



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DE CLONES E PROGÊNIES DE PALMA
FORRAGEIRA

Stênio Lopes Paixão
Engenheiro Agrônomo

Recife – PE
Dezembro - 2012



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DE CLONES E PROGÊNIES DE PALMA
FORRAGEIRA

Stênio Lopes Paixão

Recife – PE
Dezembro – 2012

Stênio Lopes Paixão

**AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DE CLONES E PROGÊNIES DE PALMA
FORRAGEIRA**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, do qual participam a Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Forragicultura

Comitê de Orientação:

Orientador: Mário de Andrade Lira, PhD

Co-orientadores: Alexandre Carneiro Leão de Mello, D.Sc.

Márcio Vieira da Cunha, D.Sc.

Recife – PE

Dezembro – 2012

Ficha catalográfica

P149a Paixão, Stênio Lopes
Avaliação morfológica de clones e Progênies de palma forrageira
/ Stênio Lopes Paixão. – Recife, 2012.
70 f. : il.

Orientador: Mário de Andrade Lira.
Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco / Universidade Federal da Paraíba /
Universidade Federal do Ceará. Departamento de Zootecnia da
UFRPE, Recife, 2012.
Referências.

1. *Opuntia ficus indica* Mill 2. Distância genética 3. Modelos
mistos I. Lira, Mário de Andrade, orientador II. Título

CDD 636

DEDICO

A Deus, que em todos os momentos ilumina os caminhos que percorremos, em busca do bem estar comum e de um futuro promissor.

Ao meu amado pai Rodrigo Lopes Paixão (*in memoriam*) com toda minha admiração, gratidão e orgulho.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos a todos que, com participações maiores ou menores, fizeram parte do meu dia a dia durante esse período de doutorado, contribuindo para o resultado final, que vai além da publicação de um trabalho, trazendo também amadurecimento profissional e pessoal.

A Deus, Mestre dos Mestres e Senhor, por tudo que tem me proporcionado nesta vida.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e, em especial, ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de estudos concedida.

Ao Prof. Mário de Andrade Lira, pela orientação segura, pelos ensinamentos valiosos, pela amizade, confiança e exemplo de dedicação profissional.

Aos conselheiros, Alexandre Carneiro Leão de Mello e Márcio Vieira da Cunha e demais professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos, cordialidade e amizade.

Aos pesquisadores do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Djalma Cordeiro e Conceição Silva e demais funcionários, pelas sugestões, idéias, colaboração e orientação na execução deste trabalho, pela amizade e exemplo profissional.

Aos amigos e colegas de curso Marcelo Cavalcante, Vanessa Melo, Laura Detoni, Alenice Tavares, Valéria Xavier, Eduardo Bruno, César Antunes, Nalégia Gomes, Toni Souza, Ricardo Macedo, Carolina Lira, Poliane Bezerra, Hiran Marcelo e a todos aqueles que eu possa ter esquecido, sintam-se também agradecidos.

Aos demais colegas e funcionários do curso de pós-graduação pela amizade, ajuda e agradável convivência.

Aos meus pais Rodrigo Lopes Paixão (*in memorian*) e Maria Benedita Nunes pela confiança, paciência e incentivo na execução deste trabalho.

“Entendendo a vida”

Se eu puder entender
Que o fluxo da seiva tronco acima e o fluxo das águas rio abaixo,
Carregam os mesmos nutrientes que estão no sangue das minhas veias...
Quando eu aprender
Que sou grão, terra e sou semente,
Saberei então que em mim e na natureza que me cerca,
Do mais elementar dos seres ao mais forte
Estão os mesmos nutrientes...
Então terei compreendido que SOU UM com o universo que tudo abrange...
Poderei assim vivenciar o AMOR,
Que me espera amorosamente, envolto em luz, além da morte,
Pois ele, o Amor, e eu (cada um de nós) somos um só!

Juan José Lucena

SUMÁRIO

| | Página |
|--|---------------|
| Lista de Tabelas | X |
| Resumo Geral | Xii |
| Abstract | Xiii |
| | |
| Considerações iniciais | 1 |
| | |
| Capítulo 1- Referencial Teórico | 2 |
| Referências Bibliográficas | 10 |
| | |
| Capítulo 2 - Caracterização e divergência genética de clones de palma forrageira no município de São Bento do Una – Pernambuco | 18 |
| Resumo | 19 |
| Abstract | 20 |
| Introdução | 21 |
| Material e Métodos | 22 |
| Resultados e Discussão | 24 |
| Conclusões | 37 |
| Referências Bibliográficas | 38 |
| | |
| Capítulo 3 - Estimativas de parâmetros genéticos e seleção de progênes de palma forrageira pelo procedimento REML/BLUP | 42 |
| Resumo | 43 |
| Abstract | 44 |
| Introdução | 45 |
| Material e Métodos | 46 |
| Resultados e Discussão | 49 |
| Conclusões | 54 |
| Referências Bibliográficas | 55 |

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

| | Página |
|--|--------|
| Tabela 1. Clones de palma forrageira avaliados, São Bento do Una-PE | 23 |
| Tabela 2. Resultados da análise de amostras de solo proveniente da área experimental | 24 |
| Tabela 3. Altura da planta (AP), largura da planta (LP) relação (AP/LP), número de cladódios por planta (NCP) de oito clones de palma forrageira, 2009 | 25 |
| Tabela 4. Altura da planta (AP), largura da planta (LP) relação (AP/LP), número de cladódios por planta (NCP) de oito clones de palma forrageira, 2012 | 26 |
| Tabela 5. Número de cladódios por ordem de oito clones de palma forrageira, 2012 | 28 |
| Tabela 6. Valores médios de comprimento (CC), largura (LC), relação LC/CC perímetro (PC) e espessura (EC) dos cladódios de oito clones de palma forrageira, 2009 | 29 |
| Tabela 7. Comparação de médias e resumo da análise de variância para comprimento do cladódio (CC), largura do cladódio (LC), perímetro do cladódio (PC) e espessura do cladódio (EC) de oito clones de palma forrageira, 2012 | 30 |
| Tabela 8. Correlação linear simples entre treze caracteres morfológicos avaliados em oito clones de palma forrageira | 33 |
| Tabela 9. Medidas de dissimilaridade relativas a oito clones de palma forrageira, obtidos a partir da estimativa da Distância Generalizada de Mahalanobis (D^2) | 34 |
| Tabela 10. Composição de agrupamentos estabelecida pelo método de Tocher aplicado à matriz das distâncias generalizadas de Mahalanobis (D^2) entre oito clones de palma forrageira | 35 |
| Tabela 11. Contribuição relativa dos caracteres para divergência genética | 36 |

Capítulo 3

| | Página |
|--|--------|
| Tabela 1. Resultados da análise de amostras de solo proveniente da área experimental | 47 |
| Tabela 2. Relação dos cruzamentos e progenitores utilizados na obtenção das progênies de palma forrageira, Município de Arcoverde - PE | 47 |
| Tabela 3. Estimativa dos componentes de variância e parâmetros genéticos para as variáveis: altura da planta (AP), largura da planta (LP), número de cladódios (NC), largura do cladódio (LC), comprimento do cladódio (CC) e perímetro do cladódio (PC) em progênies de palma forrageira, Arcoverde - PE, 2011 | 50 |
| Tabela 4. Classificação das progênies, predição dos efeitos genotípicos (g), ganho e nova média para altura da planta (AP), largura da planta (LP) e número de cladódios (NC) de progênies de palma forrageira, Município de Arcoverde - PE, 2011 | 53 |
| Tabela 4. Classificação das progênies, predição dos efeitos genotípicos (g), ganho e nova média para altura da planta (AP), largura da planta (LP) e número de cladódios (NC) de progênies de palma forrageira, Município de Arcoverde - PE, 2011 | 54 |

RESUMO GERAL

Os trabalhos que compõem esta tese têm por fim a caracterização morfológica e avaliação da divergência genética de clones de palma forrageira por meio de técnicas multivariadas, bem como a estimação de parâmetros genéticos e seleção de progênes pelo procedimento REML/BLUP. O experimento 1 foi instalado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, São Bento do Una – PE, no ano de 2006, com o objetivo de avaliar a divergência genética entre oito clones de palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* (Algerian, Copena F1, Chile Fruit, Gigante, IPA-20, Miúda, Orelha de elefante africana e Redonda), estimar a importância de cada caráter para a divergência e a correlação linear utilizando 13 caracteres quantitativos. As análises de variância revelaram diferenças significativas entre os clones, sendo possível detectar a formação de três grupos geneticamente distintos. O grupo 1, formado pelos clones Algerian, Chile Fruit, Copena F1, Gigante, IPA-20, o grupo 2 com os clones Orelha de elefante africana e Redonda e grupo 3 formado pelo clone Miúda. Os caracteres que mais contribuem para a divergência genética foram largura e comprimento do cladódio com 48,32% da variação encontrada. As correlações mais relevantes ocorreram entre comprimento do cladódio e perímetro do cladódio ($r = 0,83$) e número de cladódios de primeira ordem com número de cladódios de segunda ordem ($r = 0,82$). Portanto, concluí-se que houve divergência fenotípica entre os oito clones de palma forrageira estudados, evidenciando potencial para uso em programas de melhoramento. O experimento 2, instalado no município de Arcoverde – PE, teve por objetivo avaliar 11 progênes de irmãos germanos de palma forrageira, obtidos a partir do cruzamento de sete clones (Gigante, Redonda, IPA-20, Algerian, Copena F1, Chile Fruit e S.B.1), com a finalidade de selecionar os acessos superiores, bem como estimar os componentes de variância e parâmetros genotípicos, usando o procedimento REML/BLUP. As estimativas de herdabilidade, no sentido amplo, foram de elevada magnitude para altura da planta, largura da planta e comprimento do cladódio evidenciando o bom controle genético e a possibilidade de avanços genéticos expressivos com a seleção. Pela ordenação das médias genotípicas, as progênes P6 (Copena F1 x Gigante) e P10 (Redonda x Algerian) foram as melhores classificadas quanto aos caracteres avaliados.

ABSTRACT

This research aimed the morphological characterization the evaluation of the genetic divergence of *Opuntia ficus-indica* genotypes through multivariate techniques, as well as the estimation of genetic parameters and selection of progenies by REML/BLUP methodology. They were realizing two experiments in the Experimental Station of Pernambuco, Agricultural Research Institute – IPA, Northeast Brazil. The experiment 1 was installed at the São Bento do Una in 2006, with the goal of assessing the genetic divergence among eight *Opuntia* sp. and *Nopalea* sp. clones (Algerian, Copena F₁, Chile Fruit, “Gigante”, IPA-20, “Miúde”, “Orelha de Elefante Africana” and “Redonda”), estimate the importance of each character for the genetic divergence and the linear correlation using 13 quantitative traits. Analysis of variance revealed significant differences between genotypes and can detect the formation of three genetically distinct groups. The group 1, formed by Algerian genotypes, Chile Fruit, Copena F₁, Gigante, IPA-20; the group 2 with “Orelha de Elefante Africana” and “Redonda” varieties; and group 3, comprised by “Miúda” variety. The traits that most contribute for the genetic divergence were width and length of cladodes, with 48.32% of the total variation. The most significant correlations occurred between length and the perimeter of cladode ($r = 0.83$) and number of cladodes from first order with number of cladodes of the second order ($r = 0.82$). Therefore, concluded that there was phenotypic divergence among the eight *Opuntia* and *Nopalea* genotypes studied, showing potential for use in breeding programs. In the experiment 2, located in the Arcoverde Experimental Station, the aim was to evaluate 11 *Opuntia* sp. sib progenies obtained from the crossing of seven genotypes (“Gigante”, “Redonda”, IPA-20, Algerian, Copena F₁, Chile Fruit and SB1), in order to select superior genotypes as well as estimate the components of variance and genotypic parameters, using the REML/BLUP methodology. Estimates of heritability in the broad sense were of high magnitude for plant height, width and length of the cladodes, showing good control and the possibility of genetic advances with significant genetic selection. For the ordering of genotypic averages, P6 progenies (Copena F₁ x “Gigante”) and P10 (Algerian x “Redonda”) were classified as the best.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O semiárido do Nordeste Brasileiro apresenta irregularidade na distribuição das chuvas e elevadas taxas de evapotranspiração, fazendo com que a disponibilidade e qualidade da forragem nessas áreas sejam comprometidas durante o ano, além de dificultar o cultivo de espécies forrageiras perenes que apresentam elevado potencial produtivo. Neste contexto, as cactáceas, tendo como principal representante a palma forrageira, surgem como uma alternativa viável à produção de alimento para os rebanhos nesta região.

Através do melhoramento genético de plantas é possível identificar e explorar as variações genéticas existentes em grupos de plantas e, posteriormente, utilizá-las como novos recursos na transformação genética das espécies de importância econômica. Estudar a distribuição da variância genética entre e dentro de populações da palma forrageira é de fundamental importância para delimitar as estratégias ótimas para a conservação, manejo e melhoramento desta espécie. Outros estudos relacionados ao desempenho agrônomico, resistência às pragas e doenças, bem como a quantificação da dissimilaridade genética existente, com vista à identificação de progenitores que, ao serem cruzados produzam recombinações superiores nas gerações segregantes, também são de suma importância.

A introdução e seleção de genótipos adaptados e que apresentem resistência às pragas (cochonilhas) e as principais doenças é uma alternativa viável e de baixo custo para os produtores, devendo-se levar em consideração as demais características de importância agrônomico da cultura como critérios de seleção. Deste modo, aumenta-se a probabilidade de se obter genótipos superiores, a partir de cruzamentos direcionados e posterior seleção dos indivíduos que apresentem características desejáveis ao programa de melhoramento.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar oito clones de palma forrageira, a partir de caracteres morfológicos com o emprego de técnicas multivariadas e 11 progênies de irmãos germanos quanto à variabilidade genética existente, visando classificar e selecionar os acessos superiores, por meio do procedimento REML/BLUP. A Tese é composta por três capítulos: Capítulo 1 – Referencial teórico; Capítulo 2 – Caracterização e divergência genética de clones de palma forrageira no município de São Bento do Una – Pernambuco. Capítulo 3 - Estimativas de parâmetros genéticos e seleção de progênies de palma forrageira pelo procedimento REML/BLUP.

CAPÍTULO 1
REFERENCIAL TEÓRICO

AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DE CLONES E PROGÊNIES DE PALMA
FORRAGEIRA

A cultura da palma forrageira

Origem e histórico da palma forrageira

A palma forrageira é uma espécie de cacto nativo do México, que é utilizado para os mais diversos fins. O México explora esta cultura desde o período pré-hispânico, assumindo um papel importante na economia agrícola deste país (Reinolds & Arias, 2004).

A família *Cactaceae* possui cerca de 130 gêneros e 1500 espécies, das quais 300 são do gênero *Opuntia* Mill (Mohamed-Yasseen et al., 1996). Esta família teve o maior sucesso nos processos de distribuição, dispersão e multiplicação, sendo encontrada desde o Canadá (latitude 59°N) a Argentina (latitude 52°S), do nível do mar aos 5100 m de altitude no Peru. Da Europa, para onde foi levada desde 1520, esta cactácea mexicana se espalhou, a partir do Mediterrâneo, para a África, Ásia e a Oceania (Hoffmann, 2001).

O cultivo da palma também obteve êxito em muitos países da Europa, como a Espanha e a Itália, apesar de suas características edafoclimáticas diferirem das características do seu país de origem. Na Espanha a palma é normalmente cultivada em pequenas propriedades familiares. Nas ilhas Canárias a principal atividade é a extração do carmim para a fabricação de corante (Barbera, 2001). Na Itália a palma é utilizada como planta forrageira e planta frutífera para o consumo humano (Barbera et al., 1992).

Sua introdução no Brasil se deu pelos portugueses na época da colonização, provavelmente trazida das Ilhas Canárias para a cidade do Rio de Janeiro com vistas a quebrar o monopólio Espanhol sobre o vermelho carmim produzido no México (Simões et al., 2005). Este mesmo autor relata em suas pesquisas que foram feitas pelo Brasil duas importações, uma por Herman Lundgren em Pernambuco, e outra pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) que destinou mudas para o Juazeiro da Bahia, Paraíba e Ceará.

O seu cultivo no Nordeste do Brasil começou no início do século XX, o mesmo acontecendo concomitante nas regiões áridas e semi-áridas dos Estados Unidos, África e Austrália (Teixeira et al., 1999). Não havendo êxito quanto à exploração inicial desta cultura, a palma passou a ser utilizada para fins ornamentais. Acidentalmente, foi descoberta como planta forrageira durante a grande seca de 1932, passando a ser utilizada na alimentação dos rebanhos nos períodos secos (Lima et al., 2001). Neste momento, o Governo Federal, por meio do Ministério da Viação e Obras públicas, lançou o primeiro programa de disseminação desta cultura, com a implantação de campos de palma do Piauí até a Bahia, com mudas trazidas de Pernambuco (Caruaru e Custódia) e Paraíba (Monteiro) (Duque, 1980).

Domingues (1963) relata que a disseminação da palma forrageira no estado de Pernambuco se deu por meio de um Decreto do Interventor, que oferecia prêmios aos produtores que seguissem as recomendações exigidas para a produção da cultura, como: espaçamento, alinhamento, ausência de falhas, bom desenvolvimento e bom trato cultural. Em Alagoas, Delmiro Gouveia que outrora, havia introduzido a variedade miúda, para servir de hospedeira a cochonilha do carmim foi quem fomentou o seu cultivo em alguns municípios alagoanos, com o intuito de utilizá-la como volumoso para o gado nos períodos mais secos do ano (Domingues, 1963).

A grande capacidade de adaptação e a elevada produção de forragem de qualidade e a baixo custo, são as principais causas da crescente expansão do cultivo da palma no mundo, principalmente quando comparada com outras culturas forrageiras em regiões semiáridas (Santos et al., 2010)

Importância e utilização da palma forrageira nas regiões semiáridas

Na família das cactáceas, os gêneros *Opuntia* e *Nopalea* são os mais importantes para o homem devido às mais diversas utilidades, que vai desde a alimentação humana, arraçamento animal, produção de medicamentos, cosméticos e corantes, conservação e recuperação de solos, produção de biogás, cercas vivas, paisagismo, além de uma infinidade de usos. É a planta mais explorada e distribuída nas zonas áridas e semi-áridas do mundo, contudo sua real dimensão produtiva ainda não foi plenamente conhecida no Nordeste do Brasil (Leite, 2006).

A falta de alimento na época seca é o maior desafio a ser enfrentado pela pecuária no semiárido nordestino. Devido à sazonalidade da produção forrageira, a palma se apresenta como um alimento de grande importância para os rebanhos, principalmente nos períodos de estiagens prolongadas, pois, além de servir como volumoso supre grande parte das necessidades de água dos animais na época de escassez (Santos et al., 2006). De maneira geral, pode-se dizer que algumas das bacias leiteiras situadas no semiárido nordestino, são sustentadas tendo a palma como volumoso principal, juntamente com as silagens de milho e sorgo, além de farelos e tortas de cereais e oleaginosas (Pimienta, 2003; Menezes et al., 2005).

O Nordeste do Brasil é a região onde se concentra a maior área de cultivo de palma do mundo (Lopes et al., 2007) no qual é utilizada como forragem para a alimentação de ruminantes, principalmente na bovinocultura de leite. Araújo Filho (2007) observou em seus trabalhos que o estado de Alagoas é o que possui a maior área plantada com palma na região

Nordeste do Brasil, com cerca de 180.000 ha cultivados. Alguns levantamentos revelam que cerca de 84,6% dos produtores do Sertão pernambucano cultivam palma forrageira em suas propriedades e na região Agreste do Estado a palma ocupava, em média, 32% da área de cada propriedade (Chagas, 1992).

A palma forrageira é um alimento que possui alta concentração de energia, rica em minerais e carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais e elevado potencial de produção por área (Costa, 2006; Wanderley et al., 2002). Porém, apresenta baixos teores de fibra em detergente neutro (FDN), em torno de 26%, necessitando sua associação a uma fonte de fibra que apresente alta efetividade (Mattos et al., 2000).

A eficiência da produção animal vem sendo incrementada ao combinar a utilização de pastagens nativas com forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas da região, em decorrência da baixa produtividade das forrageiras nativas, principalmente na época de estiagem, período em que as limitações nutricionais dos animais ficam mais visíveis (Lira et al., 1989; Guimarães filho & Soares, 1992). Por outro lado, a oferta de palma forrageira na estação seca do ano, tanto melhora os índices reprodutivos do rebanho, como reduz a incidência de doenças causadas por deficiência de vitaminas (Campello & Souza, 1960).

O elevado valor forrageiro desta cactácea está associado aos seus elevados teores de umidade (em torno de 90%) e de nutrientes digestíveis totais na matéria seca (62% da MS) (Wanderley et al., 2002) características estas que minimizam os efeitos negativos provocados pela sazonalidade na produção forrageira nesta região.

Por apresentar limitações quanto ao valor protéico e fibra, a palma forrageira não deve ser fornecida aos animais como alimento exclusivo, sendo necessário o uso associado de alimentos volumosos e fontes protéicas. Segundo Albuquerque et al. (2002), animais alimentados com quantidades elevadas de palma, por vezes, apresentam distúrbios digestivos (diarréia), provavelmente associado à baixa quantidade de fibra dessa forrageira. Daí a importância de complementá-la com volumosos ricos em fibra, a exemplo de silagens, fenos e capins secos.

O alto teor de umidade apresentado pela palma, geralmente superior a 85%, se reveste de grande importância nos meses de estiagem, em que a água passa a ser um fator limitante, principalmente, por se tratar de uma fonte de água de qualidade para o consumo animal. O NRC (2001) não relata haver redução no CMS, quando dietas contendo até 70% de umidade foram fornecidas para uma mesma categoria animal. Provavelmente, este comportamento deve-se a redução na ingestão de água por parte dos animais que recebem alimentos como a palma forrageira, os quais, devido ao seu alto teor de umidade, suprem

parte da exigência deste líquido aos animais (Ben Salem et al., 2004; Oliveira et al., 2007; Bispo et al., 2007).

Melhoramento genético da palma forrageira

Os programas de melhoramento da palma forrageira se comparado aos programas de melhoramento da maioria das culturas de importância econômica encontra-se bastante incipiente. No mundo, existem diversos programas de melhoramento desta cactácea para os mais diversos fins, inclusive o forrageiro. Santos et al., (2005), relata que o programa de melhoramento da palma no Brasil foi iniciado em 1985 pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) por meio de hibridação de progênies de polinização livre da palma gigante. Este programa é dividido em dois segmentos: I. Diversificação da base genética por introduções e II. Geração de novos clones por cruzamentos.

No México, país de origem da palma, o melhoramento genético desta cultura é praticado em espécies de *Opuntia* selvagens, híbridos naturais e/ou obtidos por meio de cruzamentos dirigidos. Para Mondragón-Jacobo & Pérez-González (2003), a hibridação natural entre espécies distintas de *Opuntia* é comum e esta relacionada com o nível de ploidia, representando uma das maiores causas de diversidade. No entanto, a seleção de plantas mais vigorosas e que produzem frutos mais saborosos, sempre foi praticada pelos habitantes do México, promovendo de modo incipiente a seleção de fenótipos superiores ao longo do tempo (Pimienta Barrios & Muñoz-Urias, 2001).

Mondragón & Borderlon (1998) têm descrito algumas técnicas de hibridação para *Opuntias*, relatando inclusive as dificuldades encontradas durante a realização dos cruzamentos controlados. As flores de *Opuntia* são hermafroditas, requerendo que sejam realizadas emascações e isolamentos das mesmas para que seja possível a realização dos cruzamentos (Mondragón-Jacobo & Pérez-González, 2003).

No melhoramento genético da palma forrageira, a seleção é praticada em todas as etapas do programa, que envolve a seleção dos genitores, a escolha dos cruzamentos, a seleção na população de indivíduos oriundos dos cruzamentos realizados e nas etapas subsequentes, com a seleção clonal. Nas fases finais do melhoramento, os clones são validados nos respectivos ambientes de produção, o que permitirá a identificação dos indivíduos que apresentarem elevado valor genotípico.

No Brasil há quatro bancos ativos de germoplasma (BAG) de palma. A Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) possui cerca de 280 acessos e a Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA) apresenta cerca de 170

acessos. Na Embrapa Semi-árido também há um BAG com 27 acessos, enquanto que o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) possui o maior BAG de palma, com aproximadamente 1417 acessos, introduzidos principalmente do México e do Chile, mas também gerados pelo programa de melhoramento genético desenvolvido pelo IPA em parceria com a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Inicialmente não foi realizada nenhuma ação sistemática de introdução de novos clones de palma. Contudo, eventualmente foram obtidos alguns clones da África e de Israel, que tinham sido introduzidos pelo então Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi Árido (CPATSA), da EMBRAPA. Posteriormente, nos anos 90, foi introduzida do México, pelas empresas de pesquisa de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e do Ceará uma coleção com 159 entradas, que incluía clones para fruta, verdura e forragem. Além destas introduções, foram introduzidos cinco clones do Rio Grande do Norte, quatro de Petrolina, que tinham sido provavelmente introduzidos por um grupo Italiano para produção de carmim e, por último, um clone de Alagoas, que veio do Sertão da Bahia, que se trata de uma variação espontânea da palma doce (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck).

A fase atual do programa de melhoramento IPA/UFRPE é o de recombinação por meio de cruzamentos controlados, tendo, para isto, implantados dois blocos de cruzamentos com genótipos dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* em duas estações experimentais do IPA.

Os trabalhos de geração de novos clones levam em consideração quatro pontos importantes: I) O plantio comercial da palma forrageira utiliza o método de propagação assexuada; II) A maioria dos clones existentes são heterozigotos, sendo a palma uma planta alógama quanto à reprodução; III) A maioria das sementes botânicas são proveniente de propagação sexuada, mas é possível a ocorrência de apomixia; IV) Plantas obtidas por sementes apresentam grande variabilidade genética e oportunidade de seleção (Barrientos Perez, 1981).

Contudo a formação de sementes apomíticas e a extensa fase juvenil das mesmas têm proporcionado alguns problemas aos trabalhos dos melhoristas (Mondragon-Jacobo, 2002). Sementes apomíticas dão origem a descendentes idênticos a planta mãe, o que acaba por impedir a seleção de indivíduos superiores, devido à ausência de segregação independente dos genes.

Tanto o melhoramento genético, quanto a evolução das práticas de manejo vêm promovendo um aumento na produtividade da palma forrageira ao longo dos anos. No entanto, a base genética estreita das cultivares, em algumas situações, tem limitado o cultivo

desta cactácea, principalmente em relação à ocorrência de pragas, das quais se destaca a cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp.).

A cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntia*) é explorada comercialmente em alguns países, gerando renda e milhares de empregos com a produção e comercialização do ácido carmínico, pigmento largamente utilizado na indústria alimentícia. (Lopes et al, 2007). Todavia, nos últimos anos este inseto vem atacando a palma forrageira causando efeitos negativos sobre a produção desta cultura. Estima-se que cerca de 100 mil hectares, 80% da área plantada, estejam infestados e irrecuperáveis nos estados de Pernambuco e Paraíba, causando prejuízos financeiros aos agricultores em torno de 150 milhões de reais ao ano (Lopes et al., 2011; Embrapa Semiárido, 2011). No entanto, ainda são muito escassas as pesquisas a respeito de aspectos biológicos das principais pragas e doenças da palma forrageira, bem como a respeito de seu controle.

A identificação de clones resistentes à cochonilha do carmim tem sido um dos principais pontos de interesse do programa de melhoramento genético da palma. Há contradição sobre a origem desta praga nos palmais nordestino. Relatos dão conta de que ela foi introduzida para efeito de estudos, escapando ao controle e tornando-se praga. No entanto, Lopes et al. (2008) afirmam que a praga é uma cochonilha que pertence ao gênero *Dactylopius*, nativa da caatinga, tendo sido detectado quatro espécies do gênero atacando a cultura da palma na região agreste de Pernambuco e Paraíba.

O Programa de melhoramento do IPA conta com a efetiva participação da UFRPE e tem sido objeto de dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia-UFRPE e do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia-UFRPE/UFPB/UFC.

Variabilidade genética e metodologias utilizadas no melhoramento genético

Estudos realizados em populações selvagens e comerciais de palma forrageira nas regiões semi-áridas do México têm revelado a existência de ampla variabilidade fenotípica, sendo esta, maior nos quintais ou cercas-vivas das casas que em populações selvagens e plantações comerciais. Ampla variabilidade pode ser observada em relação a morfologia e tamanho dos cladódios; tamanho, forma e cor das frutas e características fenológicas, como o período de floração (Pimienta & Mauricio, 1989). Este fato se deve ao processo de hibridação natural, associado à poliploidia e ao isolamento geográfico (Gibson & Nobel, 1986).

Os diferentes níveis de ploidia (2x, 3x, 4x, 5x, 6x, 8x, 10x, 11x, 12x, 13x, 19x, 20x) (Sosa, 1964;) encontrados na palma favoreceram o processo de seleção realizado pelos

habitantes das regiões áridas e semiáridas do México e do mundo, pois desempenham papel importante tanto no aumento do vigor vegetativo quanto reprodutivo desta cultura. Espécies poliplóides de palma forrageira apresentam cladódios mais vigorosos e frutas maiores quando comparados aos diplóides, proporcionando a geração de germoplasma valioso e de grande importância para a realização de estudos sobre a evolução das cactáceas e para os futuros programas de melhoramento genético.

Segundo Pinkawa et al. (1992), cerca de 63% das espécies da subfamília *Opuntioideae* são poliplóides. Vale ressaltar que a maioria das espécies cultivadas de palma forrageira apresenta um maior número de cromossomos ($2n=6x=66$ e $2n=8x=88$) quando comparadas as populações selvagens ($2n=2x=22$ e $2n=4x=44$). No entanto, algumas populações selvagens também podem apresentar grande número de cromossomos, como é o caso da *O. streptacantha*. Alguns estudos dão conta de grande variabilidade para resistência e suscetibilidade a fatores bióticos e abióticos que afetam o desenvolvimento e a produtividade desta cultura, todavia, ainda não foram determinadas a origem e as causas dessa variação, que são de suma importância para definição das futuras estratégias de melhoramento.

Carranza-Sabás et al., (2004) concluíram que no México existem aproximadamente 206 táxons de Palma, sendo que 126 são do subgênero *Opuntia*. Estes autores observaram ainda, uma variedade muito grande de características morfológicas, que provavelmente, se deve aos diferentes graus de domesticação. Para os programas de melhoramento genético de plantas a caracterização morfológica constitui uma ferramenta indispensável ao melhorista, auxiliando na seleção de indivíduos que apresentem características de interesse e evitando a introdução de materiais em duplicata nos bancos de germoplasmas.

A maioria dos estudos relacionados determinação da diversidade genética na cultura da palma com base em uma ou poucas variáveis tem-se mostrado inadequada, por não abranger a complexidade das interações genéticas e ambientais. Até o momento, estudos sobre os aspectos agrônômicos e zootécnicos têm sido feitos por meio de análises univariadas, e quando muito, por análises de regressões múltiplas, não havendo registro de estudos quantitativos envolvendo análises multivariadas na avaliação da palma forrageira (Santos et al., 1998). A utilização de técnicas multivariadas apresenta a vantagem de levar em conta diversas variáveis aleatórias simultaneamente, cada uma tendo igual importância na análise inicial, enquanto que, a univariada, há interesse apenas na análise da variação em uma variável aleatória (Manly, 1994).

A utilização de técnicas análise multivariadas permite que a seleção seja praticada a partir de um conjunto de variáveis, combinando múltiplas informações, possibilitando a

discriminação de materiais mais promissores e a identificação de combinações híbridas de maior efeito heterótico (Cruz et al., 2011). A necessidade de compreensão das relações entre as diversas variáveis faz com que as análises multivariadas sejam complexas ou até mesmo difíceis de serem realizadas.

O emprego de caracteres morfológicos em associação a técnicas multivariadas, tem sido amplamente utilizado, sendo encontrado exemplos em culturas anuais como trigo (Máric et al., 2004; Bertan et al., 2006), algodão (Carvalho et al., 2003), aveia (Benin et al., 2003; Lorencetti, 2004), milho (Melchinger et al., 1990; Boppenmaier et al., 1993), plantas daninhas (Vidal et al., 2005), frutíferas (Mattos Junior et al., 1999), florestais (Lopes et al., 2004), forragem (Shimoy et al., 2002), humano-florestal (Sant'anna & Malinovski, 2002), zoneamento agrícola (Melo et al., 2004), análises químicas (Moita Neto & Moita, 1998), e animal (Abreu et al., 2002).

Diversas técnicas de análise multivariadas podem ser utilizadas em estudos relacionados a determinação da divergência genética, tais como Medidas de dissimilaridades, Análises de Agrupamento e Discriminantes, dentre outras (Dias et al., 1997). A escolha da técnica mais adequada relaciona-se com a precisão desejada, a facilidade da análise e a maneira como os dados são obtidos.

Os modelos multivariados possuem em geral, um propósito através do qual o pesquisador pode testar ou inferir a respeito de uma hipótese sobre um determinado fenômeno. No entanto a sua utilização adequada depende do bom conhecimento das técnicas e das suas limitações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, V. M. N.; SILVA, M. A.; CRUZ, C. D. FIGUEIREDO, É. A. P.; P. G.; ABREU. Desempenho e predição de híbridos e análise de agrupamento de características de matrizes de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.617-626. 2002.

ALBUQUERQUE, S. S. C. I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MELO, J. N.; FARIAS, I. Utilização de três fontes de nitrogênio associadas à palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill) cv. Gigante na suplementação de vacas leiteiras mantidas em pasto diferido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1315-1324. 2002.

ARAÚJO FILHO, J. T.; SILVA, F. G.; OLIVEIRA, J. C.; FRAGRA, A. B.; LEMOS, E. E. P. Production of dry matter in varieties of *Opuntia* in the semiarid zone of Alagoas, Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PALMA E COCHONILHA. João Pessoa. **Anais...** (CD-ROM). 2007.

BARBERA, G.; CARIMI F.; INGLESE, P. Past and present role of the Indian-fig prickly-pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, *Cactaceae*) in the agriculture of Sicily. **Economic Botany**, New York. v.46, n.1, p.10-22. 1992.

BARBERA, GUISEPPE. **História e importância econômica e agroecologia**. In: BARBERA, GUISEPPE; INGLESE, Paolo (Eds.). Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira. Paraíba: SEBRAE/PB, p.1-11. 2001.

BARRIENTOS PEREZ, F. **El nopal (Opuntia spp.): Su mejoramiento y utilizacion en México**. Metepec: CADAGEN, p.20. 1981.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, A. C.; MARCHIORO, V. S.; LORENCETTI, C.; KUREK, A. J.; SILVA, J. A. G.; CRUZ, P. J.; HARTWIG, I.; SCHMIDT, D. A. M. Comparações entre medidas de dissimilaridade e estatísticas multivariadas como critérios no direcionamento de hibridações em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.657-662. 2003.

BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A.; BEN SALEM, L. Spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) and oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) as alternative supplements for growing Barbarine lambs given straw-based diets. **Small Ruminant Research**, Pretoria, v.51, n.1, p.65 - 73. 2004.

BERTAN, I.; CARVALHO, F. I. F. DE; OLIVEIRA, A. C. DE; VIEIRA, E. A.; HARTWIG, I.; SILVA, J. A. G. DA; SHIMIDT, D. A. M.; VALÉRIO, I. P.; BUSATO, C. C.; RIBEIRO, G. Comparison of clustering methods representing morphological distances between wheat genotypes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.3, p.279-286. 2006.

BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VERAS, A. S. C.; BATISTA, A. M. V.; PESSOA, R. A. S.; BLEUEL, M. P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909. 2007.

BOPPENMAIER, J., MELCHINGER, A. E., SEILTZ, G., GEIGER, H. H.; HERRMANN, R. G. Genetic diversity for RFLPs in European maize inbreds. III. Performance of crosses within versus between heterotic groups for grain traits. **Plant Breeding**, Berlin, v.111, n.3, p.217–226. 1993.

CAMPELLO, E. B.; SOUZA, A. C. **Emprego das cactáceas forrageiras no polígono das secas**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. Serviços de Informação Agrícola, 30p. 1960.

CARRANZA-SABÁS, J. A; PEÑA-VALDIVIA, C. B; REYES-AGÜERO, J. A; LUNA CAVAZOS, M; FLORES-HERNÁNDEZ, A. Caracterización morfológica *In situ* de cladodios de *Opuntia* spp. En bermejillo, durango. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, Chapingo, v.10, n.1, p.75-77. 2004.

CARVALHO, L. P. DE; LANZA, M. A.; FALLIERI, J.; SANTOS, J. W. Análise da diversidade genética entre acessos de banco ativo de germoplasma de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.38, n.10, p.1149-1155. 2003.

CHAGAS, A. J. C. Adoção de tecnologia na pecuária pernambucana. In: Simpósio nordestino de alimentação de ruminantes. **Anais**. Recife: [s.n.], p.108-116. 1992.

COSTA, G. F. L. Alternativas de produção e conservação estratégica de forragem no semi-árido Nordeste. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO DE CAPRINOS E OVINOS, 1, 2006, Campina Grande. **Anais...** Palestra em Cd-Rom. Campina Grande: SEDAP. 2006.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. B.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. 1. ed. Visconde de Rio Branco, MG: Suprema Gráfica Editora, v.1. 620 p. 2011.

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, G. C. T.. Divergência genética multivariada na preservação de germoplasma de cacau (*Theobroma cacao* L.). **Revista Agrotrópica**, v.9, n.1, p.29-40. 1997.

DOMINGUES, O. **Origem e introdução da palma forrageira no Nordeste**. Recife: Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisa Sociais. 1963.

Paixão, S. L. Avaliação morfológica de clones e progênies de palma forrageira

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as Lavouras Xerófilas**. 3ª ed. Mossoró, ESAM/FUNDAÇÃO GUIMARÃES. Coleção Mossoroense, v.143, 316p. 1980.

EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Pesquisa desenvolve tecnologias para o controle da cochonilhado-carmim**. 2008. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/noticias/noticial47.php>> Acessado em novembro de 2011.

GIBSON, A. E; P. NOBEL. **The cactus primer**. Harvard University Press, Cambridge. 1986.

GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J. G. G. **Sistema Caatinga – Buffel – Leucena para recria e engorda de bovinos no semiárido**. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 4, RECIFE-PE. **Anais: UFRPE**, p.173-191. 1992.

HOFFMANN, W. Etnobotânica. In: BARBERA, G.; INGLESE, P. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Traduzido por SEBRAE/PB. João Pessoa: SEBRAE/PB, p. 12-19. 2001.

LEITE, M. L. V. **Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* e *Nopalea cochenilifera*)**. Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Centro de Ciências Agrárias – CCA, Grupo de Pesquisa Lavoura Xerófila – GPLX, Areia. 2006.

LIMA, I. M. M.; GAMA, N. S. Registro de plantas hospedeiras (*Cactaceae*) e de nova forma de disseminação de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemíptera: Diaspididae), cochonilha-da-palma-forrageira, nos estudos de Pernambuco e Alagoas. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.30, n.3, p.479-481. 2001.

LIRA, M. A.; FARIAS. I.; SANTOS, M. V. F.; TAVARES FILHO, J. J. **Introdução, geração e avaliação de clones de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill)**. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 2. Natal. **Anais: EMPARN**, p.241. 1989.

LOPES, M. C.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. ; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES ,D. L. G.; MENEZES, L. F. Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.2, p.133-144. 2004.

LOPES, E. B.; BRITO, C. H.; GUEDES, C. C.; SANTOS, D. C.; ARAÚJO, E.; BATISTA, J. L.; ARAÚJO, L. F.; VASCONCELOS, M. F.; COELHO, R. S. B.; CAVALCANTI, V. A. L. B. **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**. João Pessoa: EMEPA/FAEPA, 130p. 2007.

LOPES E. B.; ALBUQUERQUE, I. C.; BRITO, C. H.; BATISTA, J. L. **Manejo Integrado da Cochonilha-do-Carmim na Paraíba**. Ações de Pesquisa e Experimentação. EMEPA-PB, Lagoa Seca, Relatório Anual. 35 p. 2008.

LOPES, E. B. **Cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae*, Cockrell)**: Nova Praga da Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill) nos Estados de Pernambuco e Paraíba. Nota Técnica. Disponível em: <www.emepa.org.br>. Acessado em outubro de 2011.

LORENCETTI, C. Capacidade combinatória de genitores e suas implicações no desenvolvimento de progênies superiores em aveia (*Avena sativa* L.). Pelotas, 102p. **Tese (Doutorado)**. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/Universidade Federal de Pelotas. 2004.

MANLY, F. J. **Multivariate statistical methods: a primer**. London: Chapman and Hall, 215p. 1994.

MÁRIC, S.; BOLARÍC, S.; J. MARTINCIC, I. PEJIC; V. KOZUMPLIK. Genetic diversity of hexaploid wheat cultivars estimated by RAPD markers, morphological traits and coefficients of parentage *Plant Breeding*, Berlin, v.123, n.4, p.366-369. 2004.

MATTOS JUNIOR, D.; GONZALES, A. F.; POMPEU JUNIOR, J.; PARAZZI, C. Avaliação de curvas de maturação de laranjas por análise de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2203-2209, 1999.

MATTOS, L. M. E.; FERREIRA, M. A.; SANTOS, D. C. LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; BATISTA, A. M. V.; VÉRAS, A. S. C. Associação da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) com diferentes fontes de fibra na alimentação de vacas 5/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2128-2134. 2000.

MELCHINGER, A. E.; LEE, M.; LAMKEY, K. R. ; HALLAUER, A. R. WOODMAN, W. L. Genetic diversity for restriction fragment length polymorphisms and heterosis for two diallel sets of maize inbreds. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v.80, n.3, p.488-496. 1990.

MELO, R. W.; FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Indicadores de produção de soja no Rio Grande do Sul comparados ao zoneamento agrícola . **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1167-1175. 2004.

MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A. SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no nordeste do Brasil: Conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Ed. Universitária da UFPE, Recife, Brasil, 258pp. 2005.

MOHAMED-YASSEEN, Y.; BARRINGER, S. A.; SPLITTSTOESSER, W. E. A note on the uses of *Opuntia spp.* in Central North America. **Journal of Arid Environments**, v.32, n.3, p.347-353.1996.

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. **Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados**. Química Nova, São Paulo, v.21, n.4, p.467-469. 1998.

MONDRAGÓN, J. C; BORDERLON, B. P. Cactus pear (*Opuntia spp.*, Cactacea) breeding for fruit production. **J. Professional Association for Cactus Development**, 2: p.60-65. 1998.

MONDRAGON-JACOBO, C. Caracterización genética de una colección de Nopal (*Opuntia spp.*) de la región centro de México. **Agricultura Técnica en México**, Texoco, v.28, n.1, p.3-14. 2002.

MONDRAGÓN-JACOBO, C.; PÉREZ-GONZALEZ, H. Recursos genéticos e mejoramiento de *Opuntia* para producción de forraje. In.: MONDRAGONJACOBO, C; PÉREZ-GONZALEZ, S; JIMÉNEZ, A. E; REYNOLDS, S. G; SÁNCHEZ, M. D. **El nopal (*Opuntia spp.*) como forraje**. Rome: FAO. 2003.

NRC - National Research Council (Washington, EUA). **Nutrient requirements of the dairy cattle**. 7. ed. Washington, 408p. 2001.

OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; SILVA, DARANA K. T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.2, p.71-76. 2007.

PIMIENTA, B. E. El nopal tunero (*Opuntia spp.*): Una alternativa ecológica productiva para las zonas áridas y semiáridas. **Ciência**, v.44, n. 2, p.345-356. 2003.

PIMIENTA, B. E. E L. MAURICIO. Variación en componentes del fruto maduro entre formas del nopal (*Opuntia* spp.) tunero. **Revista Fitotecnia Mexicana**. 12: p.183-196. 1989.

PIMIENTA-BARRIOS, E.; MUÑOZ-URIAS, A. Domesticação da *Opuntias* e variedades cultivadas. In: BARBERA, G., INGLESE, P., PIMIENTA-BARRIOS, E (Org.) **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. SEBRAE: FAO, p.58-61. 2001.

PINKAVA, D. J., B. D. PARFITT, M. A. BAKER E R. D. WORTHINGTON. Chromosome numbers in some Cacti of Western North America -VI- with Nomenclatural Changes. *Madroño*. 39(2): p.08-113. 1992.

REINOLDS, STEPHEN G.; ARIAS, ENRIQUE. **Cactus (*Opuntia* spp.) as forage**. Plant Production and Protection Paper 169. FAO, 2001.

SANT'ANNA, C. M.; MALINOVSKI, J. R. Uso da análise multivariada no estudo de fatores humanos em operadores de motosserra. **CERNE**. Lavras, v. 8, n.2, p.98-104. 2002.

SANTOS, M. V. F.; FARIAS, I; LIRA, M. DE A.; NASCIMENTO, M. M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J. Colheita da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica* Mill) cv. gigante sobre o desempenho de vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.1, p.33-39. 1998.

SANTOS, D. C.; LIRA, M. A.; DIAS, F. M. Melhoramento genético da palma forrageira. In: MENEZES, R. S. C, SIMÕES, D. A. SAMPAIO, E. V. S. B. (Eds.) **A palma no Nordeste do Brasil, conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. 1. ed. Universitária: UFPE. p.27 - 42. 2005.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N.. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: IPA, 48p. (IPA. Documentos, 30). 2006.

SANTOS, M. V. F; LIRA, M. A.; DUBEUX JR. J. C; FERREIRA, M. A; CUNHA, M. V; Palma forrageira. In: MARTUSCELLO, J. A; FONSECA, D. M. (Org.). **Plantas forrageiras**. Palmas: Editora UFV. 2010.

SIMÕES, D. A.; SANTOS, D. C.; DIAS, F. M. Introdução da palma forrageira no Brasil. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do**

Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 258 p. 2005.

SHIMOYA, A.; PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. P.; CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Repetibilidade de características forrageiras do capim-elefante. *Scientia Agricola*, v.59, n.2, p.227-234. 2002.

SOSA, M. Y.; BRASIL, L. H. A.; FERREIRA, M. A. Diferentes formas de fornecimento de dietas à base de palma forrageira e comportamento ingestivo de vacas da raça holandesas em lactação. *Acta Scientiarum, Animal Science*, Maringá, v.27, n.2, p.261-268. 2005.

TEIXEIRA, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; PEREZ, J. R. O.; TRINDADE, I. A. C. M.; MORON, I. R. Cinética da digestão ruminal da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* (L.) Lyons - Cactáceae) em bovinos e caprinos. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 23, n.1, p.179-186. 1999.

VIDAL, R. A.; LAMEGO, F. P.; NUNES, A. L. Otimização do número de *primers* empregados em RAPD para detectar variabilidade genética entre acessos de picão-preto, *Scientia Agraria*, Curitiba, v.6, n.1-2, p.71-77. 2005.

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; ANDRADE, D. K. B.; VÉRAS, A. S. C.; LIMA, L. E.; DIAS, A. M. A. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.1, p.273 - 281. 2002.

CAPÍTULO 2

Caracterização e divergência genética de clones de palma forrageira no Agreste de Pernambuco

RESUMO

A cultura da palma forrageira apresenta um alto valor sócio-econômico para o semi-árido nordestino, constituindo a base alimentar dos rebanhos dessa região, principalmente nos períodos de seca. Sendo assim, a busca por variedades que proporcionem maior produção e de melhor qualidade é de suma importância. Neste sentido, foi conduzido um experimento na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, São Bento do Una – PE com o objetivo de avaliar a divergência genética entre oito clones de palma forrageira, estimar a importância de cada caráter para a divergência e a correlação linear utilizando 13 caracteres quantitativos. A divergência foi avaliada por meio do método de agrupamento de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis (D^2). As estimativas dos coeficientes de correlação linear simples foram analisadas pelo método de Pearson e os níveis de significância pelo teste “t”. As análises de variância revelaram diferenças significativas entre os clones, sendo possível detectar a formação de três grupos geneticamente distintos. O grupo 1, formado pelos clones Algerian, Chile Fruit, Copena F1, Gigante, IPA-20, o grupo 2 com os clones Orelha de elefante africana e Redonda e grupo 3 formado pelo clone Miúda. Os caracteres que mais contribuem para a divergência genética foram largura e comprimento do cladódio com 48,32% da variação encontrada, sendo indicados para o uso em programas de melhoramento genético da palma forrageira. As correlações mais relevantes ocorreram entre comprimento do cladódio e perímetro do cladódio ($r = 0,83$) e número de cladódios de primeira ordem com número de cladódios de segunda ordem ($r = 0,82$). Portanto, conclui-se que houve divergência fenotípica entre os oito clones de palma forrageira estudados, evidenciando potencial para uso em programas de melhoramento.

Termos para indexação: Agrupamento, distância genética, análise multivariada.

Genetic divergence among clones of forage cactus in São Bento do Una – Pernambuco

ABSTRACT

The *Opuntia ficus-indica* culture has a high socio-economic value to the semiarid northeast, forming the basis feeding of the herds in this region, especially during dry periods. Thus, the search for varieties that offer higher yields and better quality is very important. In this sense, an experiment was conducted at the São Bento do Una Experimental Station of Pernambuco, Agricultural Research Institute – IPA, Northeast Brazil, under randomized block with 10 replications, aiming to evaluate the genetic divergence between eight *Opuntia* clones, to estimate the importance of each trait for divergence, and the linear correlation using 13 quantitative traits. The divergence was assessed using the method of Tocher cluster, based on Mahalanobis distance (D^2); the importance trait by Sigh method; and the linear correlation was analyzed by Pearson method. Analysis of variance revealed significant differences between clones and could detect the formation of three genetically distinct groups. The group 1 was formed by Algerian, Chile Fruit, Copena F₁, “Gigante” and IPA-20 clones; the group 2, with “Orelha de Elefante Africana” and “Redonda” varieties; and the group 3, comprised by “Miúda” variety, evidencing the genetic divergence between the genotypes. The characters that most contribute for the genetic divergence were width and length of cladodes (48.32% of the total variation), being indicated for use in breeding programs of *Opuntia*. The correlations of greatest magnitude occurred between length of cladodes and cladode perimeter ($r = 0.83$) and number of first cladodes and number of second cladodes ($r = 0.82$). There was phenotypic divergence among the eight clones of forage studied, showing potential for use in breeding programs.

Index terms: *Group*, genetic distance, multivariate analysis.

INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill. e *Nopalea cochenilifera* Salm Dyck) é uma planta que possui um mecanismo fisiológico especial, no que se refere ao aproveitamento e perda de água, denominado metabolismo CAM ou metabolismo ácido das crassuláceas (Larcher, 2004). Este mecanismo permite a essas plantas serem uma alternativa de cultivo para ambientes onde as condições climáticas compreendem alta intensidade luminosa e má distribuição das chuvas, como nas regiões semiáridas. No Nordeste brasileiro, principalmente no Estado de Pernambuco, são cultivadas duas espécies de palma, *Opuntia ficus-indica* Mill., com as principais cultivares exploradas gigante e Redonda, e *Nopalea cochenilifera* Salm Dyck, cuja cultivar é a palma Miúda ou Doce (Maia Neto, 2000).

Muitos estudos têm sido realizados com a cultura da palma avaliando seus aspectos agrônômicos e zootécnicos (Melo et al., 2003; Pessoa et al., 2004; Silva & Santos, 2006), no entanto, estudos destinados a avaliação do potencial genético têm sido pouco explorados (Santos et al., 1994; Ferreira et al., 2003).

Considerando que a variabilidade genética é o ponto de partida para qualquer programa de melhoramento genético, sua caracterização e avaliação são ferramentas indispensáveis aos trabalhos de melhoramento de plantas (Cruz, 2005). Portanto, a quantificação da dissimilaridade genética apresenta-se como um dos mais importantes parâmetros a serem estimados pelos melhoristas de plantas, principalmente quando o objetivo for à obtenção de segregantes transgressivos e populações de ampla variabilidade genética (Cruz & Carneiro, 2006).

O efeito do ambiente pode tanto aumentar quanto diminuir o valor fenotípico, com isso, a média de um conjunto de indivíduos torna-se uma medida confiável do valor genotípico, pois os efeitos casuais pelo ambiente tendem a se cancelar. Assim, os estudos genéticos de caracteres quantitativos são apropriadamente realizados a partir das informações de uma série de indivíduos que, em conjunto, formam a população (Cruz & Regazzi, 2001).

O estudo de divergência permite conhecer o grau de seleção da variabilidade genética das populações vegetais (Amaral Jr & Thiébaud, 1999), subsidiando os programas de melhoramento genético para obtenção de genitores geneticamente mais divergentes que ao serem inter cruzados produzirão uma geração híbrida que permitirá recuperar segregantes superiores nas etapas subseqüentes (Cruz & Regazzi, 2001).

A estimativa da divergência genética é uma ferramenta importante na predição e escolha dos cruzamentos, todavia, além da dissimilaridade genética para a escolha dos genitores destinados a programas de hibridação, há necessidade de elevado desempenho agrônomico *per se* para as características de maior interesse (Souza et al., 2005), complementação gênica, complementaridade alélica, capacidade de combinação (Silva et al., 2007), além da possibilidade da realização dos cruzamentos.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a divergência genética de oito clones de palma forrageira a partir de caracteres morfológicos por meio de técnicas multivariadas, no Agreste de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomico de Pernambuco – IPA, localizada no município de São Bento do Una, Agreste Pernambucano, tendo como coordenadas geográficas 8°31'12" de latitude sul e 36°33'00" de longitude oeste, com altitude de 650m. O clima é classificado como Semiárido (quente) (Ministério da Integração Nacional, 2005).

Foram avaliados oito genótipos de palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* (Algerian, Chile Fruit, Copena F1, Gigante, IPA-20, Miúda, Orelha de elefante africana, e Redonda) (Tabela 1), provenientes do banco de germoplasma do IPA, no delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições. Foram realizadas duas avaliações, uma no ano de 2009 e outra no ano de 2012, quando as plantas apresentavam-se com aproximadamente três anos de idade, sendo avaliados os seguintes caracteres: altura da planta (AP), largura da planta (LP), relação AP/LP, número de cladódios por planta (NC), número de cladódios de primeira ordem (O1), número de cladódios de segunda ordem (O2), número de cladódios de terceira ordem (O3), número de cladódios de quarta ordem (O4), largura do cladódio (LC), comprimento do cladódio (CC), relação (LC/CC), perímetro do cladódio (PC) e espessura do cladódio (EC).

Para medição da altura da planta, foi considerado o comprimento desde a extremidade do artigo mais alto até o solo. Para largura da planta foi considerado o comprimento entre os cladódios mais distantes lateralmente, ambos com auxílio de uma fita métrica. O número de cladódios foi obtido através da contagem dos cladódios de todas as ordens existentes. Em

seguida, foram realizadas as medições nos cladódios por ordem, sendo considerada até a quarta ordem. Para as medições de largura e comprimento dos cladódios foi utilizada a fita métrica, considerando-se a região de maior largura e comprimento. Posteriormente, foram observadas as medidas de perímetro, obtidas pelo contorno do cladódio com fita métrica, bem como a espessura dos artículos, utilizando-se um paquímetro, na região central do cladódio. No entanto, devido a algumas dificuldades encontradas durante a realização das coletas, nem todos os caracteres puderam ser avaliados durante os dois períodos de avaliação.

Tabela 1. Clones de palma forrageira avaliados, São Bento do Una-PE

| Clone | Nome científico | Origem/Procedência |
|-----------------------------|---|--------------------|
| Gigante | <i>Opuntia ficus-indica</i> , Mill | México |
| Redonda | <i>Opuntia ficus-indica</i> , Mill | México |
| IPA-20 | <i>Opuntia ficus-indica</i> , Mill | IPA/UFRPE |
| Orelha de elefante africana | <i>Opuntia undulata</i> Griffiths | México |
| Algerian | <i>Opuntia</i> sp. | México |
| Copena F1 | <i>Opuntia ficus-indica</i> | México |
| Chile Fruit | <i>Opuntia</i> sp. | México |
| Miúda | <i>Nopalea cochenillifera</i> Salm Dyck | IPA/UFRPE |

O plantio da área experimental foi realizado em maio de 2006, utilizando-se um artículo por cova, no espaçamento de 2,0 x 2,0 m, sendo a parcela experimental constituída por uma única planta. Por ocasião do plantio, foi realizada adubação orgânica e mineral, conforme análise do solo (Tabela 2). Foi utilizado conforme a recomendação 0,5 t/ha de calcáreo dolomítico; adubação de fundação de 65 kg/ha para K₂O e de cobertura com 130 kg/ha para N. Periodicamente foram realizados tratos culturais na forma de capina com enxada em toda a área cultivada.

Tabela 2. Resultados da análise de amostras de solo proveniente da área experimental

| Resultados de Análise | | | | | | |
|-----------------------|--------------------|------------------|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Identificação | P | pH | K ⁺ | Al ⁺³ | Ca ⁺² | Mg ⁺² |
| | mg/dm ³ | H ₂ O |cmol/dm ³ | | | |
| 0 - 20 cm | 56 | 5,8 | 0,27 | 0,05 | 0,95 | 0,70 |

Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). Foi utilizado para estimativa da divergência genética o método agrupamento Tocher, em que a medida de dissimilaridade utilizada foi a distância generalizada de Mahalanobis (D^2). Correlações fenotípicas entre os caracteres morfológicos foram obtidas através de estimativas dos coeficientes de correlação linear simples, seguindo a metodologia de PEARSON (Stell & Torrie, 1980). Todas as análises foram realizadas empregando-se os recursos computacionais do Programa Genes (Cruz, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram detectadas diferenças significativas ($P < 0,01$) pelo teste F para altura da planta, largura da planta, relação AP/LP e para número de cladódios por planta (Tabelas 3 e 4). A existência de variabilidade genética entre os clones avaliados é um indicativo de que as constituições genéticas são divergentes para os caracteres morfológicos avaliados.

Os clones avaliados apresentaram altura da planta variando de 121,80 a 219,70 cm (Miúda e Copena F1) no ano de 2009 e de 146,60 a 226,70 cm entre estes mesmo clones na segunda avaliação realizada no ano de 2012. As variedades do gênero *Nopalea*, normalmente apresentam menor estatura quando comparadas com as do gênero *Opuntia*, sendo constatado no presente trabalho que o clone Miúda apresentou os menores valores para a variável altura da planta. A altura da planta é um importante descritor do ponto de vista fitotécnico e de melhoramento, pois influi diretamente nos aspectos de densidade de plantio e manejo da cultura, com consequências na produção (Arantes et al., 2010).

Tabela 3. Altura da planta (AP), largura da planta (LP) relação (AP/LP), número de cladódios por planta (NCP) de oito de clones de palma forrageira, 2009

| Clones | AP (cm) | LP (cm) | AP/LP |
|-----------------------------|-----------------------|---------|--------|
| Gigante | 193,30a | 221,00a | 0,87b |
| Redonda | 158,50b ¹⁾ | 199,00a | 0,79b |
| Miúda | 121,80c | 150,60b | 0,81b |
| IPA-20 | 190,70a | 225,30a | 0,85b |
| Orelha de elefante africana | 166,10b | 198,60a | 0,84b |
| Algerian | 181,10a | 160,60b | 1,12a |
| Copena F1 | 219,70a | 199,00a | 1,09a |
| Chile Fruit | 198,80a | 200,20a | 0,99a |
| F Tratamento | 9,63** | 3,81** | 4,12** |
| CV (%) | 17,02 | 21,85 | 28,72 |

¹⁾ Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem a 5% de significância pelo teste Scott-Knott. **, * significativo pelo teste de F a 1 e 5%, respectivamente; ns – não significativo pelo teste de F a 5%.

Quanto a largura da planta os menores valores encontrados foram de 150,60 cm para o clone Miúda em 2009 e 157,10 cm para o clone Algerian em 2012. As maiores médias foram observadas para os clones Copena F1 e Chile Fruit com 225,3 e 238,1, nos anos de 2009 e 2012, respectivamente.

De acordo com as tabelas 3 e 4 os clones Algerian, Copena F1 e Chile Fruit, em 2009 e Algerian, Copena F1 e Gigante em 2012, apresentaram os maiores valores para relação AP/LP, podendo ser observada variação de 0,79 a 1,12 entre os clones Redonda e Algerian e de 0,72 a 1,44 entre Orelha de elefante africana e Algerian, nos anos de 2009 e 2012, respectivamente. O clone Algerian apresentou os maiores valores para a relação AP/LP nas duas avaliações realizadas.

Tabela 4. Altura da planta (AP), largura da planta (LP) relação (AP/LP), número de cladódios por planta (NCP) de oito de clones de palma forrageira, 2012

| Clones | AP (cm) | LP (cm) | AP/LP | NCP |
|-----------------------------|-----------------------|---------|--------|---------|
| Gigante | 207,80a ¹⁾ | 222,00a | 0,95a | 107,30b |
| Redonda | 172,50b | 217,60a | 0,82b | 97,90b |
| Miúda | 146,60b | 180,50b | 0,82b | 221,30a |
| IPA-20 | 198,10a | 236,10a | 0,87b | 133,00b |
| Orelha de elefante africana | 167,50b | 232,20a | 0,72b | 90,10b |
| Algerian | 196,70a | 157,10b | 1,44a | 57,30c |
| Copena F1 | 226,70a | 193,00b | 1,24a | 100,90b |
| Chile Fruit | 208,90a | 238,10a | 0,92b | 59,25c |
| F Tratamento | 5,99** | 3,57** | 6,67** | 11,97** |
| CV (%) | 17,79 | 23,59 | 30,78 | 39,78 |

¹⁾ Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem a 5% de significância pelo teste Scott-Knott. **,

* significativo pelo teste de F a 1 e 5%, respectivamente; ns – não significativo pelo teste de F a 5%.

A relação AP/LP é uma característica morfológica que apresenta grande importância na interceptação da radiação solar pelas plantas. Plantas com arquitetura mais eretas permitem uma maior densidade populacional e facilidade na realização dos tratamentos culturais, inclusive permitindo o emprego da mecanização, durante o desenvolvimento da cultura. Neste sentido, pode ser recomendada uma maior densidade no plantio dos clones Algerian, Copena F1 e Gigante. No entanto, Knebel et al (2006) concluiu em seus trabalhos que a arquitetura da planta pode ser modificada através de alterações feitas na população de plantas, por meio de mudanças na área disponível para cada planta. Martins et al. (1999), observaram que quanto maior a densidade de plantas adotada, maior será a altura final das mesmas, devido a redução do alongamento lateral do caule devido à competição entre plantas.

Quanto ao número de cladódios por planta, observou-se diferença ($P < 0,01$) entre os clones avaliados (Tabela 4). O clone Miúda apresentou maior número de cladódios por planta (221,30) diferindo estatisticamente dos demais clones. Leite (2009) e Silva et al. (2010), observaram que o gênero *Nopalea* apresenta superioridade quanto ao número de cladódios

quando comparado ao gênero *Opuntia*. O número de cladódios por planta é uma característica de grande importância para a cultura da palma, devido a sua forma de propagação (assexuada). Clones que apresentam elevado número de cladódios por planta proporcionam uma maior quantidade de material a ser utilizado durante o processo de multiplicação de sementes (cladódios), tanto por programas de melhoramento genético quanto pelos produtores rurais, suprimindo a demanda por mudas.

Os resultados para número de cladódio por ordem/clone estão apresentados na tabela 5. Foi verificado efeito entre os tratamentos ($P > 0,01$) pelo teste F entre todas as ordens avaliadas. Pode-se observar que o clone Miúda esteve envolvido entre as maiores médias calculadas no presente trabalho ($P < 0,01$). Os elevados valores dos coeficientes de variação encontrados no presente trabalho (38,73 a 337,21%) são determinados pela magnitude da influência ambiental sobre os genes que influenciam este caráter.

O clone Miúda apresentou os maiores valores médios para número de cladódios de primeira, segunda e terceira ordens, diferindo estatisticamente dos demais clones ($P < 0,01$). O maior número de cladódios de primeira ordem pode ter influenciado no maior número de cladódios de segunda e de terceira ordens no clone Miúda, devido a maior quantidade de aréolas presentes nos cladódios primários. De acordo com Gibson & Nobel, (1986) aréolas possuem dois tipos de meristemas, um que produz estruturas vegetativas, e outro, estruturas reprodutivas, sendo que a expressão fenológica é fortemente influenciada pelo manejo adotado na cultura.

Quando cladódios são colhidos a possibilidade de formação de meristemas reprodutivos é reduzida, favorecendo o desenvolvimento vegetativo da planta. Hills (2001), afirma em seus estudos que aréolas equivalem a gemas axilares e que, quando submetidas a condições ambientais adequadas podem dar origem a novos cladódios. Os clones Redonda e Orelha de elefante africana apresentaram valores intermediários, enquanto os demais clones apresentaram os menores valores para estas ordens.

Os maiores números de cladódios de quarta ordem foram observados nos clones Miúda, Orelha de elefante africana e Redonda, enquanto que os clones Algerian e Chile Fruit apresentaram os menores valores. O clone Miúda apresentou diferença significativa para os caracteres número de cladódios de quinta, sétima e oitava ordens, superando os demais clones. Quanto ao número de cladódios de sexta ordem os clones Gigante, Miúda e IPA-20 apresentaram as maiores médias, diferindo estatisticamente dos demais clones.

Tabela 5. Número de cladódios por ordem de oito clones de palma forrageira, 2012

| Fonte de variação | Número de cladódio por ordem | | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------|---------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Primeira | Segunda | Terceira | Quarta | Quinta | Sexta | Sétima | Oitava |
| Gigante | 3,1b ¹ | 5,3c | 12,2c | 22,9b | 33,4b | 30,4a | 0,0c | 0,0c |
| Redonda | 3,4b | 8,2b | 15,3b | 34,8a | 31,8b | 4,4b | 0,0c | 0,0c |
| Miúda | 5,2a | 12,2a | 23,5a | 32,5a | 48,4a | 43,7a | 40,1a | 15,7a |
| IPA-20 | 2,2c | 4,4c | 10,1c | 23,4b | 33,4b | 33,4a | 21,5b | 4,6b |
| Orelha de elefante africana | 3,4b | 7,2b | 18,9b | 30,0a | 20,8c | 10,6b | 0,0c | 0,0c |
| Algerian | 1,9c | 3,7c | 5,9c | 9,5c | 15,9c | 12,4b | 5,9c | 1,4b |
| Copena F1 | 3,4b | 6,6c | 11,7c | 24,2b | 27,8b | 21,7b | 5,3c | 0,2b |
| Chile Fruit | 2,2c | 3,9c | 9,9c | 13,8c | 16,1c | 8,4b | 3,7c | 0,5b |
| F Trat. | 7,67** | 5,62** | 10,17** | 8,34** | 6,25** | 7,39** | 9,58** | 3,32** |
| CV (%) | 38,73 | 58,77 | 41,32 | 40,27 | 48,31 | 78,99 | 151,86 | 337,21 |

¹Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem a 5% de significância pelo teste Scott-Knott. **, * significativo pelo teste de F a 1 e 5%, respectivamente; ns – não significativo pelo teste de F a 5%.

Uma maior distribuição dos cladódios em ordens superiores, além de evitar um auto-sombreamento, evitaria também que plantas invasoras sombreassem a maior parte da superfície fotossintética da planta, principalmente no gênero *Nopalea*. Além do mais, uma maior área fotossintética distribuída entre as ordens secundária e terciária pode ser uma vantagem para a planta, uma vez que essas ordens provavelmente não teriam sua capacidade fotossintética severamente afetada, pois a colheita das plantas poderia ocorrer em um momento anterior ao acontecimento desse evento.

Nas tabelas 6 e 7 podem ser observadas as comparações das médias e os resumos das análises de variâncias para comprimento do cladódio (CC), largura do cladódio (LC), relação (LC/CC), perímetro do cladódio (PC) e espessura do cladódio (EC) de oito clones de palma forrageira.

Os valores médios para comprimento de cladódios apresentaram variação de 27,35 cm a 48,47 cm nos clones Miúda e Copena F1 (2009) e de 24,36 cm no clone Miúda a 41,55 cm no clone Copena F1. Peña-Valdivia et al. (2007) afirma que o comprimento do cladódio é um importante marcador morfológico da palma pelo fato de diferenças mínimas nesta característica produzirem efeitos estatisticamente significativos.

A largura do cladódio apresentou variação de 12,35 a 28,45 cm (2009) e 12,05 a 25,99 (2012) cm entre os clones Miúda e Orelha de Elefante Africana, respectivamente (Tabelas 6 e 7). De acordo com Muñoz-Urias et al. (1995) as dimensões do cladódio pode ser um forte indicador de ploidia, uma vez que cladódios e frutos de maior tamanho ocorrem normalmente em poliplóide (6n, 8n) quando comparados aos diplóides.

Tabela 6. Valores médios de comprimento (CC), largura (LC), relação LC/CC perímetro (PC) e espessura (EC) dos cladódios de oito clones de palma forrageira, 2009

| Fonte de variação | CC | LC | LC/CC | PC | EP |
|-----------------------------|----------------------|---------|---------|---------|--------|
| Gigante | 39,00b ¹⁾ | 21,90b | 0,56b | 99,85b | 3,13b |
| Redonda | 34,20c | 26,20a | 0,77a | 93,75b | 2,75b |
| Miúda | 27,35d | 12,35d | 0,45c | 64,70d | 2,52b |
| Clone 20 | 39,75b | 22,15b | 0,56b | 105,95a | 2,85b |
| Orelha de elefante africano | 43,89b | 28,45a | 0,64a | 113,78a | 3,17b |
| Algerian | 35,95c | 16,05c | 0,45d | 86,80c | 2,97b |
| Copena F1 | 48,47a | 19,19c | 0,44d | 106,52a | 3,10b |
| Chilefruit | 43,00b | 24,30b | 0,56b | 107,80a | 4,00a |
| F Tratamento | 21,25** | 32,97** | 33,53** | 21,76** | 8,46** |
| CV (%) | 11,57 | 13,68 | 11,72 | 10,91 | 17,60 |

¹⁾ Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem a 1% de significância pelo teste Scott-Knott. **, * significativo pelo teste de F a 1 e 5%, respectivamente; ns – não significativo pelo teste de F a 5%.

Sales et al. (2003) relatam que, além da genética da planta, as oscilações climáticas e manejo exercem influência tanto na largura quanto no comprimento dos cladódios, afetando desse modo à produção. O cladódio é a estrutura responsável pela produção da maior parte dos carboidratos essenciais ao crescimento e desenvolvimento das cactáceas, portanto uma maior área total de exposição à luz indica um maior potencial produtivo desta planta.

Tabela 7. Comparação de médias e resumo da análise de variância para comprimento do cladódio (CC), largura do cladódio (LC), perímetro do cladódio (PC) e espessura do cladódio (EC) de oito clones de palma forrageira, 2012

| Fonte de variação | CC | LC | LC/CC | PC | EC |
|-----------------------------|----------------------|---------|---------|---------|--------|
| Gigante | 34,64b ¹⁾ | 20,31c | 0,58b | 83,43b | 3,73a |
| Redonda | 30,84c | 22,83b | 0,74a | 83,40b | 2,27c |
| Miúda | 24,36d | 12,05f | 0,49c | 56,40c | 3,15b |
| IPA-20 | 34,97b | 20,55c | 0,59b | 88,94b | 3,60a |
| Orelha de elefante africana | 37,30b | 25,99a | 0,69a | 94,92a | 2,25c |
| Algerian | 33,45b | 14,74e | 0,44d | 79,60b | 3,27b |
| Copena F1 | 41,55a | 17,23d | 0,41d | 94,01a | 3,04b |
| Chile Fruit | 41,10a | 22,89b | 0,55b | 100,49a | 4,02a |
| F Trat. | 29,33** | 28,95** | 33,67** | 19,25** | 8,59** |
| CV (%) | 10,61 | 13,88 | 11,10 | 11,47 | 21,91 |

¹⁾ Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem a 1% de significância pelo teste Scott-Knott. **, * significativo pelo teste de F a 1 e 5%, respectivamente; ns – não significativo pelo teste de F a 5%.

Mondragón-Jacobo (2002) com o objetivo de caracterizar morfológicamente cladódios de palma do gênero *Opuntia*, classificou os cladódios como redondos, ovais ou oblongos, de acordo com a relação existente entre a largura e o comprimento. Cladódios em que a largura assume valores de até 50% do comprimento são considerados oblongos, como pode ser observado para os clones Algerian, Copena F1 e Miúda (Tabelas 6 e 7). Esta proporção pode

variar de acordo com a idade do cladódio, assim como sua ordem. Quando a largura apresenta valores acima de 50% do comprimento do cladódio, estes apresentam o formato oval e/ou redonda. Corroborando esta afirmativa, pode-se observar que os clones Chile Fruit, Gigante, Redonda, IPA-20 e Orelha de elefante africana apresentam cladódios com os formatos redondo e/ou oval. A importância da morfologia do gênero *Opuntia* foi ressaltada por Robinson (1974) e Gibson & Nobel (1986) em seus trabalhos, apontando os efeitos do ambiente sobre a morfologia da planta durante o crescimento.

Portanto, em estudos que visam selecionar caracteres morfológicos como forma de predição de outras características, a classificação preliminar da forma do cladódio poderá ser um indicativo acerca de qual e/ou quais características devem ser o foco da pesquisa (Peña-Valdivia et al., 2007).

Quanto à variável perímetro do cladódio observou-se grande variação entre os clones avaliados. Esta variável sofre grande influência tanto do comprimento do cladódio quanto da largura do cladódio, tendo seus valores máximos e mínimos determinados em função destes. O perímetro do cladódio variou de 64,70 a 113,78 cm entre os clones Miúda e Orelha de Elefante Africano, em 2009 e 56,40 a 100,49 cm para os clones Miúda e Chile Fruit, 2012, respectivamente.

A espessura do cladódio variou de 2,52 cm no clone Miúda a 4,00 cm no Chilefruit, 2009. No ano de 2012, os valores obtidos foram de 2,25 cm no clone Orelha de elefante africana a 4,02 cm no Chile Fruit, com média geral de 3,06 cm. Akin et al., (1973) relata que o aumento da espessura dos cladódios se dá tanto pelo envelhecimento do cladódio quanto pela elevação do peso das ordens subsequentes, proporcionando espessamento e lignificação da epiderme, principalmente na região dos feixes vasculares. Pinto et al., (2002) observaram em seus estudos que a espessura do cladódio apresenta correlação positiva com seu peso médio. Sendo o cladódio o reservatório de água e nutrientes da palma, quanto maior sua espessura e peso, maior será sua capacidade de armazenamento, este fato aponta para uma maior adaptação às condições de baixa disponibilidade hídrica para os clones que apresentam valores elevados para espessura do cladódio, devido a sua maior capacidade de reserva hídrica.

Das associações obtidas entre os caracteres morfológicos 41 foram significativas pelo teste t, sendo que, desse total, duas foram altamente significativas e cinco de média magnitude (Tabela 8). Foi observada correlação forte e positiva entre os caracteres comprimento do

cladódio e perímetro do cladódio ($r = 0,83$) e número de cladódios de primeira ordem com número de cladódios de segunda ordem ($r = 0,82$). Esta forte associação entre diferentes ordens determinam de certa forma, que o número de cladódios presentes na ordem posterior é dependente da quantidade de cladódios da ordem que a antecede. Conforme Cruz & Regazzi (2001), afirma que a existência de correlações significativas indica a viabilidade da seleção indireta para a obtenção de ganhos na característica de maior importância econômica.

Associação mediana e positiva pode ser observada entre cladódios de terceira e de quarta ordem ($r = 0,63$), cladódios de segunda e de terceira ordem ($r = 0,62$) e cladódios de primeira e terceira ordem ($r = 0,60$). O número de cladódios por planta apresentou baixa correlação e por vezes negativa quando associado aos caracteres relativos aos cladódios, tais como, comprimento do cladódio ($r = -0,44$), largura do cladódio ($r = -0,24$), perímetro do cladódio ($r = 0,41$) e espessura do cladódio ($r = 0,01$). Vencovsky & Barriga (1992), relatam que há associação entre características, mesmo com baixas magnitudes.

Correlação moderadamente forte foi detectada para as associações largura do cladódio e relação LC/CC ($r = 0,77$), largura do cladódio e perímetro do cladódio ($r = 0,63$). Estimativas moderada e negativa foi determinada para correlação entre largura da planta e relação AP/LP ($r = 0,68$).

Altura da planta apresentou associação fraca e positiva com largura da planta, relação AP/LP, comprimento do cladódio, perímetro do cladódio e espessura do cladódio e fraca e negativa com número de cladódios, relação LC/CC, cladódio de primeira, segunda, terceira e quarta ordem. No entanto, Silva et al. (2010) avaliando a relação entre caracteres morfológicos e produtivos de 50 clones de palma-forrageira, concluiu que as características altura associada à largura da planta apresentarem alta correlação com a produção ($r = 0,71$).

Tabela 8. Correlação linear simples entre treze caracteres morfológicos avaliados em oito clones de palma forrageira

| VARIÁVEIS | LP | AP/LP | NC | CC | LC | LC/CC | PC | EC | O1 | O2 | O3 | O4 |
|-----------|-------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| AP (cm) | 0,26* | 0,40** | -0,07ns | 0,44** | 0,16ns | -0,13ns | 0,48** | 0,36** | -0,25* | -0,26 | -0,31** | -0,14ns |
| LP (cm) | - | -0,68** | 0,18ns | 0,24* | 0,38** | 0,25* | 0,44** | 0,09ns | -0,08ns | -0,18ns | -0,12ns | 0,18ns |
| AP/LP | - | - | -0,28** | 0,11ns | -0,22* | -0,34** | -0,02ns | 0,09ns | -0,11ns | -0,03ns | -0,14ns | -0,24* |
| NC | - | - | - | -0,44* | -0,24* | 0,01ns | -0,41** | 0,01ns | 0,31** | 0,21ns | 0,39** | 0,45** |
| CC | - | - | - | - | 0,54** | -0,09ns | 0,83** | 0,18ns | -0,30** | -0,31** | -0,34** | -0,29** |
| LC | - | - | - | - | - | 0,77** | 0,63** | -0,01ns | -0,14ns | -0,09ns | -0,06ns | 0,07ns |
| LC/CC | - | - | - | - | - | - | 0,14ns | -0,15ns | 0,05ns | 0,13ns | 0,16ns | 0,30** |
| PC | - | - | - | - | - | - | - | 0,15ns | -0,27* | -0,29** | -0,29** | -0,13ns |
| EC | - | - | - | - | - | - | - | - | -0,09ns | -0,11ns | -0,16ns | -0,29** |
| O1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,82** | 0,60** | 0,39** |
| O2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,62** | 0,30** |
| O3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,63** |

AP: Altura da planta (cm); LP: Largura da planta (cm); Relação AP/LP: NCP: Número de cladódios por planta; CC: Comprimento do cladódio (cm); LC: Largura do cladódio (cm); Relação LC/CC; PE: Perímetro do cladódio (cm), EP: Espessura do cladódio (mm); O1: Ordem 1; O2: Ordem 2, O3: Ordem 3 e O4: Ordem 4.

As médias de dissimilaridade entre cada par de genótipos, obtidas via transformação das variáveis originais, pela Distância Generalizada de Mahalanobis (D^2) podem ser observadas na tabela 9.

Tabela 9. Medidas de dissimilaridade relativas a oito clones de palma forrageira, obtidos a partir da estimativa da Distância Generalizada de Mahalanobis (D^2)

| Clones | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------|-------|-------|-------------------|-------|-------|--------------------|-------|
| 1 | 32,60 | 39,28 | 2,47 ¹ | 37,17 | 22,65 | 25,96 | 11,04 |
| 2 | - | 55,45 | 27,40 | 15,07 | 90,06 | 85,22 | 59,38 |
| 3 | - | - | 46,97 | 70,94 | 74,39 | 78,47 | 82,05 |
| 4 | - | - | - | 31,80 | 31,80 | 31,96 | 9,53 |
| 5 | - | - | - | - | 94,35 | 96,12 ² | 48,17 |
| 6 | - | - | - | - | - | 25,79 | 19,67 |
| 7 | - | - | - | - | - | - | 29,99 |

1. Gigante; 2. Redonda; 3. Miúda; 4. IPA-20; 5. Orelha de elefante africana; 6. Algerian; 7. Copena F1 e 8. Chile Fruit. ⁽¹⁾ par de cultivares menos divergente; ⁽²⁾ par de cultivares mais divergente.

As estimativas das distâncias generalizadas de Mahalanobis (D^2) indicaram os pares de cultivares mais distantes geneticamente. Observou-se que o maior valor de D^2 (96,12) ocorreu entre os clones Copena F1 e Orelha de elefante africana, estando envolvidas nas maiores distâncias registradas. Dentre os clones avaliados, Gigante e IPA-20 estão entre os que foram observadas as menores distâncias, sendo detectado o menor valor D^2 (2,47).

A identificação dos grupos, realizada pelo método de agrupamento proposto por Tocher a partir das distâncias generalizadas de Mahalanobis (D^2), possibilitou a formação de três grupos distintos (Tabela 10), evidenciando a existência de significativa divergência entre os clones. O grupo 1 é formado pelos clones Algerian, Chile Fruit, Gigante, IPA-20 e Copena F1; grupo 2, Orelha de elefante africana e Redonda e grupo 3 pelo clone Miúda.

Tabela 10. Composição de agrupamentos estabelecida pelo método de Tocher aplicado à matriz das distâncias generalizadas de Mahalanobis (D^2) entre oito clones de palma forrageira

| Grupos | Número de clones | Clones |
|--------|------------------|---|
| 1 | 5 | Algerian, Chile Fruit, Copena F1, Gigante, IPA-20 |
| 2 | 2 | Orelha de elefante africana e Redonda |
| 3 | 1 | Miúda |

Considerando-se que a análise multivariada possibilita a predição da heterose, seguindo-se o princípio de se cruzar os acessos mais distantes e com valores satisfatórios para as características de interesse (Sudré et al., 2005), não foi possível a identificação de possíveis cruzamentos visando à formação de populações segregantes de acordo com o método de agrupamento de Tocher. As combinações híbridas que apresentaram elevado efeito heterótico, pertencentes aos diferentes grupos formados não são passíveis de serem realizadas, devido a falta de metodologias que possibilitem os cruzamentos entre indivíduos de diferentes gêneros (*Nopalea e Opuntia*).

Espera-se que genótipos constantes em um mesmo grupo de similaridade, quando cruzados entre si, exibam pouca heterose, recomendando-se, então, a realização de cruzamentos entre genótipos de grupos distintos, a fim de se obter maior ganho. Apesar da técnica de agrupamento minimizar a variabilidade dentro do grupo, pode ser observado estimativas de distâncias de elevada magnitude entre pares de indivíduos pertencentes ao grupo 1, como entre os clones Copena F1 e Redonda ($D^2 = 65,87$), indicando a presença de variabilidade dentro deste grupo.

Na Tabela 11, observa-se a contribuição relativa de cada característica para a divergência genética, com base no método proposto por Singh (1981), que se baseia na partição total das estimativas das distâncias D^2 , considerando todos os possíveis pares de indivíduos, para a parte devida a cada característica.

Tabela 11. Contribuição relativa dos caracteres para divergência genética

| Variável | S.J. | Valor em % |
|----------|------------|------------|
| LC | 407,393633 | 27,35 |
| CC | 312,306148 | 20,97 |
| NC | 133,13441 | 8,94 |
| LC/CC | 108,458676 | 7,43 |
| EC | 108,458676 | 7,28 |
| AP | 82,343712 | 5,53 |
| AP/LP | 79,516166 | 5,34 |
| O4 | 72,584486 | 4,87 |
| O3 | 46,438282 | 3,12 |
| O2 | 45,923506 | 3,09 |
| PC | 42,96897 | 2,88 |
| O1 | 41,111273 | 2,76 |
| LP | 6,560478 | 0,40 |

Altura da planta (AP), largura da planta (LP) relação (AP/LP), número de cladódios por planta (NCP), comprimento do cladódio (CC), largura do cladódio (LC), perímetro do cladódio (PC) e espessura do cladódio (EC), número de cladódios de primeira ordem (O1), número de cladódios de segunda ordem (O2), número de cladódios de terceira ordem (O3) e número de cladódios de quarta ordem (O4).

Todos os caracteres avaliados contribuíram em maior ou menor proporção para determinação da divergência genética. Verificou-se que os caracteres de maior importância para a divergência genética foram largura do cladódio (27,35%) e comprimento do cladódio (20,97%), que juntas, contribuíram com 48,32% da variação total existente entre os indivíduos avaliados. A característica largura da planta demonstrou ter pouca importância para estudos de divergência genética.

Conforme observado na tabela 11, todos os caracteres relacionados aos cladódios apresentaram maior contribuição para a determinação da divergência genética. Ferreira et al. (2003) avaliando 19 clones de palma do Banco de Germoplasma do IPA, concluíram que as

características de maior discriminação foram espessuras dos artículos primários, secundários e terciários, número de artículos primários e pesos médios de matéria verde por artículos secundários e terciários. Estes resultados indicam a grande importância dos caracteres relacionados aos cladódios para os estudos de divergência genética da palma forrageira.

Muitos autores têm recomendado que além da maior divergência possível entre os genitores para os cruzamentos a escolha deve considerar também seus comportamentos *per se*, sendo por vezes recomendados os genótipos que apresentem desempenho superior nas principais características de importância agrônômica (Cruz & Regazzi, 2001; Oliveira et al., 1999; Pereira, 1999). Os clones Gigante, Redonda, Copena F1, IPA-20 apresentaram altos valores para os caracteres número de cladódios por planta (NCP) e espessura do cladódio (EC) que juntos contribuíram com 78,50 % da variação total existente entre os indivíduos avaliados (Tabela 11).

Estes resultados sugerem perspectivas de trabalhos futuros com objetivo de explorar a variabilidade encontrada entre os clones de palma forrageira estudados e a possibilidade de utilização de outras metodologias como a de marcadores moleculares para se determinar a variabilidade genética, proporcionando uma análise complementar aos estudos realizados por meio de caracteres morfológicos e análise multivariada.

CONCLUSÕES

Houve divergência fenotípica entre os oito clones de palma forrageira estudados, evidenciando potencial para uso em programas de melhoramento.

Os oito clones de palma forrageira avaliados foram agrupados em três grupos distintos de acordo com as técnicas de análise multivariada.

Os caracteres que mais contribuem para a divergência genética foram largura do cladódio e comprimento do cladódio.

REFERÊNCIAS

- AKIN, D.E., AMOS, H. E.; BARTON, F. E.; BURDICK, D. Rumen microbial degradation of grass tissue by scanning electron microscopy. **Agronomy Journal**, v.65, n.5, p.825-828. 1973.
- AMARAL JÚNIOR, A. T.; THIÉBAUT, J. T. L. **Análise multivariada na avaliação da diversidade em recursos genéticos vegetais**. Campos dos Goytacazes: UENF, 55 p. 1999.
- ARANTES, A. M.; DONATO, S. L. R.; SILVA, S. O. Relação entre características morfológicas e componentes de produção em plátanos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.2, p.224-227. 2010.
- CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 394p. 2005.
- CRUZ, C. D. Programa Genes - **Aplicativo computacional em genética e estatística, versão 2007**. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm>>. Acessado em: 15 dezembro de 2007.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2^a ed. - Viçosa: UFV, 585p. 2006.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 390 p. 2001.
- FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicado à Agronomia**. Maceió: EDUFAL. 419p. 2000.
- FERREIRA, C. A.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, D. C.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, J. A. A.; LIRA, M. A.; MOLICA, S. G. Utilização de técnicas multivariadas na avaliação da divergência genética entre clones de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1560-1568. 2003.
- GIBSON, A. E; P. NOBEL. **The cactus primer**. Harvard University Press, Cambridge. 286 p.1986.
- HILLS, F. S. Anatomia e morfologia. In: INGLESE, P.; BARBERA, G.; PIMIENTA BARRIOS, E. (Org.) **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. SEBRAE: FAO, 2001.

Paixão, S. L. Avaliação morfológica de clones e progênies de palma forrageira

KNEBEL, J. L.; GUIMARÃES, V. F.; ANDREOTTI, M.; STANGARLIN, J. R. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agrônômicos em soja. **Acta Scientia Agronomica**, v.28, n.3, p.385-392, 2006.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos - SP. Rima. 531p. 2004.

LEITE, M. L. M. V. **Avaliação de clones de palma forrageira Submetidos a adubações e Sistematização de informações em propriedades do semiárido paraibano**. Areia, PB: UFPB. 2009. Tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba. 2009.

MAIA NETO, A. I. **Cultivo e utilização da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill e *Nopalea cochenillifera* Salm Dick) para produção de leite no semi-árido nordestino**. Salvador: Universidade Federal da Bahia/Escola de Medicina Veterinária/Departamento de Produção Animal, 40 p. (Monografia). 2000.

MARTINS, M. C.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARCHIORI, L. F. S.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agricola**, v.56, n.4, p.851-858. 1999.

MELO, A. A. S.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; LIRA, M. A.; LIMA, L. E.; VILELA, M. S.; MELO, E. O. S.; ARAÚJO, P. R. B. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.727-736. 2003.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Nova delimitação do semiárido brasileiro. 2005.

MONDRAGÓN-JACOBO, C., PÉREZ-GONZÁLEZ, S. Genetic resources and breeding cactus pear (*Opuntia* spp.) for fodder production. **Acta Horticulturae**. 581: 87-93. 2002.

MUÑOZ-URIAS, A., GARCÍA, A., PIMIENTA-BARRIOS, E. Relación entre el nivel de ploidía y variables anatómicas morfológicas en especies silvestres y cultivadas de nopal tunero (*Opuntia* spp.). In: PIMIENTA-BARRIOS, E., NERI, C., MUÑOZ-URIAS, A., HUERTA, F.M. (Comps.), **Memorias del VI Congreso Nacional y IV Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal**. Guadalajara, p. 7-11. 1995.

OLIVEIRA, V. R.; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, P. R. G.; BRACCINI, A. L. Avaliação da diversidade genética em pimentão através de análise multivariada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.1, p.19-24. 1999.

PEÑA-VALDIVIA, C. B.; LUNA-CAVAZOS, M.; CARRANZA-SABAS, J. A.; REYES-AGÜERO, J. A.; FLORES, A. Morphological Characterization of *Opuntia* spp.: A Multivariate Analysis. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**. V.10. p.1-21. 2007. Disponível em: <http://www.jpacd.org/downloads/Vol10/V10P1-21.pdf>.

PEREIRA, J. J. **Análises de agrupamento e discriminante no melhoramento genético - aplicação na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.)**. Viçosa: UFV, (Tese doutorado), 191 p. 1999.

PESSOA, R. A. S. FERREIRA, M. A.; LIMA, L. E.; LIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; SILVA, A. E. V. N.; SOSA, M. Y.; AZEVEDO, M.; MIRANDA, K. F.; SILVA, F. M.; MELO, A. A. S.; LÓPEZ, E O. R. M. Desempenho de vacas leiteiras submetidas a diferentes estratégias alimentares. **Archivos de Zootecnia**. V.53, n. 203, p.309-320. 2004.

PINTO, M. S. C.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B; ANDRADE, A. P.; PIMENTA FILHO, E. C.; ANDRADE, M. V. M.; FIGUEIREDO, M. V. Estimativa do peso da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill.) a partir de medidas dos cladódios. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife-PE, 2002. **Anais..** Recife-PE: SBZ, v. 1, p. 54-64. 2002.

ROBINSON, H. Scanning electron microscope studies of the spines and glochids of the Opuntioideae (Cactaceae). **American Journal of Botany**. V.61, n.3: p.278-283. 1974.

SALES, A. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; LEITE, M. L. M. V.; VIANA, B. L.; RAMOS, J. P. F. Taxa de crescimento relativo de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n. 1, p.340-346. 2003.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; NASCIMENTO, M. M. A.;LIRA, M. A.; TABOSA, J. N. Estimativas de parâmetros genéticos em clones de palma forrageira *Opuntia ficus-indica* Mill. e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.29, n. 12, p.1947-1957. 1994.

SINGH, D. **The relative importance of characters affecting genetic divergence**. The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding, v.41, p. 237-245. 1981.

Paixão, S. L. Avaliação morfológica de clones e progênies de palma forrageira

SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 10, p. 1-13. 2006.

SILVA G. O.; PEREIRA A. S.; SOUZA V. Q.; CARVALHO F. I. F.; NEY V. G. Influência da distância entre genitores de batata nas estimativas de capacidades de combinação em gerações iniciais de seleção. **Magistra** 19: 177-264. 2007.

SILVA, N. G. M.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L.; SILVA, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.11, p.2389-2397. 2010.

SOUZA, F. F.; QUIEÓZ, M. A.; DIAS, R. C. S. Divergência genética entre linhagens de melancia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.179-183. 2005.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistic**: with special reference to the biological sciences. New York: Mc Graw-hill, 632 p. 1980.

SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; KARASAWA, M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.22-27. 2005.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética Biométrica no Fitomelhoramento. **Revista Brasileira de Genética**, v.15, n.4, p.496. 1992.

CAPÍTULO 3

Estimativas de parâmetros genéticos e seleção de progênies de palma forrageira pelo procedimento REML/BLUP

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar 11 progênes de irmãos germanos de palma forrageira com a finalidade de selecionar os acessos superiores, bem como estimar os componentes de variância e parâmetros genotípicos, usando o procedimento REML/BLUP. O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, localizada no município de Arcoverde - PE. Os tratamentos experimentais foram representados por 1094 indivíduos, provenientes de 11 progênes de irmãos germanos de palma forrageira, com diferentes números de indivíduos/progênes, obtidos a partir da seleção prévia de progênes em um bloco de cruzamentos realizado na Estação Experimental de São Bento do Una, sendo utilizados sete clones de palma forrageira como progenitores (Algerian, Chile Fruit, Copena F1, Gigante, IPA-20, Redonda, e SB1). As estimativas de herdabilidade, no sentido amplo, foram de elevada magnitude para altura da planta, largura da planta e comprimento do cladódio ($h^2_{mp} > 0,71$) evidenciando o bom controle genético e a possibilidade de avanços genéticos expressivos com a seleção. As estimativas de acurácia seletiva ou correlação entre os valores genéticos preditos e os verdadeiros variou de 0,71 para largura da planta a 0,84 para altura da planta, largura do cladódio e comprimento do cladódio. Pela ordenação das médias genotípicas, as progênes P6 (Copena F1 x Gigante) e P10 (Redonda x Algerian) foram as melhores classificadas quanto aos caracteres avaliados.

Termos para indexação: Componente de variância, modelos lineares mistos, seleção.

Estimates of genetic parameters and selection of progenies of cactus by REML / BLUP

ABSTRACT

This study aimed to evaluate 11 *Opuntia ficus-indica* sib progenies, vising to select the superior genotypes as well as estimate the components of variance and genetics parameters, using the REML/BLUP methodology. The experiment was carried out at the Arcoverde Experimental Station of Pernambuco, Agricultural Research Institute – IPA, Northeast Brazil. The experimental treatments were represented by 1094 genotypes from 11 *O. ficus-indica* sib progenies, with different numbers of genotypes/progenies obtained from the previous selection of progenies in a block crossings conducted at the São Bento do Una Experimental Station being used seven *O. ficus-indica* genotypes as progenitors Algerian, Chile Fruit, Copena F1, “Gigante”, IPA-20, “Redonda” and SB1). Estimates of heritability in the broad sense were of high magnitude for plant height, width and length of plant cladodes ($h^2_{mp} > 0,71$), showing good control and the possibility of genetic advances with significant genetic selection. Estimates of selective accuracy or correlation between predicted values and the true width ranged from 0.71 to 0.84 for the plant to plant height, width and length of cladodes cladodes. For the ordering of genotypic averages, P6 progenies (F1 x Copena F₁) and P10 (Redonda x Algerian) were the best classified for all traits evaluated.

Index terms: Variance component, mixed linear models, selection.

INTRODUÇÃO

Os programas de melhoramento da palma forrageira em nosso país destacam-se pela busca incessante de novos materiais que sejam mais resistentes a pragas e doenças, com elevado potencial produtivo e de qualidade similar aos clones atualmente cultivados.

A determinação da estrutura genética de uma população, por meio da predição dos componentes de médias e estimativas dos componentes de variâncias, é de suma importância na condução dos programas de melhoramento genético, facilitando o processo de seleção e servindo como suporte às recomendações de novos materiais (Maia et al., 2009). A ampliação da base genética dos clones de palma é de extrema importância, para diminuir os riscos de vulnerabilidade a pragas, doenças e condições ambientais estressantes, bem como para elevar os patamares de produção (Vello, 1992).

O programa de melhoramento de palma forrageira IPA/UFRPE tem buscado ampliar a base genética dos materiais existentes em seu banco de germoplasma com o intuito de gerar novos clones mais adaptados, com elevado potencial produtivo e resistentes à cochonilha do carmim, visando atender a demanda por alimento para os rebanhos, principalmente nos períodos de escassez de água, onde a disponibilidade de alimento é reduzida.

Trabalhos sobre o potencial e propriedades genéticas de clones de palma forrageira para fins de melhoramento genético são escassos. No entanto, informações sobre o desenvolvimento e estimativas de parâmetros genéticos são necessários, de modo a servirem de subsídio no planejamento e na condução de programas de melhoramento genético, visando incrementar a produtividade e outras características de interesse.

A identificação de genótipos superiores requer métodos de seleção capazes de explorar eficientemente o material genético disponível, maximizando o ganho genético em relação às características de interesse (Oda et al., 2007). A predição dos valores genéticos dos materiais superiores é tida como um dos principais problemas do melhoramento genético de plantas, uma vez que, são necessários os verdadeiros valores dos componentes de variância. A predição do BLUP presume o conhecimento dos valores de componentes de variância (Marcelino & Iemma, 2000) e, como isto não é possível, têm-se utilizado estimativas destes componentes via REML, ambos associados a um modelo linear misto.

Diversos autores relatam em seus estudos que a metodologia REML/BLUP tem se destacado quanto a elevada precisão alcançada quando utilizada na obtenção das estimativas

de parâmetros genético (Resende & Fernandes, 1999; Costa et al., 2005; Missio et al., 2005). A utilização do Melhor Preditor Linear Não-Viesado (BLUP) permite realizar apenas os cruzamentos onde os genitores se apresentem promissores para as características de interesse, a partir da predição dos valores genéticos associados às observações fenotípicas (Rocha et al., 2007). Estes modelos apresentam maior precisão para as análises e se prestam a uma enorme gama de aplicações, substituindo com grande vantagem o método da ANOVA, especialmente nos casos de experimentos com certos graus de desbalanceamento (Resende, 2004), permitindo a utilização de dados que foram normalmente coletados dentro de programas de melhoramento, mas que nunca foram utilizados, devido à deficiência de uma metodologia apropriada que contemplasse, sobretudo, o desbalanceamento (Resende et al., 2001).

Neste sentido, o presente trabalho foi desenvolvido visando o emprego do método de modelos mistos (REML/BLUP) com a finalidade de estimar os componentes de variância, a herdabilidade, a predição dos valores genéticos e selecionar progênies de irmãos germanos resultantes de cruzamentos realizados entre sete clones de palma forrageira.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, localizada no município de Arcoverde, Agreste Pernambucano, tendo como coordenadas geográficas 08° 25' 15" de latitude sul e 37° 03' 41" de longitude oeste, estando a uma altitude de 663 metros. O clima é classificado como tropical semi-árido (Ministério da Integração Nacional, 2005).

O plantio foi realizado em março de 2008, utilizando-se um cladódio por cova, no espaçamento de 1,0 x 0,5 m, sendo a parcela experimental constituída por uma única planta no delineamento em blocos inteiramente casualizado com seis repetições. Por ocasião do plantio, foi realizada adubação orgânica e mineral, conforme análise do solo (Tabela 1). Periodicamente foram realizados tratamentos culturais na forma de capina com enxada em toda a área cultivada. A coleta dos dados foi realizada em maio de 2010, aproximadamente dois anos após o plantio.

Tabela 1. Resultados da análise de amostras de solo proveniente da área experimental

| Identificação | Resultados de Análise | | | | | |
|---------------|-----------------------|------------------|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | P | pH | K ⁺ | Al ⁺³ | Ca ⁺² | Mg ⁺² |
| | mg/dm ³ | H ₂ O |cmol/dm ³ | | | |
| 0 - 20 cm | 29 | 5,90 | 0,49 | 0,02 | 2,65 | 1,08 |

Os tratamentos experimentais foram representados por 1094 indivíduos, provenientes de 11 progênies de irmãos germanos de palma forrageira, com diferentes números de indivíduos/progênies (Tabela 2), obtidos a partir de cruzamentos entre sete clones de palma forrageira (Algerian, Chile Fruit, Copena F1, Gigante, IPA-20, Redonda, e SB1).

Tabela 2. Relação dos cruzamentos e progenitores utilizados na obtenção das progênies de palma forrageira, Município de Arcoverde - PE

| Progênies | Cruzamentos | | N ⁰ de clones |
|-----------|--------------|--------------|--------------------------|
| | Progenitor 1 | Progenitor 2 | |
| P1 | Chile Fruit | Gigante | 80 |
| P2 | IPA-20 | Gigante | 46 |
| P3 | Chile Fruit | Redonda | 25 |
| P4 | Copena F1 | Redonda | 182 |
| P5 | Redonda | IPA-20 | 206 |
| P6 | Copena F1 | Gigante | 56 |
| P7 | IPA-20 | Copena F1 | 252 |
| P8 | Redonda | Gigante | 104 |
| P9 | SB1 | Redonda | 48 |
| P10 | Redonda | Algerian | 50 |
| P11 | SB1 | IPA-20 | 45 |

As progênies foram avaliadas quanto às seguintes variáveis: altura da planta (AP), largura da planta (LP), número de cladódios (NC), largura do cladódio (LC), comprimento do cladódio (CC) e perímetro do cladódio (PC). Para medição de altura da planta, foi considerado o comprimento desde a extremidade do artigo mais alto até o solo, enquanto que a largura da planta foi considerado o comprimento entre os cladódios mais extremos lateralmente, ambos com auxílio de uma fita métrica. O número de cladódios foi obtido através da contagem dos cladódios de todas as ordens existentes. Após o término das avaliações realizadas na planta, foram realizadas as medições dos cladódios, localizados no terço médio da planta. Para as medições de largura e comprimento do cladódio foi utilizada a fita métrica, considerando-se a região de maior largura e comprimento. Posteriormente, foram observadas as medidas de perímetro, obtidas pelo contorno do cladódio com fita métrica, bem como a espessura dos cladódios, utilizando-se um paquímetro, na região central do mesmo.

Os dados foram analisados via modelos mistos REML/BLUP, onde o REML (máxima verossimilhança restrita) permitiu estimar os parâmetros genéticos e BLUP (melhor predição linear não viciada) permitiu prever os valores genotípicos, sendo adotado o modelo estatístico 147 (Avaliação em um local no delineamento de blocos ao acaso com várias plantas por parcela) do programa SELEGEN (Resende, 2002a), considerando a equação matricial descrita abaixo:

$y = Xr + Zg + Wp + e$, em que y é o vetor de dados, “ r ” é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, “ g ” é o vetor dos efeitos genotípicos individuais (assumidos como aleatórios), “ p ” é o vetor dos efeitos de parcela e “ e ” o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

O programa emprega os modelos, estimadores e preditores apresentados por Resende (2002) e pode ser utilizado para plantas alógamas, autógamas e com sistema reprodutivo misto.

Assim foram estimados os seguintes parâmetros genéticos:

Componentes de Variância (REML Individual)

V_g - variância genotípica entre progênies de irmãos germanos, equivalendo a (1/2) da variância genética aditiva mais (1/4) da variância genética de dominância, ignorando-se a epistasia.

V_{pare} - variância ambiental entre parcelas.

V_{dentro} - variância residual dentro de parcela.

V_f - variância fenotípica individual.

$h^2_a = h^2$ - herdabilidade individual no sentido restrito, obtida ignorando-se a fração (1/4) da variância genética de dominância.

$c^2_{\text{pare}} = c^2$ - coeficiente de determinação dos efeitos de parcela.

h^2_{mp} - herdabilidade da média de progênies, assumindo sobrevivência completa.

A_{cprog} - acurácia da seleção de progênies, assumindo sobrevivência completa.

h^2_{ad} - herdabilidade aditiva dentro de parcela, obtida ignorando-se a fração (1/4) da variância genética de dominância.

M - Média geral do experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros genéticos estimados pelo REML/BLUP no estudo das 11 progênies de irmãos germanos estão apresentados na Tabela 3. As variâncias genotípicas determinadas foram de baixas magnitudes para todas as variáveis analisadas, tendo atingido valor máximo de 37,84 para altura da planta. Tanto a espécie vegetal quanto a sua forma de reprodução exercem influência direta na determinação da variância genotípica, devido aos seus componentes, como: variância genética aditiva, variância genética de dominância e variância genética de interação. No entanto, apenas os efeitos aditivos são transmitidos a próxima geração, uma vez que são próprios de cada alelo, não dependendo de sua relação com outro alelo do mesmo gene ou com alelos de genes diferentes.

Tabela 3. Estimativa dos componentes de variância e parâmetros genéticos para as variáveis: altura da planta (AP), largura da planta (LP), número de cladódios (NC), largura do cladódio (LC), comprimento do cladódio (CC) e perímetro do cladódio (PC) em progênes de palma forrageira, Arcoverde - PE, 2011

| Parâmetros | AP | LP | NC | LC | CC | PC |
|---------------------|----------|-----------|----------|---------|---------|----------|
| V_g | 37,8405 | 22,4980 | 5,9708 | 0,9253 | 1,9278 | 6,0832 |
| V_{parc} | 48,2492 | 59,5097 | 12,9116 | 1,2503 | 1,6718 | 9,0831 |
| V_{dentro} | 630,7125 | 1090,1573 | 303,1579 | 14,6413 | 42,2749 | 162,2583 |
| V_f | 716,8023 | 1172,1652 | 322,0404 | 16,8170 | 45,8745 | 177,4247 |
| h_a^2 | 0,1055 | 0,0383 | 0,0370 | 0,1100 | 0,0840 | 0,0685 |
| c_{parc}^2 | 0,0673 | 0,0507 | 0,0401 | 0,0743 | 0,0364 | 0,0511 |
| h_{mp}^2 | 0,7154 | 0,5052 | 0,5196 | 0,7137 | 0,7203 | 0,6471 |
| A_{cprog} | 0,8458 | 0,7108 | 0,7208 | 0,8448 | 0,8487 | 0,8044 |
| h_{ad}^2 | 0,0599 | 0,0206 | 0,0197 | 0,0632 | 0,0456 | 0,0375 |
| Média geral | 75,6672 | 80,6928 | 14,4115 | 15,6813 | 27,8529 | 69,9536 |

V_g : variância genotípica entre progênes de irmãos germanos; V_{parc} : variância ambiental entre parcelas; V_{dentro} : variância residual dentro de parcela; V_f : variância fenotípica individual; $h_a^2 = h^2$: herdabilidade individual no sentido restrito; $c_{\text{parc}}^2 = c^2$: coeficiente de determinação dos efeitos de parcela; h_{mp}^2 : herdabilidade da média de progênes; A_{cprog} : acurácia da seleção de progênes; h_{ad}^2 : herdabilidade aditiva dentro de parcela e **Média geral do experimento.**

Pode ser observado que os efeitos de variância ambiental entre parcelas foram superiores aos da variância genotípica (Tabela 3), indicando que a variabilidade existente nesta situação era viesada e, neste caso, estar-se-ia superestimando a variância genética, bem como a redução do preditor no sentido do valor populacional esperado (zero), não proporcionando adequada dispersão entre as respostas genotípicas médias previstas. Em geral, a variância causada pelo ambiente é uma importante fonte de erro, capaz de reduzir a precisão experimental (Falconer, 1987).

O conceito de herdabilidade é um dos mais importantes e mais utilizados em genética quantitativa. Segundo Zobel & Talbert (1984) a herdabilidade expressa a proporção da variação na população que é atribuída a diferenças genéticas entre os indivíduos variando de acordo com o caráter, espécie, idade e condições ambientais, constituindo uma importante ferramenta para o planejamento de programas de melhoramento que envolve seleção (Squillace et al., 1967).

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade individual no sentido restrito são consideradas de baixa magnitude para as características estudadas, demonstrando baixa variação genética aditiva na população (Tabela 3). Estes caracteres que apresentam baixa herdabilidade têm suas expressões fortemente influenciadas pelo ambiente, sendo facilmente alterados pelas condições do meio e de manejo, não proporcionando elevado ganho genético por meio do melhoramento por via sexuada (Kalil Filho et al., 2000). A herdabilidade em estudos genéticos de caráter métrico tem como função expressar o valor fenotípico como referência para o valor genético, ou seja, o grau de correspondência entre o valor fenotípico e o valor genético (Falconer, 1987).

Apesar de as estimativas de herdabilidade terem sido de baixa magnitude em nível de indivíduo, a seleção individual pelo procedimento BLUP considera também as informações de parentes (informação da família), fato que propicia uma razoável acurácia seletiva. Em geral, herdabilidades individuais de baixa magnitude são comuns para os caracteres quantitativos e, via de regra, conduzem a moderadas magnitudes das herdabilidades em nível de médias de família (Resende, 2002).

Os coeficientes de herdabilidade para altura da planta, largura da planta e comprimento do cladódio apresentaram altas estimativas de herdabilidade para média entre progênes ($h^2_{mp} > 0,71$), sugerindo que estes caracteres sofrem pequena influência ambiental e considerável influência genética. Os caracteres largura da planta, número de cladódios por planta e perímetro do cladódio apresentaram-se sob moderado controle genético ($h^2_{mp} = 0,50, 0,52$ e $0,64$, respectivamente). Segundo Paula (1995), as estimativas de herdabilidade não são obtidas sem erros, deste modo, elas fornecem apenas uma indicação relativa do controle genético do caráter, não devendo ser interpretada como valor absoluto ou não variante.

As estimativas de acurácia seletiva ou correlação entre os valores genéticos preditos e os verdadeiros variou de 0,71 para largura da planta a 0,84 para altura da planta, largura do cladódio e comprimento do cladódio (Tabela 3), fato este que aponta para classe de alta

precisão no acesso à variação genética verdadeira a partir da variação fenotípica observada nos caracteres. De acordo com Resende (2002), este parâmetro permite indicar com segurança os germoplasmas que maximizarão as possibilidades de ganhos genéticos, pois, o ganho genético é diretamente proporcional a acurácia e, quanto maior a acurácia, maior a precisão da seleção. O mesmo autor ressalta que a acurácia pode ser incrementada por meio de uma experimentação mais adequada, através de modificações no tamanho das parcelas e do número de repetições.

De maneira geral, os resultados indicam que o caráter altura da planta é o mais indicado para a seleção, por apresentar os maiores valores de variação genética, herdabilidade e acurácia seletiva. Contudo, os outros caracteres também apresentaram alto controle genético e acurácia seletiva, embora a variação genética a ser explorada pela seleção seja aparentemente menor. Bressiani (2001) afirma em seus estudos que se faz necessário a realização de estudos que possibilitem a identificação dos efeitos da interação entre progênes e os diferentes ambientes de seleção.

A predição dos valores genotípicos pelo melhor preditor linear não viesado (BLUP) pode ser uma alternativa, que possibilita prever o desempenho da progênie de um cruzamento, o que é de grande valia para programas de melhoramento, pois, permitiria aos melhoristas focar nas combinações que apresentassem maior potencial à seleção (Lorencetti et al., 2006).

Nas tabelas 4 e 5 podem ser observadas a classificação das progênes, a predição dos efeitos genotípicos (g), o ganho e a nova média para altura da planta (AP), largura da planta (LP), número de cladódios (NC), largura do cladódio (LC), comprimento do cladódio (CC) e perímetro do cladódio (PC) de progênes de palma forrageira no Município de Arcoverde - PE, 2011.

Pode-se observar que a progênie P6 (Copena F1 x Gigante) apresentou os maiores valores genéticos e ganhos com relação aos caracteres comprimento e perímetro do cladódio, ficando muito bem classificada em relação a altura da planta. Já a progênie P10 (Redonda x Algerian) apresentou os maiores valores genéticos e ganhos com relação ao caráter altura da planta, ficando bem classificada quanto largura da planta, comprimento do cladódio e perímetro do cladódio (Tabelas 4 e 5). Estes resultados sugerem que estas progênes apresentam-se como promissora no processo de seleção quando tais características forem exploradas. A progênie P11 (SB1 x IPA-20) esteve envolvida nos menores valores genéticos quanto os caracteres avaliados.

Tabela 4. Classificação das progênies, predição dos efeitos genotípicos (g), ganho e nova média para altura da planta (AP), largura da planta (LP) e número de cladódios (NC) de progênies de palma forrageira, Município de Arcoverde - PE, 2011

| AP | | | | LP | | | | NC | | | |
|----|-------|-------|------------|----|-------|-------|------------|----|-------|-------|------------|
| P | g | Ganho | Nova média | P | g | Ganho | Nova média | P | g | Ganho | Nova média |
| 10 | 7,08 | 7,08 | 82,75 | 3 | 5,08 | 5,08 | 85,77 | 9 | 2,24 | 2,24 | 16,65 |
| 6 | 5,39 | 6,23 | 81,90 | 10 | 4,10 | 4,59 | 85,28 | 5 | 1,47 | 1,85 | 16,27 |
| 4 | 4,76 | 5,74 | 81,41 | 7 | 2,17 | 3,79 | 84,48 | 7 | 1,46 | 1,72 | 16,13 |
| 3 | 4,26 | 5,37 | 81,04 | 9 | 2,16 | 3,38 | 84,07 | 8 | 1,33 | 1,62 | 16,04 |
| 1 | 2,86 | 4,87 | 80,54 | 2 | 1,17 | 2,94 | 83,63 | 10 | 1,21 | 1,54 | 15,95 |
| 7 | 2,39 | 4,45 | 80,12 | 5 | 0,85 | 2,59 | 83,28 | 3 | 0,24 | 1,32 | 15,74 |
| 9 | 1,98 | 4,10 | 79,77 | 8 | 0,03 | 2,22 | 82,92 | 11 | 0,22 | 1,17 | 15,58 |
| 2 | 1,54 | 3,78 | 79,45 | 4 | -0,03 | 1,94 | 82,63 | 4 | 0,13 | 1,04 | 15,45 |
| 5 | -2,84 | 3,04 | 78,71 | 6 | -1,16 | 1,59 | 82,29 | 6 | -0,70 | 0,84 | 15,25 |
| 8 | -3,08 | 2,43 | 78,10 | 1 | -1,49 | 1,29 | 81,98 | 1 | -0,97 | 0,66 | 15,07 |
| 11 | -4,12 | 1,84 | 77,50 | 11 | -2,89 | 0,91 | 81,60 | 2 | -1,27 | 0,48 | 14,90 |

P1 (Chile Fruit x Gigante), P2 (IPA-20 x Gigante), P3 (Chile Fruit x Redonda),P4 (Copena F1 x Redonda),P5 (Redonda x IPA-20),P6 (Copena F1 x Gigante),P7 (IPA-20 x Copena F1),P8 (Redonda x Gigante),P9 (SB1 x Redonda),P10 (Redonda x Algerian),P11 (SB1 x IPA-20).

Tabela 5. Classificação das progênes, predição dos efeitos genotípicos (g), ganho e nova média para largura do cladódio (LC), comprimento do cladódio (CC) e perímetro do cladódio (PC) de progênes de palma forrageira, Município de Arcoverde - PE, 2011

| LC | | | | CC | | | | PC | | | |
|----|-------|-------|------------|----|-------|-------|------------|----|-------|-------|------------|
| P | g | Ganho | Nova média | P | g | Ganho | Nova média | P | g | Ganho | Nova média |
| 1 | 1,62 | 1,62 | 17,30 | 6 | 2,23 | 2,23 | 30,09 | 6 | 3,55 | 3,55 | 73,50 |
| 2 | 0,83 | 1,22 | 16,90 | 10 | 1,40 | 1,82 | 29,67 | 10 | 2,83 | 3,19 | 73,14 |
| 5 | 0,71 | 1,05 | 16,73 | 9 | 1,15 | 1,59 | 29,45 | 1 | 1,71 | 2,69 | 72,65 |
| 3 | 0,41 | 0,89 | 16,57 | 4 | 0,62 | 1,35 | 29,20 | 7 | 1,06 | 2,29 | 72,24 |
| 11 | 0,31 | 0,78 | 16,46 | 7 | 0,51 | 1,18 | 29,04 | 3 | 0,71 | 1,97 | 71,92 |
| 7 | 0,18 | 0,68 | 16,36 | 3 | 0,28 | 1,03 | 28,89 | 4 | 0,55 | 1,73 | 71,69 |
| 8 | 0,09 | 0,59 | 16,27 | 1 | 0,21 | 0,91 | 28,77 | 2 | 0,47 | 1,55 | 71,51 |
| 9 | 0,05 | 0,53 | 16,21 | 2 | -0,13 | 0,78 | 28,64 | 5 | -0,36 | 1,31 | 71,27 |
| 10 | -0,19 | 0,44 | 16,13 | 5 | -0,55 | 0,64 | 28,49 | 8 | -0,59 | 1,10 | 71,05 |
| 4 | -0,31 | 0,37 | 16,05 | 8 | -0,72 | 0,50 | 28,35 | 11 | -1,09 | 0,88 | 70,83 |
| 6 | -0,63 | 0,28 | 15,96 | 11 | -0,90 | 0,37 | 28,22 | 9 | -1,74 | 0,64 | 70,59 |

P1 (Chile Fruit x Gigante), P2 (IPA-20 x Gigante), P3 (Chile Fruit x Redonda),P4 (Copena F1 x Redonda),P5 (Redonda x IPA-20),P6 (Copena F1 x Gigante),P7 (IPA-20 x Copena F1),P8 (Redonda x Gigante),P9 (SB1 x Redonda),P10 (Redonda x Algerian),P11 (SB1 x IPA-20).

CONCLUSÕES

Pela ordenação das médias genotípicas, as progênes P6 (Copena F1 x Gigante) e P10 (Redonda x Algerian) foram as melhores classificadas quanto aos caracteres avaliados.

As estimativas de herdabilidade, no sentido amplo, foram de alta magnitude para altura da planta, largura do cladódio e comprimento do cladódio evidenciando o bom controle genético e a possibilidade de avanços genéticos.

As estimativas de acurácia seletiva foram elevadas para todas as características avaliadas, o que sugere alta precisão na seleção.

REFERÊNCIAS

- BRESSIANI, J. A. **Seleção seqüencial em cana-de-açúcar**. 159 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2001.
- COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; CONTINI, A. Z.; REGO, F. L. H.; ROA, R. A. R.; MARTINS, W. J. Avaliação genética de indivíduos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) na região de Caaporó, MS, pelo procedimento REML/BLUP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4 p. 371-376. 2005.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. UFV, Imprensa Universitária, Viçosa, 279 p. 1987.
- KALIL FILHO, A. N.; RESENDE, M. D. V.; KALIL, G. P. C. Componentes de variância e predição de valores genéticos em seringueira pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p.1883-1887. 2000.
- LORENCETTI, C.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; VALÉRIO, I. P.; VIEIRA, E. A.; SILVA, J. A. G.; RIBEIRO, G. Estimativa do desempenho de progênies f2 e f3 com base no comportamento dos genitores e dos híbridos F1 em aveia. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 207-214. 2006.
- MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V.; PAIVA, J. R. DE; CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. de M. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical** v. 39, n. 1, p. 43-50. 2009.
- MARCELINO, S. D. R.; IEMMA, A. F. Métodos de estimação de componentes de variância em modelos mistos desbalanceados. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 4, p. 109-117. 2000.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**. Nova delimitação do semiárido brasileiro. 2005.
- MISSIO, R. F.; SILVA, A. M.; DIAS, L. A. S.; MORAES, M. L. T.; RESENDE, M. D. V. Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos aditivos em progênies de *Pinus kesiya* Royle ex Gordon. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 5, n. 4, p. 394-401. 2005.

Paixão, S. L. Avaliação morfológica de clones e progênies de palma forrageira

ODA, S.; MELLO, E. J.; SILVA, J. F.; SOUZA, I. C. G. Melhoramento florestal. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia Florestal**. Viçosa: UFV, p.51-71. 2007.

PAULA, R. C. **Variabilidade genética para densidade básica da madeira e para característica de crescimento e de eficiência nutricional em famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn**. Dissertação (Mestrado). Viçosa, 126p. 1995.

RESENDE, M. D. V.; FERNANDES, J. S. C. Procedimento BLUP individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 17, p. 89-107. 1999.

RESENDE, M. D. V.; FURLANI-JÚNIOR, E.; MORAES, M. L. T. de; FAZUOLI, L. C. Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 185-193. 2001.

RESENDE, M. D. V. **Software Selegen-REML/BLUP**. Curitiba: Embrapa Florestas, (Documentos, 77). 2002a.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 975p. 2002.

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Floresta, (Documentos, 100). 2004.

ROCHA, M. G. B.; PIRES, I. E.; ROCHA, R. B.; XAVIER, A.; CRUZ, C. D. Seleção de genitores de *eucalyptus grandis* e de *eucalyptus urophylla* para produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informação de divergência genética. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 977-987. 2007.

SQUILLACE, A. E.; BINGHAM, R. T.; NAMKOONG, G.; ROBINSON, H. F. Heritability of juvenile growth rate and expected gain from selection in Western pine. **Silvae genetica**, v.16, n.1, p.1-6, 1967.

VELLO, N. A. Ampliação da base genética do germoplasma e melhoramento de soja na ESALQ/USP. In: CÂMARA, G. M. S., MARCOS FILHO, J.; OLIVEIRA, E. A. M., (Ed.) **Simpósio sobre cultura e produtividade da soja**. Piracicaba, FEALQ, p. 60-81. 1992.

Paixão, S. L. Avaliação morfológica de clones e progênies de palma forrageira

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: John Wiley, 505p.
1984.