAS³, MARTA MARIA AMÂNCIO DO NASCIMENTO²
MÁRIO DE ANDRADE LIRA³ e JOSÉ NILDO TABOSA²

RESUMO - A palma forrageira é cultivada no semi-árido nordestino desde o início deste século. A área cultivada atualmente é de cerca de 400 mil hectares. Esta forrageira apresenta características morfológicas e fisiológicas que a tornam apropriada a esta região. Por outro lado, no que concerne aos valores nutricionais e de produtividade, a palma apresenta uma série de limitações, particularmente relacionadas aos teores de fibra bruta, matéria seca, fósforo e proteína bruta. O melhoramento genético de plantas poderá constituir um dos caminhos para efetuar mudanças na produtividade e na composição química da palma, com o objetivo de verificar o comportamento de características-genéticas desta cactácea, foi conduzido um experimento com dez clones, em blocos casualizados, com três repetições. A palma apresentou uma herdabilidade de 91,2% no sentido amplo, para produção de matéria seca. As indicações genéticas mostraram que é possível selecionar clones superiores no tocante a alguns dos caracteres estudados. De maneira geral, os resultados indicam ser mais fácil modificar os caracteres associados à produtividade do que os associados à qualidade da palma.

Termos para indexação: cactácea, criadores, morfologia, fisiologia, proteína e nutrição.

GENETIC PARAMETER ESTIMATES ON FORAGE CACTUS CLONES *OPUNTIA FICUS-INDICA* MILL AND *NOPALEA COCHENILLIFERA* SALM-DICK

ABSTRACT - The forage cactus has been cultivated in the Semi-Arid region of the Brazilian Northeast since the beginning of this century. At present, the cultivated area with this forage is approximately 400 thousand hectares. This forage presents morphological and physiological characteristics appropriate to the Semi-Arid Region. Nevertheless, nutritional values shown by this forage cactus are very low and generally are related with dry matter, crude protein, crude fiber and phosphorus content. On the other hand, plant breeding can be used as an efficient tool to improve productivity and plant qualities. To evaluate the performance of these genetic characteristics, an experiment using ten forage cactus clones was carried out in a randomized block design, with three replications. The heritability to dry matter yield was 91,2% in a broad sense. The genetical indications showed that it is possible to select the best clones. The results showed that it is easier to change the characters associated to yield than those associated with plant quality.

Index terms: cactus, breeders, protein, nutrition, morphology, physiology.

INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil ocupa cerca de 19% da superfície do território nacional, sendo que aproximadamente 60% deste área fica locali-

zada no contexto semi-árido e constitui o polígono das secas (Sudene, 1972). A interação de fatores ligados à distribuição espaço-temporal irregular das chuvas, elevada evaporação e baixa capacidade de retenção de umidade da grande maioria dos solos na região, estabelece uma elevada fragilidade para os sistemas produtivos agropastoris e uma instabilidade quase cíclica da economia agrícola (Mafra, 1981). A palma forrageira é uma cultura que apresenta características apropriadas a esta região. Neste sentido, Braga (1960) afirma que estas cactáceas constituem vegetais comprovada-

¹ Aceito para publicação em 29 de setembro de 1994.

Extraído da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada à UFRPE. É parte de um projeto financiado pelo CPATSA-EMBRAPA.

² Eng. Agr., IPA, Caixa Postal 1022, CEP 50761-000 Recife, PE. Bolsista do CNPq.

³ Eng. Agr., Acordo UFRPE/IPA.

mente xerófilos. Fernandez Gonzales & Saiz Jarabo (1990) referem que a palma apresenta raízes superficiais e que perdem os pêlos absorventes durante o período da seca, para evitar a passagem de água das raízes para o solo. Segundo Fisher & Tuner (1978), as plantas que obedecem o metabolismo CAM (metabolismo ácido das crassuláceas) têm uma eficiência no uso d'água muito superior ao das plantas C₃ e C₄.

Esta forrageira freqüentemente representa a maior parte dos alimentos fornecidos aos animais durante o período de estiagem nas regiões semi-áridas do Nordeste brasileiro, mais precisamente no sertão de Alagoas e no agreste de Pernambuco e da Paraíba. Nas décadas de 50 e 60, a palma forrageira foi bastante cultivada principalmente nas "bacias leiteiras" do Estado de Pernambuco e Alagoas. Tendo sua área reduzida após a introdução e divulgação de gramíneas, tais como, capim-pangola (*Digitaria decumbens* Stent.) e capim-sempre-verde (*Panicum maximum* Jacq.), voltando, posteriormente, a ser plantada em larga escala. Segundo Corrêa (1986) e Timbau (1987), existem, hoje, no Nordeste do Brasil, cerca de 400 mil hectares cultivados com palma forrageira. No município de São Bento do Una, Agreste Semi-árido de Pernambuco, 32% da área de forrageira é ocupada com a palma, e em Serra Talhada, Sertão Central, 84% das propriedades de até 50 hectares plantaram a palma forrageira (Chagas, 1992).

Embora possuam características adaptativas às condições da região, a palma tem uma produtividade inferior às outras culturas forrageiras, como sorgo, milho, capim-elefante, cana-de-açúcar, entre outras. Assim, existe a necessidade de obter clones de palma com produtividade maior do que os atualmente existentes.

A experiência dos melhoristas indica que as espécies cultivadas que se propagam assexualmente, são altamente heterozigotas, segregando amplamente quando se reproduzem por via sexual. Isto é esperado, uma vez que tipos selecionados para constituírem variedades comerciais devem ser vigorosas. Contudo, sabe-se que na maioria das espécies existe uma correlação positiva entre vigor e heterose (Allard, 1971).

Segundo Valle (1990), são dois os caminhos de obtenção de novas cultivares de forrageira: o pri-

meiro é a coleta nos locais de origem e diversificação das espécies, com posterior avaliação deste material, isto significa: buscar variabilidade onde a planta evoluiu através dos tempos; o segundo caminho é o melhoramento genético, que envolve a criação de novas cultivares. Martins (1990) enfatiza que o melhoramento de plantas forrageiras é uma atividade bastante recente. Apesar dos esforços empreendidos nos últimos anos para a coleta de germoplasma de gramínea (Poacea) e leguminosas tropicais e subtropicais, a variação e utilização desses materiais em programas de melhoramento são ainda incipientes. Além disso, dada a complexibilidade do ecossistema de pastagens que envolve diferentes espécies de plantas, a interação solo-planta-animal é fator que deve ser considerado no trabalho do melhoramento de plantas forrageiras, de acordo com Pain (1977) e Corwder & Chheda (1982). Estes autores também referem que os principais objetivos para melhoramento de forrageiras devem ser: palatabilidade, bom valor nutritivo, e tolerância às pragas e doenças.

Na fase de avaliação e caracterização do material, deve-se observar o maior número possível de características (Pain, 1978). Já Geraldí et al. (1975) enfatizam que para uma relação baseada numa série de caracteres ser bem dirigida, torna-se necessário o conhecimento das correlações existentes entre tais caracteres, e, conseqüentemente, das respostas correlacionadas à seleção, ou seja, o conhecimento das alterações genéticas nos demais caracteres de uma população, quando se seleciona com vistas a um dado caráter. No melhoramento de plantas, em que se busca aumento da produtividade e da qualidade, a baixa variabilidade genética dificulta a obtenção de plantas superiores na população (Brewbaker, 1969; Allard, 1971 e Falconer, 1981). O conhecimento dos componentes da variância genética possibilita a predição do progresso genético esperado na seleção, e também fornece subsídios para a escolha do melhor método de melhoramento a ser empregado (Martins & Vello, 1978 e Bay & Hutton, 1976). A avaliação do progresso pode ser feita paralelamente ao trabalho da seleção, com um só experimento servindo tanto para a estimativa dos parâmetros necessários, como para a identificação dos genótipos

superiores por parte dos melhoristas (Vencovsky, 1969).

A herdabilidade no sentido amplo é definida por Allard (1971) e Falconer (1981) como a parte da variância fenotípica que pode ser atribuída às diferenças genéticas, ou o quociente entre a variância genética e a variância total. Segundo Falconer (1981), a mais importante função de cálculo da herdabilidade, no estudo genético de um caráter métrico, é o seu papel preditivo, que expressa a confiança do valor fenotípico como um guia para o valor genético.

Zago (1979), estudando a herdabilidade em clones de capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), encontrou o maior percentual para o caráter altura da planta, e o menor, para teores de potássio. Vello & Vencovsky (1975), pesquisando a variabilidade em capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.), obtiveram uma herdabilidade de 10%, 20%, 30% e 50% em relação a produção de matéria seca, peso verde, período de florescimento e altura das plantas, respectivamente. Com relação a esta mesma forrageira, Vello et al. (1973) encontraram 30%, 2% e 11% quanto à altura da planta, peso verde e peso seco, respectivamente. Na cultura da cana-de-açúcar, um dos caracteres mais estudados é a produção de colmos por hectare. Os autores têm verificado altas herdabilidades quanto a este caráter, tais como: 72% obtidos por Zacarias (1977), 86% por Mian & Awal (1979), e 85% por Moura (1990).

A variabilidade, entre genótipos, de determinados caracteres, é fator preponderante para o melhoramento de plantas, podendo ela ser medida através da variância (Brewbaker, 1969). O autor também enfatiza que a variação biológica total de determinado caráter é descrita estatisticamente como a variação fenotípica (VF), que pode ser dividida em duas classes: variância genética (VG), e não-genética ou ambiental (VE).

Segundo Martins (1990), grande parte dos caracteres de interesse forrageiro são complexos, resultando da ação de muitos genes quantitativos, modificados por efeitos ambientais. A análise genética e o melhoramento desses caracteres são baseados em métodos biométricos, que consideram o efeito global de todos os locus gênicos, e dos fato-

res ambientais que os afetam. De maneira geral, estes caracteres quantitativos são mais difíceis de serem manipulados pelo melhorista.

A palma forrageira pode ser multiplicada por via sexuada e assexuada. Na multiplicação sexuada, obtêm-se variações genéticas com facilidade e se pode fazer propagação vegetativa (Barrientos Perez, 1981 e Fernandez Gonzales & Saiz Jarabo, 1990).

A experiência dos melhoristas indica que as plantas cultivadas que se propagam assexualmente são altamente heterozigotas e segregam amplamente quando se reproduzem por via sexual. Isto é esperado, uma vez que tipos selecionados para constituírem cultivares comerciais devem ser vigorosos, e sabe-se que na maioria das espécies existe uma correlação positiva entre vigor e heterose. Allard (1971) destaca que as plantas que se reproduzem assexualmente perpetuam o mesmo genótipo com grande precisão. Este tipo de reprodução pode ser de grande vantagem no melhoramento de plantas, uma vez que um número muito grande de indivíduos geneticamente idênticos pode ser obtido, independentemente do grau de heterozigose do genótipo. O melhorista pode, portanto, aproveitar imediatamente os indivíduos excepcionais que ocorrem em qualquer etapa do programa de melhoramento.

Domingues (1963) enfatiza que Bubakan, um pesquisador norte-americano, desenvolvia um trabalho de seleção com palma, inclusive podendo ter sido introduzida no Brasil alguma cultivar surgida deste trabalho. Neste sentido, Kock (1965), em pesquisa desenvolvida na África do Sul com aplicação de raios de cobalto em sementes de palma forrageira *Opuntia* spp., cultivares *Fusicaulis*, *Robusta*, *Chico* e *Monterrey*, verificou uma variação muito grande nestas progênies quanto à coloração e a presença de acúleos. Afirma, ainda, que 10% das progênies foram albinas, e vieram a morrer na semana seguinte à germinação.

Lira et al. (1989), em avaliação preliminar de um banco de germoplasma, com 85 clones, encontraram variações entre eles, quanto ao número e à ordem de artículos por planta. Barrientos Perez (1969) evidenciou que o gênero *Opuntia* é poliplóide, existindo desde diplóides $2n = 22$ até octaplóides $2n = 88$ cromossomos. Russel & Felker

(1987), estudando 49 entradas de clones de palma, oriundas de vários países, verificaram que as cultivares brasileiras "gigante", "redonda" e "miúda" não toleram baixa temperatura, porém outras cultivares oriundas da África do Sul como, Fusicaulis, Chico, Monterrey e Robusta foram tolerantes à temperatura mínima de 9°C negativos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dez tratamentos experimentais estão apresentados na Tabela 1, e foram selecionados de um banco de germoplasma, através da avaliação fenotípica. O referido banco era composto por 86 clones de palma, sendo doze introduções do México (via EMBRAPA-CPATSA), um de Israel, três tradicionalmente cultivadas na região, e 70 gerados pelo programa de forrageiras do acordo IPA/UFRPE, proveniente de uma multiplicação sexuada da palma da Estação Experimental de São Bento do Una.

A instalação do experimento ocorreu em março de 1988, no Campo Experimental de São Bento do Una, pertencente à Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA -, situado na microrregião homogênea do Vale do Ipojuca, Agreste Semi-Árido de Pernambuco. As coordenadas geográficas de posição apra o referido campo possuem valores de 08°31'56" de latitude Sul e 36°33'00" de longitude Oeste de Greenwich e uma altitude de 650 metros, segundo Encarnação (1980). A precipitação média anual dos últimos vinte e oito anos foi de 656 mm.

Na área experimental foi escavada uma trincheira, para estudo físico do solo, tendo este sido classificado como horizonte A moderado, textura média/argilosa, fase caatinga hipoxerófila, relevo plano e suave ondulado. A análise química do solo foi realizada no laboratório de fertilidade da Empresa IPA, tendo apresentado a seguinte composição: 150 ppm de K₂O; 30 ppm de P₂O₅; 8,9 meg/100 cm³ de Ca + Mg e pH de 6,6. Levando-se em consideração estes resultados, não foi necessário aplicar fertilizantes.

O plantio foi realizado sem preparo prévio do solo, em uma área em pousio por mais de vinte anos, que tinha sofrido a ação de um fogo acidental durante a estação seca. A vegetação lenhosa, que não foi consumida pelo fogo, foi cortada e removida manualmente da área experimental.

O espaçamento utilizado foi de 2 m entre fileiras e 1 m entre plantas. O plantio foi realizado utilizando-se um cladódio por cova, a uma profundidade suficiente para comportar o terço inferior do cladódio. A parcela

foi constituída por uma única fileira de 7 m de comprimento, contendo uma área total de 14 m², e com área útil de 10 m².

No período do plantio à colheita, foram efetuadas quatro capinas, nos meses de julho de 1989 a fevereiro, junho e setembro de 1990. Estas limpas obedeceram o critério de serem realizadas sempre que ocorresse presença de plantas invasoras. Conforme é mostrado na Tabela 2, a precipitação pluvial neste intervalo foi de 1.238 mm, com uma temperatura variando entre 15,8 e 32,4°C, nos meses de agosto e março de 1989.

TABELA 1. Relação dos tratamentos experimentais e suas respectivas origens.

Tratamentos	Clones n°.	Origem
1	69	Programa de melhoramento IPA/UFRPE
2	35	cv. gigante - regional
3	33	cv. miúda - regional
4	53	Programa de melhoramento IPA/UFRPE
5	19	Programa de melhoramento IPA/UFRPE
6	34	cv. redonda - regional
7	16	Programa de melhoramento IPA/UFRPE
8	06	México - (EMBRAPA-CPATSA)
9	37	Israel (cv. SABRA)
10	20	Programa de melhoramento IPA/UFRPE

TABELA 2. Precipitação pluvial e temperatura máxima e mínima do Campo Experimental de São Bento do Una, PE. 1989/1990.

Mês	Precipitação (mm)		Temperatura °C			
	1989	1990	1989		1990	
			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Jan.	38,4	27,0	18,4	31,0	18,6	30,2
Fev.	5,4	27,0	18,5	32,3	17,8	31,0
Mar.	43,4	0,0	19,0	32,4	17,9	32,1
Abr.	62,2	132,2	20,2	28,8	19,8	31,5
Mai	166,5	51,4	18,7	28,6	18,2	29,8
Jun.	112,6	41,6	18,4	27,7	17,2	28,4
Jul.	98,6	143,2	17,0	25,2	17,1	27,5
Ago.	50,2	23,4	15,8	26,6	16,9	26,6
Set.	17,2	1,6	17,3	28,7	17,6	28,9
Out.	35,0	6,0	17,9	31,0	18,4	30,3
Nov.	15,0	4,2	19,0	30,9	18,6	31,4
Dez.	176,8	3,4	19,6	30,4	18,6	31,4
Total	821,3	461,0	-	-	-	-

A colheita foi realizada no mês de dezembro de 1990, 21 meses após o plantio, conservando-se todos os cladódios primários. A amostragem do material para análise bromatológica foi efetuada no momento da pesagem em campo, tendo sido coletados quatro artigos de diferentes ordens, de forma a se obter uma amostra representando toda a planta. Os artigos foram picados para favorecer a secagem em estufa com circulação de ar forçada, a uma temperatura de 65°C, por um período de 48 horas. Em seguida, o material pré-seco foi remediado para o laboratório de Nutrição Animal da Empresa IPA, para as análises bromatológicas.

As análises de matéria seca, proteína bruta, fibra bruta, P, K e Ca foram realizadas segundo as normas da Association of Official Agricultural Chemists (1980).

Para as análises de variância e correlações genéticas, foram seguidos os modelos utilizados por Sing & Chudhary (1979), Zago (1979) e Moura (1990). Encontram-se descritos a seguir:

Foi utilizado o seguinte modelo matemático:

$$y_{ij} = M + C_i B_j + e_{ij}$$

onde:

y_{ij} = Observações de clone I no bloco;

M = Média paramétrica da população;

C_i = Efeito do clone i, i = 1, 2, 3... 10;

B_j = Efeito do bloco j, j = 1, 2... s = 3;

e_{ij} = Desvio da observação "j" no genótipo "i" com eij igual a NID (Q, T²) normal e independente distribuídos com média zero e variância T².

Para a análise de variância e esperança matemática dos quadrados médios, foi utilizado o esquema apresentado na Tabela 3, que segue o modelo de Zago (1979).

O esquema de análise de variância dos componentes genéticos, fenotípicos e ambiental seguiu o modelo de (Zago, 1979), onde:

$$S^2F = Q^2/r, S^2G = Q^2 - Q^3/r \text{ e } S^2e = Q^3/r$$

A herdabilidade no sentido amplo (h^2) foi estimada pela razão entre a variância genética e a variância fenotípica, baseada nas médias dos genótipos segundo Falconer (1981) e Vencovsky (1969), conforme a fórmula:

$$h^2 = S^2G/S^2F$$

onde:

h^2 = herdabilidade em sentido amplo;

S^2G = variância genética entre as médias dos genóti-

pos;

S^2F = variância fenotípica entre as médias dos genótipos.

As análises das covariâncias foram efetuadas segundo Sing & Chaudhary (1979) e Zago (1979), e estão na Tabela 4, conforme os esquemas de análise da covariância com suas respectivas esperanças matemáticas dos quadrados e dos produtos médios.

Assim, para o cálculo da covariância genética, fenotípica e ambiental tem-se:

$$COV G_{xy} = PM^2 - FM^3/r;$$

$$COV F_{xy} = PM^2/r; \text{ e}$$

$$COV e_{xy} = PM^3/r.$$

Para a correlação genética, fenotípica e ambiental, foi usado o modelo segundo Shing & Chaudhary (1979) e Falconer (1981), onde:

$$nG = COVG_{xy}/S^2G_x \cdot S^2G_y;$$

$$nF = COVF_{xy}/S^2F_x \cdot S^2F_y; \text{ e}$$

$$rE = COVE_{xy}/S^2E_y.$$

Para os ganhos esperados com a seleção seguem-se

TABELA 3. Esquema de análise de variância e esperança matemática dos quadrados médios.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	E (QM)
Blocos	2	SQ ¹	Q ¹	S ² e + sS ² B
Tratamentos	9	SQ ²	Q ²	S ² e + rS ² G
Erro	18	SQ ³	Q ³	S ² e
Total	29	-	-	-

s = Número de clones r = Número de repetições.
S²G = Componente de variância devido ao efeito do bloco.

S²G = Variância genética e S²e = Variância do erro ambiente.

TABELA 4. Esquema de análise de covariância entre caracteres de esperanças matemáticas dos produtos médios.

F.V.	P.M.	E(FM)
Blocos	PM ¹	Sexy + sSB _{xy}
Genótipos	PM ²	Sexy + rSG _{xy}
Resíduos	PM ³	Sexy

os modelos de Falconer (1981) e Vencovsky (1969) onde:

$$GS = K \cdot S^2G / S^2F$$

GS = ganhos genéticos esperados com a seleção do caráter em desvio-padrão, considerando, para este estudo, um parâmetro de seleção de 10%, de acordo com a Tabela XX de Fisher & Yates (1971), onde K corresponde a 1,54; S^2G = variância genética e S^2F = variância ambiental.

Os ganhos esperados com a seleção, em percentagem, foram obtidos de acordo com:

$$GS\% = GS/x \cdot 100$$

A resposta correlacionada RC_{yx} foi obtida segundo o modelo utilizado por Vello et al. (1973):

$$RC_{yx} = K \cdot COVG_{xy} / S^2F_{xy}$$

Para a resposta correlacionada em percentagem tem-se:

$$RC_{yx}\% = RC_{yx} \cdot x/y \cdot 100$$

onde:

RC_{xy} = resposta correlacionada sofrida pelo caráter "y" quando a seleção é praticada no caráter "x"; K = 1,54; $COVG_{xy}$ = covariância genética entre os caracteres "x" e "y"; TF_{xx} = variância fenotípica do caráter "x" e y = média do caráter que sofreu a seleção indireta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à composição química

estão sumariados na Tabela 5, e apresentam as estimativas da média dos caracteres, variância genética (S^2G), variância fenotípica (S^2F), variância ambiental (S^2E), herdabilidade no sentido amplo e coeficiente de variação genético, ambiental e fenotípico para os caracteres percentagem de matéria seca, proteína bruta, fibra bruta, P, K e Ca.

A maior variância genética obtida foi verificada no caráter percentagem de proteína bruta, com 0,9977, enquanto o menor foi para o teor de P, com 0,0003. Na variância fenotípica, a proteína bruta apresentou-se com o maior valor, 0,1441, e o menor ficou para o P, com 0,0004.

Resultados similares foram obtidos para com capim-buffel por Zago (1979), que também verificou a maior variância fenotípica, nos teores de proteína bruta, e o menor valor em P. Quanto à herdabilidade, os teores de proteína bruta foram os que apresentaram o maior percentual, enquanto o menor ficou para a fibra bruta, com 87,2 e 18,0%, respectivamente. Estes resultados mostraram baixa herdabilidade nos caracteres mais limitantes desta forrageira, que são: percentagem de matéria seca e de fibra bruta. Estes resultados indicam possíveis dificuldades para o aprimoramento genético da palma.

Os coeficientes de variação genética, ambiental e fenotípica podem ser considerados baixos, segundo Pimentel-Gomes (1987). A percentagem de proteína bruta foi a que proporcionou o maior coeficiente de variação fenotípica, 16,3%, e o menor foi o do P 0,1, para o coeficiente de variação ambiental.

Os parâmetros de produtividade, referentes aos

TABELA 5. Estimativa da média dos caracteres de qualidade, variância genética (S^2G), variância fenotípica (S^2F), variância ambiental (S^2E), herdabilidade no sentido amplo (h) e coeficiente de variação genética (CVG), ambiental (CVE) e fenotípica (CVF) dos caracteres M.S., P.B., F.B., P, K e Ca, em clones de palma forrageira. São Bento do Una, PE. 1989/1990.

Caracteres	X	S^2G	S^2F	S^2E	h(%)	CVG(%)	CVE(%)	CVF(%)
% MS	7,8460	0,2062	0,4572	0,2509	15,1	2,6	3,2	5,8
% PB	7,0307	0,9977	1,1441	0,1464	87,2	14,2	2,1	16,3
% FB	9,3043	0,1441	0,7800	0,6362	18,0	1,5	6,8	8,4
% P	0,0943	0,0003	0,0004	0,0001	73,0	0,3	0,1	0,4
% K	1,8590	0,0880	0,1235	0,0352	71,4	4,7	1,9	6,6
% Ca	3,0303	0,0670	0,1243	0,0570	53,9	2,2	1,9	4,1

caracteres quantitativos, estão apresentados na Tabela 6, contendo as estimativas média da variância genética (S^2G), variância fenotípica (S^2F), variância ambiental (S^2E), herdabilidade no sentido amplo e coeficiente de variação genética, ambiental e fenotípica.

Os maiores valores obtidos com relação a variância genética e fenotípica foram referentes aos parâmetros produção de Ca, com 11398,25 e 12983,02, respectivamente. Os menores valores com relação a variância genética e fenotípica foram obtidos quanto ao índice de área de cladódios, (IAC), com 0,1514 e 0,2508, respectivamente. Resultados com altos valores, também foram obtidos em produção de matéria seca em capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.), por Geraldí et al. (1975), com 2605,3 e 18227,9 para variância genética e ambiental, respectivamente. A herdabilidade no sentido amplo apresentou, com relação a todos os caracteres, alta herdabilidade. Em capim-gordura, Vello & Vencovsky (1975) obtiveram apenas 10% de produtividade. Geraldí et al. (1975) verificaram 14,3%. Barros & Martins (1977) obtiveram em *Stylosantes guianensis* Sw. 37,6%, e Zago (1979) encontrou 43,1% em capim-buffel. Assim, os 91,2% observados na herdabilidade com relação à produtividade obtida nesta pesquisa, estão bem acima dos valores encontrados por estes autores, o que indica ser mais fácil efetuar seleção com vistas à produtividade, nesta forrageira.

Os coeficientes de variação genética e fenotípica foram considerados altos, sendo o mais elevado o referente ao CVF 12802,7% quanto à proteína

bruta. No entanto, no tocante a matéria seca, foi obtido um CVF menor que os demais. Zago (1979) obteve valores mais baixos que este, quanto a matéria seca, em capim-buffel.

Os ganhos por seleção são fundamentais para eleger indivíduos superiores em trabalhos de melhoramento. E neste contexto, apresentamos, na Tabela 7, os resultados das estimativas dos caracteres referentes ao ganho por seleção (GS) e ao valor real percentual da média antes e após a seleção.

O maior ganho por seleção foi obtido com o caráter produção de proteína bruta, e o menor, com teores de P, 530,38% e 0,09%, respectivamente. Os ganhos em percentagem também apresentaram o mesmo comportamento. Estes resultados mostraram as dificuldades do melhoramento da palma com vistas a aumentar os teores de P, o que indica que a relação Ca/P está muito longe da sugerida por Souza (1988), que é de 2Ca/1P, e que tem de ser obtida pela suplementação alimentar. A produção de matéria seca em forrageiras é um dos caracteres mais importantes em trabalhos de melhoramento, segundo Corwder & Chheda (1982). Nesta pesquisa, foi obtido valor de 67,4% de ganho esperado por seleção. É considerado um valor alto. Este parâmetro é um caráter quantitativo e de difícil manipulação pelo melhoramento, segundo Martins (1990). Vello et al. (1973 e 1974) encontraram 1,0% de ganho em capim-gordura. Em cana-de-açúcar, Moura (1990) obteve 18,2%. Possivelmente, as elevadas previsões de ganho encontradas, com relação à palma, neste trabalho, são consequência do fato de a cana encontrar-se

TABELA 6. Estimativa da média dos caracteres quantidade, variância genética (S^2G), variância fenotípica (S^2F), variância ambiental (S^2E), herdabilidade no sentido amplo (h) e coeficientes de variação genética (CVG), ambiental (CVE) e fenotípica (CVF), dos caracteres MS, MV, PB, P, K, Ca e IAC, em clones de palma forrageira. São Bento do Una, PE, 1989/1990.

Caracteres	X	S^2G	S^2F	S^2E	h(%)	CVG(%)	CVE(%)	CVF(%)
MS (t/ha)	7,79	13,12	14,3809	1,2646	91,2	168,3	16,2	184,6
MV (t/ha)	97,25	19447,95	2179,33	231,37	89,4	45,3	48,0	2240,9
PB (kg/ha)	530,38	60839,65	67902,76	7063,11	89,6	46,5	49,1	12802,7
P (kg/ha)	7,05	11,29	12,76	1,47	88,0	47,7	50,7	181,0
K (kg/ha)	141,73	4531,43	5050,68	519,41	90,0	3197,6	366,5	3563,6
Ca (kg/ha)	236,76	11398,25	12983,02	1584,77	88,0	4814,4	5483,7	5483,6
IAC	0,5077	0,1514	0,2508	0,0994	80,2	29,8	19,6	49,4

na fase inicial do programa de melhoramento. Segundo Vencovsky (1969), a estimativa do progresso esperado na seleção tem constituído uma das aplicações mais importantes da genética quantitativa. Bay & Hutton (1976) referem que esta informação servirá não só para obter dados, mas também com objetivo de algumas projeções.

TABELA 7. Estimativa dos ganhos genéticos esperados em valor absoluto (GS) e percentual (GS %) e suas respectivas médias antes e após a seleção (Intensidade de seleção de 10%).

Caracteres	GS	GS%	\bar{X}	Valor após a seleção
MS (t/ha)	5,33	68,4	7,79	13,12
MV (t/ha)	64,26	66,1	97,25	161,53
PB (kg/ha)	359,55	67,8	530,38	889,98
P (kg/ha)	4,87	69,0	7,05	11,914
K (kg/ha)	98,19	69,3	141,73	239,95
Ca (kg/ha)	154,05	65,1	236,76	390,89
IAC	0,47	91,7	0,508	0,973
% MS	0,47	6,0	7,85	8,317
% PB	1,44	20,4	7,03	8,46
% FB	0,25	2,7	9,30	9,55
% P	0,02	24,5	0,09	0,12
% K	0,39	20,7	1,86	2,24
% Ca	0,29	9,7	3,03	3,32

Quando a seleção baseia-se numa série de caracteres, torna-se importante o conhecimento das correlações existentes entre eles, e também das respostas correlacionadas à seleção (Vello et al., 1974). Neste sentido, foram feitas correlações e respostas correlacionadas, que estão apresentadas nas Tabelas 8 e 9, respectivamente, entre os valores qualitativos e quantitativos de clones de palma forrageira.

A produção de matéria seca apresentou uma correlação fenotípica positiva com os teores de matéria seca, fibra bruta e cálcio, com 0,5463, 0,2694 e 0,0690, respectivamente. Estes valores revelaram que quando efetuada a seleção com vistas ao caráter produção de matéria seca, certamente deverá ocorrer aumentos também quanto aos teores de matéria seca, fibra bruta e Ca, o que talvez não ocorrerá com os teores de proteína bruta, P e K, que apresentaram correlação negativa com a produção de matéria seca, principalmente demonstrando comportamento independente. A correlação genética entre produção e outros caracteres também foram obtidos por Geraldi et al. (1975), Barros & Martins (1977), Zacarias (1977), Vencovsky (1977) e Zago (1979). As correlações de P com os demais caracteres mostraram que existem perdas de matéria seca e fibra bruta, além de indicar alta correlação genética com o Ca.

TABELA 8. Estimativas de correlações genéticas (rG) e fenotípicas (rF) entre os sete caracteres estudados em clones de palma forrageira. São Bento do Una, PE. 1989/1990.

Caracteres estudados		%	Porcentagem na MS					IAC
			M.S.	P.B.	F.B.	P	K	
Produção (t/ha)	rG	0,4585	-0,3891	-0,22138	-0,6946	-0,3599	0,2815	0,3150
	rF	0,5463	-0,3615	-0,2694	-0,4826	-0,3670	0,0690	0,3457
% M.S.	rG		-0,33687	1,0000	-0,3984	-0,9034	0,9614	0,3684
	rF		-0,3154	0,2693	-1,0000	-1,000	0,7191	0,1928
% P.B.	rG			0,9726	0,3595	0,5714	0,6841	-0,3196
	rF			0,7306	0,6124	0,6743	0,4145	-0,2414
% F.B.	rG				0,3870	-0,1847	0,6788	-0,2342
	rF				0,2649	0,2980	0,4098	-0,0692
% P	rG					0,8206	0,8229	-0,2972
	rF					0,9361	0,6046	-0,2180
% K	rG						1,000	-0,3578
	rF						0,7095	-0,2250
% Ca	rG							-0,1747
	rF							-0,0849

TABELA 9. Resposta correlacionada em percentagem (R cy, x %), quando a seleção foi praticada nos caracteres IAC, percentagem de Ca, K, P, fibra bruta, proteína bruta, matéria seca e produção de matéria seca, em clones de palma forrageira. São Bento do Una, PE. 1989/1990.

Caracteres selecionados	Resposta correlacionada (%)							
	IAC	% Ca	% K	% P	% FB	% PB	% MS	MS t/ha
IAC		-1,6	-7,0	-10,0	-1,2	-5,4	2,5	17,6
% Ca	-15,8	-	19,3	166,7	3,1	11,1	-6,2	3,7
% K	-35,4	11,9	-	22,2	-1,0	10,5	-6,7	-21,7
% P	-29,5	86,5	16,7	-	1,9	6,4	-9,2	-24,3
% FB	-11,8	-4,0	-2,1	-5,3	-	9,1	+3,8	6,5
% PB	-35,4	8,6	12,9	10,6	5,7	-	-3,1	-26,1
% MS	29,5	-8,6	-15,1	-21,2	4,3	-5,4	-	22,1
MS t/ha	35,4	1,0	-8,6	-10,6	1,3	-8,1	4,0	-

De maneira geral, o aumento de produtividade provocou diminuição nos componentes K, P e proteína bruta, e, ao mesmo tempo, ganhos no teor de Ca e de fibra bruta. Provavelmente o aumento da produtividade poderá levar a necessidade de ajustar este alimento do ponto de vista nutricional. Estes resultados também indicam que o Ca pode ser o melhor caminho indireto para conseguir os ganhos genéticos, quando é desejado em relação a mais de um acaráter, ou seja, em relação ao P, K, proteína bruta, fibra bruta e produção. Quanto a esses dois últimos parâmetros, os ganhos foram menores quando comparados aos demais. Entretanto, esses valores obtidos apresentam ganhos positivos e de magnitude entre 3,0 e 4,0%. Geraldi et al. (1975) e Moura (1990) também verificaram melhores ganhos, relativamente a alguns caracteres, quando a seleção foi praticada via indireta, para capim-gordura e cana-de-açúcar, respectivamente.

CONCLUSÕES

1. A palma forrageira, quando multiplicada por via sexual, apresenta grande variabilidade genética.

2. É possível aumentar a produtividade da palma forrageira pela aplicação de métodos de melhoramento.

3. No geral, as limitações relativas à composição química da palma forrageira dificilmente serão modificadas substancialmente por intermédio do melhoramento genético.

4. O clone 20, gerado pelo programa de melhoramento do acordo IPA/UFRPE, mostrou-se superior aos demais, quanto ao potencial produtivo.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R.W. **Princípio do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgar Blucher, 1971. 381p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (Washington). **Official methods of analysis**. 13.ed. Washington, 1980.
- BARRIENTOS PEREZ, F. El nopal (*Opuntia* spp) em México. In: MEMÓRIAS DEL SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS EM ZONAS ÁRIDAS, 1969, Texas. **Anais...** Texas: Texas Technological College, 1969. p.81-90.
- BARRIENTOS PEREZ, F. **El nopal (*Opuntia* spp) Su mejoramiento y utilización en México**. Metepec: CADAGEM, 1981. 20p.
- BARROS, L.M.; MARTINS, P.S. Análise da variabilidade de alguns caracteres agrônômicos em *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. **Relatório Científico da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v.11, p.10-18, 1977.

- BAY, R.A.; HUTTON, E.M. Plant breeding and genetics. In: SHAW, N.H. **Tropical pasture research: Principles and Methods** Forham Royal [S.I.]: CAB, 1976. p.338-353. (CAB Bulletin, 51).
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Oficial, 1960. 540p.
- BREWBAKER, J.L. **Genética na agricultura**. São Paulo: Polígono, 1969. 217p.
- CHAGAS, A.J.C. Adoção de tecnologia na pecuária pernambucana. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 4., 1992, Recife. **Anais...** Recife: [s.n.], 1992. p.108-116.
- CORRÊA, A.S. **Pecuária de corte - problemas e perspectivas de desenvolvimento**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPQC, 1986. 73p.
- CORWDER, L.V.; CHHEDA, H.R. Plant improvement and breeding. In: CORWDER, L.V.; CHHEDA, H.R. **Tropical Grassland Husbandry**. New York: Longman, 1982. p.457-506.
- DOMINGUES, O. **Origem e introdução da palma forrageira no Nordeste**. Recife: Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais, 1963. 75p.
- ENCARNAÇÃO, C.R.F. da. **Observações meteorológicas e tipos climáticos das unidades e campos experimentais da Empresa IPA**. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 1980. 110p.
- FALCONER, O.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1981. 279p.
- FERNANDES GONZALEZ, J.; SAIZ JARABO, M.M. **La Chumbera como Cultivo de Zonas Áridas**. Madrid: Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1990. 23p.
- FISHER, R.A.; TUNER, N.C. Plant productivity in the arid and semiarid zones. **Annual Review of Plant Physiology**, v.29, p.277-317, 1978.
- FISHER, R.A.; YATES, F. **Tabela estatística para pesquisa em biologia, medicina e agricultura**. São Paulo: Polígono, 1971. 150p.
- GERALDI, I.O.; VELLO, N.A.; VENCOSKY, R. Estimativas de parâmetros genéticos e fenótipos e implicações no melhoramento da população de capim-gordura *Melinis minutiflora* Beauv. **Relatório Científico da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.9, p.73-86, 1975.
- KOCK, G.C. de. The management and utilization of spineless *Cactus opuntia* spp; Manejo e utilização de cactus sem espinho. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9., 1965, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Departamento de Produção, 1965.
- LIRA, M.A.; FARIAS, S.I.; SANTOS, M.V.F.; TAVARES FILHO, J.J. Introdução, geração e avaliação de clones de palma forrageira *Opuntia ficus indica* Mill. SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 2., 1989, Natal. **Anais...** Natal: EMPARN, 1989, p.241.
- MAFRA, R.C. **Agricultura de sequeiro no trópico Semi-árido: um delineamento de compromisso para ação de pesquisa**. Recife: IPA, 1981.
- MARTINS, P.S. Aplicação da biotecnologia no melhoramento de plantas forrageiras. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA (Piracicaba, SP). **Pastagens**. Piracicaba: ESALQ, 1990. p.107-125.
- MARTINS, P.S.; VELLO, M.A. Melhoramento de gramíneas forrageiras. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DE PASTAGENS, 5., 1978. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1978. p.100-118.
- MIAN, N.A.K.; AWAL, An estimate of genotypic and phenotypic variation heritability and genetic advance under section of some characters of sugarcane clones. **Bangladesh Journal of Sugarcane**, Daccar, v.1, p.40-44, July, 1979.
- MOURA, M.M. de. **Estimativas de parâmetros genéticos de caracteres industriais em híbridos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**, Recife: UFRPE, 1990. Tese de Mestrado. 139p.
- PAIN, N.R. Melhoramento de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DE PASTAGEM, 4., 1977. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1977. p.53-82.
- PAIN, N.R. Melhoramento genético de leguminosas forrageiras. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DE PASTAGEM, 5., 1978, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1978. p.119-155.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**, 12.ed. São Paulo: Nobel, 1987. 465p.
- RUSSEL, C.; FELKER, R. Comparative cold-hardiness of *Opuntia* spp. and Cvs. grown fort fruit, vege-

- table and fodder production. **Journal of Horticultural Science**, v.62, n.4, p.545-550, 1987.
- SING, R.K.; CHAUDHARY, B.D. Variance and Covariance Analysis. In: SING, R.K.; CHAUDHARY, B.D. **Biometrical methods in quantitative genetic analysis**. New Delhi: Kalaiani Publishers, 1979. p.39-70.
- SOUZA, J.C. Suplementação Mineral para Ruminantes. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 1., 1986, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Imprensa Universitária, 1988. p.67-110.
- SUDENE. **Investigação e potencial (Sumário)**. Recife, PE: Departamento de Recursos Naturais, 1972. 108p.
- TIMBAU, A.O. Cactáceas forrageiras. In: TIMBAU, A.O. **Pecuária Intensiva, com uma introdução sobre forrageiras e pastos**. 10.ed. São Paulo: Nobel, 1987. p.74-81.
- VALLE, C.B. **Seleção e melhoramento de gramíneas do gênero Brachiaria: perspectivas de lançamento**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPQC, 1990. 5p. (Comunicado Técnico, 37).
- VELLO, A.N.; VENCOVSKY, R. Comportamento e variabilidade de populações de capim-gordura *Melinis minutiflora* Beauv. **Relatório Científico da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz**, v.9, p.188-196, 1975.
- VELLO, A.N.; VENCOVSKY, R. GERALDI, I.O. Correlações genéticas e fenotípicas, respostas correlacionadas, ganho esperado na seleção e herdabilidade de alguns caracteres em capim-gordura, *Melinis minutiflora* Beauv. **Relatório Científico da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz**, Piracicaba, v.7, p.208-217, 1973.
- VELLO, A.N.; GERALDI, F.O.; VENCOVSKY, R. Possibilidade de seleção em capim-gordura *Melinis minutiflora*. **Relatório Científico da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz**, Piracicaba, v.8, p.229-237, 1974.
- VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W.E. **Genética e melhoramento**. São Paulo: USP, 1969. p.17-18.
- VENCOVSKY, R. **Princípios de genética quantitativa**. Piracicaba: ESALQ - Departamento de Genética, 1977. 97p. (ESALQ. Publicação Didática).
- ZACARIAS, C.A.B. **Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos em clones de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) e suas implicações no melhoramento**. Piracicaba: ESALQ, 1977. Tese de Mestrado. 82p.
- ZAGO, C.P. **Estimativas de herdabilidade e correlação entre caracteres em capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.)**. Viçosa: UFV, 1979. 67p. Tese de Mestrado.