



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA  
“SISTEMAS AGROSILVIPASTORIS”**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E ESTIMATIVA  
DA PRODUÇÃO DE *Opuntia ficus-indica*, Mill. SOB  
DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS E DOSES  
DE FÓSFORO NO SEMI-ÁRIDO DA PARAIBA, BRASIL**

**JOSÉ PEREIRA DO NASCIMENTO**

**PATOS – PB  
AGOSTO DE 2008**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA  
“SISTEMAS AGROSILVIPASTORIS”

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO  
DE *Opuntia ficus-indica*, Mill SOB DIFERENTES ARRANJOS  
POPULACIONAIS E DOSES DE FÓSFORO NO SEMI-ÁRIDO DA PARAIBA,  
BRASIL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFCG/CSTR, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia, com área de concentração em Sistemas Agrosilvipastoris.

**JOSÉ PEREIRA DO NASCIMENTO**

Orientador: Prof. Dr. Jacob Silva Souto

PATOS – PB  
AGOSTO DE 2008





UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**PROVA DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO**

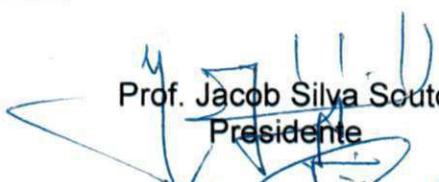
**TÍTULO: "CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E PRODUTIVIDADE DE *Opuntia ficus-indica* Mill. SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E DOSES DE FÓSFORO NO SEMI-ÁRIDO DA PARAÍBA".**

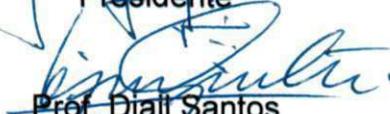
**AUTOR:** José Pereira do Nascimento

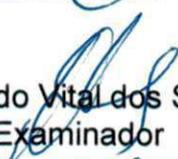
**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Jacob Silva Souto

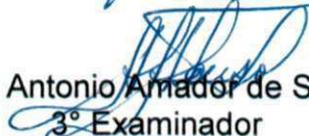
**JULGAMENTO**

**CONCEITO: APROVADO**

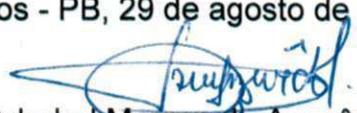
  
Prof. Jacob Silva Souto  
Presidente

  
Prof. Djail Santos  
1º Examinador

  
Prof. Rivaldo Vital dos Santos  
2º Examinador

  
Prof. Antonio Amador de Sousa  
3º Examinador

Patos - PB, 29 de agosto de 2008

  
Prof. Aderbal Marcos de Azevêdo Silva  
Coordenador

UFPA/BIBLIOTECA

A **Manoel Pereira do Nascimento** e  
**Luzia Jovelina do Nascimento**, meus  
queridos pais a quem tudo devo, pela  
dedicação e afeto.

A **Janara**, minha noiva, pelo carinho,  
compreensão e estímulo, como também,  
aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos.

DEDICO!

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, maior razão de todas as realizações.

Aos Professores e Funcionários do Programa de Pós Graduação em Zootecnia da CSTR/UFCG/Patos – PB, pela oportunidade e apoio concedido para o sucesso deste curso.

Ao Professor Doutor Jacob Silva Souto, pela valiosa e brilhante orientação.

Aos meus Pais pela dedicação e perseverança na educação da família.

Aos colegas Mário Medeiros Damasceno, Sigismundo Souto Maior Junior, Rênio Leite de Andrade e os demais, pela amizade compreensão e apoio.

Aos Dirigentes e colegas da EMEPA/PB, pela oportunidade e valiosa colaboração.

Portanto, a todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram para com o sucesso desse trabalho.

**MINHA ETERNA GRATIDÃO!**

## SUMÁRIO

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| <b>Lista de Tabelas</b>   | iv            |
| <b>Lista de Figuras</b>   | vi            |
| <b>RESUMO</b>   | vii           |
| <b>Abstract</b>   | viii          |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>   | 1             |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>  | 3             |
| 2.1 Origem e introdução da palma forrageira no Brasil                         | 3             |
| 2.2 Características botânicas e morfológicas da palma forrageira              | 3             |
| 2.3 Características climáticas do semi-árido brasileiro                       | 4             |
| 2.4 Adaptação ecológica da palma forrageira                                   | 5             |
| 2.5 Condições de cultivo da palma Forrageira                                  | 6             |
| 2.5.1 Condições edafoclimáticas e espécies cultivadas                         | 6             |
| 2.5.2 Plantio   | 8             |
| 2.5.3 Adubação  | 9             |
| 2.5.4 Espaçamento   | 11            |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>   | 13            |
| 3.1 Localização e caracterização da área                                      | 13            |
| 3.2 Relevo e tipo de solo   | 14            |
| 3.3 Preparo convencional da área experimental                                 | 15            |
| 3.4 Delineamento Experimental   | 16            |
| 3.5 Instalação e condução do experimento                                      | 16            |
| 3.6 Determinação dos parâmetros de crescimento da palma forrageira            | 17            |
| 3.7 Parâmetros utilizados para estimativa da produção de palma forrageira, no |               |

|   |           |
|---|-----------|
| campo   | 19        |
| 3.8 Análises estatísticas                                     | 20        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>                               | <b>21</b> |
| 4.1 Número de aréolas por cladódio                            | 21        |
| 4.2 Número de cladódio por planta                             | 22        |
| 4.3 Comprimento de cladódio por planta                        | 27        |
| 4.4 Largura dos cladódios                                     | 29        |
| 4.5 Perímetro de cladódios                                    | 32        |
| 4.6 Espessura de cladódios                                    | 32        |
| 4.7 Estimativa da produção média de palma forrageira no campo | 34        |
| <b>5 CONCLUSÕES</b>   | <b>37</b> |
| <b>6 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b>                              | <b>38</b> |

## LISTA DE TABELAS

### Página

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Tabela 1</b>  | Precipitação pluvial média mensal do município de Patos, PB, nos anos 2006 e 2007.  | 14 |
| <b>Tabela 2</b>  | Atributos químicos e físicos do solo sob cultivo da palma forrageira.   | 14 |
| <b>Tabela 3</b>  | Análise de variância (quadrados médios e significância) do número de aréolas por cladódio, dos 120 aos 330 D. A. P. da palma forrageira                         | 21 |
| <b>Tabela 4</b>  | Valores médios do número de aréolas por cladódio aos 330 D. A. P. de palma forrageira, em função da interação entre espaçamento e adubação                      | 22 |
| <b>Tabela 5</b>  | Análise de variância (quadrados médios e significância) do número de cladódio por planta, dos 120 aos 330 D. A. P. da palma forrageira                          | 23 |
| <b>Tabela 6</b>  | Médias do número de cladódios por planta aos 330 D. A. P. da palma forrageira, segundo os fatores estudados   | 24 |
| <b>Tabela 7</b>  | Análise de variância (quadrados médios e significância) de comprimento de cladódio, dos 120 aos 330 D. A. P. da palma forrageira.                               | 28 |
| <b>Tabela 8</b>  | Valores de comprimento do cladódio aos 330 D. A.P. da palma forrageira, segundo os fatores estudados  | 29 |
| <b>Tabela 9</b>  | Análise de variância (quadrados médios e significância) da largura dos cladódios, dos 120 aos 330 D. A. P. da palma forrageira.                                 | 30 |
| <b>Tabela 10</b> | Valores de largura do cladódio dos 120 aos 330 D. A. P. da palma forrageira, segundo os fatores estudados   | 30 |
| <b>Tabela 11</b> | Médias da largura do cladódio aos 330 D. A. P. da palma forrageira, em função da interação entre espaçamento e adubação   | 31 |
| <b>Tabela 12</b> | Análise de variância (quadrados médios e significância) para perímetro de cladódios, dos 120 aos 330 D. A. P. da palma forrageira, segundo os fatores estudados | 32 |
| <b>Tabela 13</b> | Análise de variância (quadrados médios e significância) de espessura  |    |

de cladódios dos 120 aos 330 D. A. P. da palma forrageira 33

**Tabela14** Médias da espessura do cladódio aos 330 D. A. P. da palma forrageira, segundo os fatores estudados 33

**Tabela 15** Valores estimados da produção média de palma forrageira, em campo, aos 330 D. A. P. 35

## LISTA DE FIGURAS

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>Figura 1.</b> Área do experimento (Nupeárido). (NASCIMENTO, 2007).  | 13            |
| <b>Figura 2.</b> Área experimental após subsolagem e gradagem. (NASCIMENTO, 2006).   | 15            |
| <b>Figura 3.</b> Sulcos preparados para o plantio da palma forrageira. (NASCIMENTO, 2006).   | 15            |
| <b>Figura 4.</b> Croqui da área experimental, mostrando detalhes da parcela.   | 16            |
| <b>Figura 5.</b> Plantio da <i>Opuntia ficus-indica</i> Mill. (NASCIMENTO, 2007).  | 17            |
| <b>Figura 6.</b> Determinação dos parâmetros de crescimento da palma na área experimental: (a) perímetro; (b) espessura; (c) comprimento e (d) largura. (NASCIMENTO, 2007).  | 18            |
| <b>Figura 7.</b> Contagem de aréolas através da moldura de arame. (NASCIMENTO, 2007).  | 19            |
| <b>Figura 8.</b> Efeito do fósforo sobre cladódio por planta aos 150 D. A. P.  | 25            |
| <b>Figura 9.</b> Efeito do fósforo sobre o número de cladódios por planta a partir dos 180 D. A. P. : (a). aos 180 D. A. P.; (b). aos 210 D. A. P.; (c). aos 240 D. A. P.; (d). aos 270 D. A. P.; (e). aos 300 D. A. P.; (f). aos 330 D. A. P. | 26            |

NASCIMENTO, José Pereira. **CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE *Opuntia ficus-indica*, Mill SOB DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS E DOSES DE FÓSFORO NO SEMI-ÁRIDO DA PARAIBA, BRASIL.** Patos, PB: UFCG, 2008. 48 f. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia – Sistemas Agrosilvipastoris no Semi-Árido)

**Resumo** – Objetivou-se avaliar as características morfológicas e a estimativa da produção de *Opuntia ficus-indica*, Mill, sob diferentes arranjos populacionais e doses de fósforo no semi-árido da Paraíba, Brasil. O estudo foi conduzido no Núcleo de Pesquisa para o Semi-árido – NUPEÁRIDO do CSTR da Universidade Federal de Campina grande – UFCG, em Patos, PB, no período 330 dias após o plantio (d.a.p.) com leituras mensais. Os tratamentos consistiram da interação de quatro espaçamentos e quatro doses de fósforo. O delineamento experimental utilizado foi um DBC em arranjo fatorial com três repetições. Avaliaram-se os parâmetros de crescimento tais como: números de aréolas por cladódio e de cladódio por planta, comprimento, largura, perímetro e espessura do cladódio e a estimativa de produção. As médias observadas para as variáveis estudadas foram: número de aréolas oscilou de 4,0 a 4,8 unidades por cladódio; número médio de cladódio por planta foi de 11,5; comprimento, largura, perímetro e espessura foram de 24,99 cm, 15,63 cm, 60,29 cm e 0,53 cm, respectivamente; a estimativa da produção apresentou maior resultado no espaçamento 1,7m x 0,10m atingindo valor de 92,79 t ha<sup>-1</sup>, sendo, portanto considerado um resultado satisfatório em função das condições locais onde foi conduzido o experimento. Diante dos resultados obtidos concluiu-se que: a adubação fosfatada influenciou o aumento do número de cladódios por planta de palma forrageira, principalmente nos menores espaçamentos; os maiores espaçamentos entre plantas, independente da dose de fósforo, proporcionaram as menores estimativas de produtividade; o superfosfato simples quando aplicado no menor espaçamento entre plantas, proporcionou maior produtividade média de massa verde de palma forrageira; pela estima da produtividade média da palma forrageira, é viável seu cultivo na região de Patos (PB), desde que sejam adotadas as técnicas agrônômicas compatíveis.

Palavras-chave: palma forrageira, espaçamento, fósforo, cladódios

MORPHOLOGICAL TRAITS AND PRODUCTION ESTIMATIVE OF  
*Opuntia ficus-indica* Mill. UNDER DIFFERENT POPULATION  
ARRANGEMENTS IN THE SEMI-ARID REGION OF PARAÍBA,  
BRAZIL

**Summary** - The present study was aimed at the evaluation of the morphological traits and production estimaties of *Opuntia ficus-indica* Mill., under different population arrangements in the semi-arid region of Paraíba, Brazil. The study was conducted in NUPEÁRIDO Farm of the Federal University of Campina Grande, Patos, PB, Brazil, under field conditions during 2006. The treatments were a factorial arrangement between P (100, 150, 200 and 250 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) and spacing (0.10 m; 0.15 m ; 0.20 m and 0.25 m). The experiment was set up in a randomized block design, in a factorial arrangement, with three replications. The growth parameters evaluated were: number of areoles per cladode, number of cladodes per plant, length, width, perimeter and thickness of the cladodes, and the production estimate. The number of areoles oscillated from 4.0 to 4.8 units for cladodes; cladode number for plant was of 11.5; length, width, perimeter and thickness were of 24.99 cm, 15.63 cm, 60.29 cm and 0.53cm, respectively; the production estimated presented better result in the spacing 1.7 m x 0.10 m reaching maximum values of 92.79 t ha<sup>-1</sup>; therefore considered a satisfactory result considering the local conditions. The results obtained it was study, allow to conclude that: soil phosphorus fertilization significant increase the cladode number per plant; the spacing higher between lines provided, independently of simples superphosphate doses, lower yield prediction; the single superphosphate were applied in the spacing lower between plants, provided green mass production higher of the cactus pear; the growing of the cactus pear is a viable cultivation alternative for the region of Patos-PB.

Keywords: cactus pear, spacing, phosphorus, cladodes

## 1 INTRODUÇÃO

O semi-árido brasileiro é um dos maiores, mais populosos e mais úmidos do mundo, estando situado na porção central da região Nordeste abrangendo, no todo, ou em parte, 1.133 municípios, nove estados, em uma área de aproximadamente 969.589,4 km<sup>2</sup> e 21 milhões de habitantes. Suas condições ecológicas típicas estão representadas nas ecorregiões, onde a vegetação predominante é a Caatinga. No Estado da Paraíba, 170 municípios, correspondendo a 85% da sua área, estão inseridos nesta região (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2005).

A reduzida disponibilidade hídrica, assim como, a estacionalidade da produção forrageira, são fatores que limitam a capacidade de produção de forragem e das pastagens nativas nos agroecossistemas da região semi-árida, onde a pecuária apresenta-se como a atividade principal da população rural, associada à produção de alimentos em sistema familiar, porém, os rebanhos mostram-se mais resistentes que os cultivos agrícolas às condições desfavoráveis desse ambiente.

No período seco, a escassez de forragem, associada ao baixo valor nutritivo das forrageiras, compromete o crescimento e o desenvolvimento dos animais, acarretando queda de produtividade e comprometendo a produção de leite e carne, passando assim, os produtores a depender da disponibilidade de volumosos conservados (fenos e silagens) de plantas forrageiras e restos de culturas, para a alimentação do rebanho (LIMA et al., 2004).

As plantas do gênero *Opuntia*, constituem importante recurso forrageiro, contribuindo para suprir a oferta de alimento aos animais no período de estiagem, devido sua rusticidade e elevado potencial de produção de forragem de alto valor nutritivo, com baixa disponibilidade de água, quando comparada com a vegetação nativa (SALES, 2006). Assim, elas se converteram em uma fonte de produtos e funções, inicialmente como uma planta selvagem e, posteriormente, como uma planta cultivada (BARBERA e INGLESE, 1993).

Os agropecuaristas do semi-árido paraibano apresentam, em geral, baixo nível de conhecimento em relação às estratégias de convivência com a escassez hídrica, tendo como consequência a redução da produção de alimento e do rebanho. O uso intensivo do solo devido à redução das áreas cultivadas e a necessidade da produção de alimentos têm como consequências a redução da fertilidade do solo, quer seja, pela exportação de nutrientes ou perdas por erosão e a redução da produtividade, tornando necessária às

práticas da adubação (orgânica ou mineral) e o adensamento dos cultivos agrícolas, principalmente, nas pequenas propriedades, visando à melhor utilização do recurso solo.

Devido às limitações de fertilidade natural, a adubação se torna indispensável para aumentar o fornecimento de nutrientes e promover o estabelecimento ou manutenção de espécies introduzidas. Porém, para o cultivo dessa espécie em algumas regiões do semi-árido paraibano, a exemplo da Depressão Sertaneja, ainda se faz necessário o conhecimento e emprego de técnicas adequadas, tais como espaçamento e adubação adequados, que favoreçam o crescimento e a produção, possivelmente, em função das características da região, a exemplo do clima, altitude e tipo de solo.

Neste contexto, este estudo objetivou realizar a caracterização morfométrica e estimativa da produção de *Opuntia ficus-indica* Mill., sob diferentes arranjos populacionais e doses de fósforo em área representativa do semi-árido da Paraíba.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Origem e introdução da palma forrageira no Brasil

A origem da palma dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* é o continente americano. O gênero *Opuntia* tem o México como seu centro de origem, devido o grande número de espécies presentes em seu território (FLORES, 1994). Apesar das controvérsias entre pesquisadores acerca da introdução da palma forrageira no Brasil (Araújo Filho, 2000), acredita-se que a esta se deu através dos portugueses, na época da colonização, e que inicialmente foi utilizada para produção de corantes naturais “carmim”, vindo a ser explorada como forragem por volta de 1915 (PESSOA, 1967).

O mais remoto registro sobre cactáceas como forrageira, na literatura especializada do Brasil, data de 1893, em publicação de J. Barbosa Rodrigues intitulada Hortus Fluminensis ou Breves Notícias sobre as Plantas Cultivadas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro. O autor comenta, ainda, que a disseminação da palma forrageira em Pernambuco teve como fator decisivo um decreto do interventor pernambucano, mandando conferir prêmios aos plantadores de palma que obedecessem a certos requisitos estabelecidos, tais como: espaçamento, alinhamento, ausência de falhas, bom desenvolvimento e tratos culturais (DOMINGUES, 1963).

A introdução da palma forrageira no Nordeste brasileiro, segundo Chagas (1976) deve-se ao sueco Herman Lundgren, por volta de 1877, opinião compartilhada por vários pesquisadores (VIANA, 1969; ANDRADE, 1990; SANTOS, 1992). Já para Duque (1980), os primeiros esforços para disseminação da palma no semi-árido nordestino, se deram por volta de 1930. Durante a seca de 1932, por iniciativa do Ministério da Viação e Obras Públicas, foi o cultivo disseminado do Piauí à Bahia, tratando-se do primeiro trabalho de difusão da cultura.

### 2.2 Características botânicas e morfológicas da palma forrageira

As cactáceas geralmente possuem espinhos como mecanismo de defesa e diversas espécies de *Opuntia*, a exemplo, apresentam aréolas que são botões meristemáticos de onde emergem estruturas como espinhos de diversos tamanhos e

formas, flores, frutos, novos artículos (segmentos do sistema caulinar articulado) e gloquídeos (minúsculos espinhos decíduos) comentário de (SCHEINVAR, 1985).

A palma forrageira pertence ao reino vegetal; subreino *Embriophyta*; divisão *Spermatophyta*; subdivisão *Angiospermae*; classe *Liliatae*; família *Cactaceae*; subfamília *Opuntioideae*; tribo *Opuntiae*; gênero *Opuntia*; subgêneros *Opuntia* e *Nopalea* o que é citado pelos pesquisadores (BRAVO, 1978; SILVA e SANTOS, 2006).

Essa forrageira apresenta caule suculento, com casca verde e falta de folhas copadas. O órgão tipo caule, conhecido como cladódio é tipicamente oblonga a espatulada-oblonga, com 30 a 40 cm de comprimento e, algumas vezes, maiores de 70 a 80 cm e 18 a 25 cm de largura (HILLS, 2001).

### 2.3 Características climáticas do semi-árido brasileiro

O clima da região semi-árida é seco, com temperaturas que variam de 23 a 37 °C apresentando forte insolação (2.800h luz ano) apresentando evaporação média de 2.800 mm anuais e umidade relativa do ar em torno de 50%, resultando num balanço hídrico negativo (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2005).

A cobertura vegetal predominante é a de caatinga, constituída por plantas efêmeras, suculentas ou carnosas e lenhosas, geralmente, tolerantes a longos períodos de estiagem (CHIACCHIO et al., 2006). É um ambiente próprio a estas plantas como a palma forrageira, espécie de alto valor energético, rica em água e sais minerais com participação de 40% de matéria seca na dieta de bovinos (SANTOS et al., 1997).

As precipitações médias anuais variam de 300 e 800 mm, podendo atingir 1.000 mm, além disso, as chuvas são concentradas em um período de 2 a 4 meses do ano, o que provoca estresse hídrico de 6 a 9 meses do ano (MENEZES e SAMPAIO, 2000). Neste contexto, a água é um elemento limitante do semi-árido (SAMPALIO e MENEZES, 2002) o que vem justificar o cultivo da palma forrageira, na região.

De acordo com Alves et al. (2007), qualquer espécie vegetal que possa ser utilizada como forragem e que apresente elevada capacidade de produzir biomassa, nas condições de baixa disponibilidade hídrica e de fertilidade dos solos do semi-árido, pode ser de grande valia para a pecuária da região.

## 2.4 Adaptação ecológica da palma forrageira

Uma característica fundamental das plantas pertencentes ao grupo denominado de Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC), representando 6% das espécies existentes, é a sua suculência, e que na palma se manifesta de diversas formas: em nível morfológico, por suas “raquetes” grossas e em nível anatômico, por seus grandes vacúolos cheios de água, nas células fotossintéticas e as diversas células armazenadoras de água. A suculência é uma característica diretamente relacionada com a capacidade de conservar água. A chave para conservação da água na palma está no número reduzido de estômatos e na abertura noturna dos mesmos, resultando que a maior parte desta água se perca durante a noite quando as temperaturas são mais amenas e a umidade relativa do ar é mais alta. Desse modo, as plantas MAC trocam CO<sub>2</sub> com a atmosfera num horário em que as plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> estão com os estômatos fechados. Essas características são importantes do ponto de vista ambiental, podendo ser usadas para reduzir os danos causados ao ambiente pelo efeito estufa, resultante do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> e outros gases na atmosfera (NOBEL, 2001).

Em secas prolongadas, não é as cactáceas e as bromeliáceas que morrem, mas sim os arbustos, em grande escala, e as árvores, em menor escala (ALBUQUERQUE, 2001). Em razão das incertezas climáticas e do fenômeno das secas periódicas no Nordeste do Brasil, Oliveira (1996) relatou que as cactáceas, graças às suas características fisiológicas de economia no uso da água, representam uma fonte de suprimento de água e uma alternativa de alimento para os rebanhos do semi-árido.

A palma constitui o exemplo mais perfeito de máxima eficiência de adaptação e aproveitamento de água e energia em ambientes de seca, além de servir como reservatório de água por seu metabolismo durante os períodos de escassez hídrica (HILLS, 1982).

A palma tem se destacado pela eficiência de uso da água, uma vez que estudos têm constatado que a proporção de utilização deste líquido é de aproximadamente 50:1, ou seja, 50 kg de água para cada quilograma MS produzida, enquanto as plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> apresentam eficiências por volta de 1000:1 e 500:1, respectivamente. Estas relações são valores médios e as eficiências no uso da água podem ser muito variáveis, dependendo das condições locais (SAMPAIO, 2005).

A eficiência do uso de água é a relação entre a captação atmosférica de CO<sub>2</sub> e a perda diária de água, que é uma medida da quantidade de água para produzir produtos fotossintéticos e, portanto, biomassa vegetal ( NOBEL, 2001). Em condições irrigadas, essa eficiência é quase três vezes maior na *O. ficus-indica* ( Cactáceas) do que nas plantas representativas C<sub>4</sub> (Gramíneas) e cerca de cinco vezes maior do que nas plantas C<sub>3</sub> (Leguminosas), o que se deve à quantidade relativa de transpiração diária e cujos valores são, 100 – 150; 250 – 359 e 700 – 800 kg H<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente, (LARCHER, 1986).

As plantas de metabolismo fotossintético MAC, segundo Fisher e Tuner (1978), têm uma eficiência de uso de água até 11 vezes maior do que as plantas de metabolismo C<sub>3</sub> (leguminosas e gramíneas de clima temperado). Estes autores afirmam que a eficiência de uso de água é de 617, 300 e 50 kg H<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> MS para as plantas que têm metabolismo fisiológico C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> e MAC, respectivamente.

A palma forrageira, ao lado dos atributos de resistência a estiagens prolongadas, pode fornecer energia, água e vitamina A, garantindo o suprimento de alimentos de extrema importância para a manutenção dos rebanhos e contribuindo para minimizar a necessidade de água dos animais nos períodos de seca, devido seu alto teor de umidade (FELKER, 2001).

A variação no teor de água da palma segundo Santos et al. (2005) está de acordo com a época do ano, entre 76%, em plena estiagem, e 95%, no período das chuvas. Sendo assim, é comum observar-se no campo a aparência dos cladódios da palma, murchos no período de plena estiagem e bastantes suculentos no período chuvoso.

As palmas não toleram umidade excessiva e em solos profundos apresentam boa capacidade de extração de água do solo, sendo constituídas por cerca de 90 a 93% de umidade (PUPO, 1979).

## 2.5 Condições de cultivo da palma forrageira

### 2.5.1 Condições edafoclimáticas e espécies cultivadas

As *Opuntias* são nativas de diversos ambientes, indo desde abaixo do nível do mar nos desertos da Califórnia até 4.700 m de altitude em regiões montanhosas do Peru; de regiões tropicais do México com temperaturas acima de 5 °C, até regiões do Canadá onde as temperaturas no inverno atingem -40 °C. Essa diversidade ecológica sugere que

há uma grande variabilidade do gênero, que tem mais de 170 espécies sendo o segundo em quantidade dentro da família (NOBEL, 2001).

No mundo, já foram descritas cerca de 300 espécies de cactáceas pertencentes ao gênero *Opuntia*, distribuídas desde o Canadá até a Argentina. Entre as espécies selvagens e cultivadas mais utilizadas, 12 espécies pertencem a *Opuntia* e uma a *Nopalea* (SCHEINVAR, 2001; REINOLDS e ARIAS, 2007).

No Nordeste brasileiro predominam três cultivares de palma forrageira, das quais dois pertencem à *Opuntia ficus-indica* Mill, vulgarmente conhecidas como redonda ou orelha-de-onça e gigante, graúda ou azeda e uma pertencente à *Nopalea cochenillifera*, denominada de miúda, língua-de-vaca ou doce (MAIA NETO, 2000).

Experimentos de campo têm evidenciado maior exigência em precipitação pluvial na *N. cochenillifera* quando comparada com a *O. ficus-indica*, sendo o cultivo da primeira geralmente recomendado para regiões com precipitações maiores de 600 mm ano<sup>-1</sup>, enquanto a segunda se desenvolve bem em regiões com precipitações em torno de 400 mm ano<sup>-1</sup>. Assim, regiões com baixas precipitações associadas à baixa altitude e elevadas temperaturas noturnas, são limitantes para o desenvolvimento desta cultura, como é o caso de algumas áreas do Rio Grande do Norte e Ceará (FARIAS et al., 2005).

Para os cultivares plantados no Nordeste, Viana (1969) afirma que o bom rendimento para a cultura está climaticamente relacionado a áreas com índices pluviométricos de 400 a 800 mm anuais, umidade relativa acima de 40% e temperaturas entre 18 e 38 °C.

Estudando 49 entradas de clones de palma, oriundas de vários países, Russel e Felker (1987), verificaram que as cultivares brasileiras “Gigante”, “Redonda” e “Miúda” não toleram baixas temperaturas, porém outras cultivares da África do Sul, como Fisicaules, Chico, Monterey e Robusta, foram tolerantes à temperatura mínima de 9 °C negativos. A captação atmosférica diária de CO<sub>2</sub> ocorre quando a temperatura do ar dia/noite é de 25 °C / 15 °C e para as temperaturas 44 °C / 34 °C, esta se torna zero. Tendo em vista que as temperaturas médias noturnas nos locais onde a palma forrageira se desenvolve geralmente se situam acima de 5 °C e abaixo de 20 °C, com água do solo disponível, a temperatura não é um fator limitante para a captação atmosférica de CO<sub>2</sub> (NOBEL, 2001).

No Agreste e Sertão de Pernambuco a palma forrageira é cultivada em diferentes associações de classes de solos, com maior ocorrência das classes dos Podzólicos,

Litólicos, Planossolos e Solonetz Solodizados, onde a principal limitação é a presença do horizonte superficial bastante duro, o que impede a penetração das raízes e da água, podendo no período chuvoso, tornar as camadas superficiais excessivamente úmidas (DATAMÉTRICA, 2004).

A palma é uma cultura de elevado potencial de produção e, para expressar esse potencial necessita de adubação, controle de plantas invasoras e densidade adequada de plantio, podendo a produção de MS, variar de 12 a 47 t a cada dois anos (NASCIMENTO et al., 2002).

### 2.5.2 Plantio

Em um levantamento realizado no Agreste de Pernambuco, Chagas (1992) observou que em propriedades de 5 a 50 hectares, a palma é cultivada em 32% da área, afirmando existir no Nordeste do Brasil, aproximadamente 500 mil hectares, sendo 100 mil neste Estado.

Atualmente, a região Nordeste do Brasil possui uma área de 550.000 ha ocupada com plantação de palma forrageira, principalmente nos Estados de Alagoas e Pernambuco com maior área cultivada (ARAÚJO et al., 2005).

A palma forrageira é propagada por sementes, mudas, enxertia e estaquia (KRULIK, 1980). A reprodução por sementes resulta em segregação genética, longa fase juvenil, diminuição na velocidade de crescimento das plantas e baixo potencial de germinação (MONDRAGON-JACOBO e PIMIENTA-BARRIOS, 1995; LLAMOCA-ZARATE et al., 1999).

O tamanho do cladódio na seleção do material de plantio é um dos pontos mais importantes, pois afeta o número e o tamanho das brotações no primeiro ano de crescimento da palma (FARIAS et al., 2005).

A palma pode ser propagada por cladódio inteiro ou metade deste, em corte transversal ou longitudinal; contudo, a aquisição e o transporte de mudas, mesmo fracionadas, se tornam um problema, principalmente quando o plantio é realizado em locais distantes da produção da palma semente. A fonte de material vegetativo para implantação da palma constitui as plantações comerciais, apesar de apresentar desvantagens de disseminação de doenças e falta de certificação genética (VASCONCELOS et al., 2007).

Os cladódios com dois a três anos de idade, segundo Tápia (1983) e Farias et al.

(2005), são os mais recomendados por emitirem brotações mais vigorosas. Por ocasião do plantio, faz-se necessário deixá-los à sombra por pelo menos sete dias para que ocorra a cicatrização dos ferimentos decorridos no corte. Mondragon-Jacobo e Pimienta-Barrios (1995) recomendam um período de quatro a seis semanas de repouso ou imergir o material de plantio em calda bordaleza ou em solução de thiabendazol a 60%, reduzindo, assim, a proliferação de patógenos.

A posição do cladódio não exerce efeito sobre a produção, seja ela plantada de forma inclinada ou vertical, segundo Mafra et al. (1974), e afirmam que a escolha da posição do cladódio para plantio dependerá das facilidades e dos custos envolvidos. Concluíram, ainda, que o plantio de um cladódio por cova seria o mais indicado. Já Bezerra et al. (2007) comentam que a posição dos cladódios é influenciada pelo sentido de plantio, sendo determinada pelo sentido do sol, ocorrendo também uma relação com a qualidade do solo e o adensamento do plantio.

Nas condições de semi-árido de Pernambuco devem-se obedecer as curvas de nível para efeito do controle da erosão, sendo as faces dos cladódios voltados para a maior inclinação do solo, resultando que durante o crescimento, as novas brotações irão ocupar diferentes posições na planta, minimizando o efeito da posição na interceptação da luz. O plantio dos cladódios deve ser realizado no terço final do período seco, pois com o início das chuvas, a cultura já estará implantada, evitando, assim, o apodrecimento dos artículos, raquetes ou cladódios. Se plantados no período das chuvas, a ocorrência da alta umidade e temperatura favorece a formação de ambiente propício para o desenvolvimento de fungos e bactérias, havendo o apodrecimento do material do plantio (INGLESE, 1995).

Segundo recomendações de Mendes et al. (1986) para áreas secas, deve-se realizar o plantio nos meses de outubro a dezembro. Em Alagoas, é comum o plantio nos meses de janeiro e fevereiro, após as trovoadas, aproveitando-se a umidade do solo após as chuvas de verão e ao final do período chuvoso, notadamente nos meses de setembro e outubro.

### 2.5.3 Adubação

O nível de adubação é fator determinante na produção de matéria verde, principalmente, quando se trata de plantio adensado de palma. Considerando que os teores de elementos minerais encontrados na MS de palma forrageira obtidos por Santos

et al. (1990) foram de 0,90; 0,16; 2,58 e 2,35% para nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio e supondo-se uma produção de 10 t de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, estima-se que as quantidades exportadas desses nutrientes, seriam de 90, 16, 258 e 235 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente.

A adubação orgânica tem sido a mais utilizada, com esterco de aves e caprinos, sendo usual a quantidade de 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino por ter maior disponibilidade, na época do plantio e após cada colheita, dependendo do espaçamento, próximo ao início da estação chuvosa (SANTOS et al., 1997).

De maneira geral, os solos do semi-árido não apresentam deficiências generalizadas de N, P, K e Ca. Dentre esses nutrientes, estudos demonstraram que o P foi o único elemento, que não apresentou déficit no solo em relação às entradas e saídas do sistema adubação/exportação. Tal fato é explicado pelo baixo teor de P na matéria seca da palma (DOUBEUX e SANTOS, 2005). Entretanto, com a sucessão de várias colheitas, é possível que a deficiência desses nutrientes venha a tornar-se cada vez mais freqüente nas áreas de cultivo desta planta.

Induzindo deficiências de nutrientes na palma forrageira cultivada em solução nutritiva, Baca Castillo (1988) concluiu que os nutrientes P, N, K, B, Fe e Mn, em ordem decrescente de importância, foram os elementos que provocaram maior redução na velocidade de crescimento da palma, quando se encontravam em níveis baixos.

A palma forrageira *Opuntia ficus-indica* segundo Nobel (2001) é pouco exigente em fósforo. Lima et al. (1974) e Dubeux Jr. et al. (2006) encontraram baixas respostas ao fósforo na produção da palma forrageira cv. Gigante e respostas positivas apenas quando os teores de P disponível no solo eram inferiores a 10 mg dm<sup>-3</sup>.

Estudando os efeitos do fósforo e potássio sobre o desempenho da palma forrageira clone IPA-20, cultivada em solo de Caruaru, PE, Teles et al. (2000) constataram efeito quadrático de fósforo e potássio para a variável número total de cladódios e apenas de fósforo para espessura dos cladódios. Os efeitos desses mesmos nutrientes sobre o crescimento desta variedade foram estudados em solo de Arcoverde, PE, porém, não se encontraram efeitos significativos para as variáveis perímetro médio e número total de cladódios; Já a produção de matéria verde total e o teor de matéria seca foram influenciados apenas pela adubação potássica (ARAÚJO FILHO, 2000). Também Cavalcanti Filho et al. (2000), trabalhando com solo oriundo de São Bento do Una, PE, verificaram os mesmos resultados obtidos por Araújo Filho (2000), quanto ao número total de cladódios/planta em suas dimensões de perímetro, largura e

comprimento.

Os efeitos das adubações, nitrogenada e fosfatada associadas a dois espaçamentos de plantio, sobre o rendimento da palma forrageira clones IPA-20 e Miúda foram avaliados por Dubeux Jr. et al. (2000) e concluíram que o número de brotações por planta foi superior no espaçamento 2,0 x 1,0 m, quando comparados ao espaçamento de 1,00 x 0,25 m, para as duas espécies de palma avaliadas. Houve efeito linear positivo do fósforo apenas no espaçamento 2,0 x 1,0 m sobre o número de brotações por planta do clone IPA-20.

No Agreste e Sertão pernambucanos, em experimento com diferentes espaçamentos e níveis de adubação foi constatada a influência da população de plantas na produtividade em várias localidades. A produção de matéria seca variou de 6 a 17 kg ha<sup>-1</sup> na densidade de 5.000 plantas e de 17,8 para 33,7 kg ha<sup>-1</sup> em 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Ocorreu interação entre fertilizações nitrogenada e fosfatada e população de plantas. Foi observada uma maior produtividade no plantio adensado, pois, segundo Dubeux Jr. et al. (2006), para se alcançar alta produtividade é preciso grande população de plantas.

#### 2.5.4 Espaçamento

O espaçamento está diretamente associado à interceptação da luz, com maior eficiência em densidades de plantio mais alta. Atualmente a tendência entre os agricultores mais receptivos à tecnologia é a adoção do espaçamento mais adensado, como o de 1,20 m x 0,20 m. Com esse arranjo espacial há uma maior demanda em termo de adubação e capinas (FARIAS et al., 2005).

A palma apresenta um baixo índice de área de cladódio, o que pode limitar o crescimento e favorecer a incidência do mato. Esse baixo índice pode ser atenuado por uma maior densidade de plantas ou por colheitas menos frequentes, com a conservação de maior número de cladódios (FARIAS et al., 2000). Sampaio (2005) considerou os dois lados dos cladódios para o cálculo da sua área.

Com a utilização de espaçamentos mais adensados pode-se alcançar maiores produções, porém, os custos de estabelecimento do palmar são maiores e os tratamentos culturais ficam mais difíceis e não permitem consorciação com outras culturas. O emprego de espaçamentos em filas duplas pode permitir a utilização de consórcio durante toda a vida útil do palmar, favorecendo a produção de grãos e restolhos de culturas para o produtor que optar por esse sistema, além de possibilitar um melhor

emprego de mecanização no controle de ervas daninhas facilita a colheita e transporte; contribuir para reduzir os riscos de incêndio no palmar e controlar a erosão (FARIAS et al., 2000).

No caso do plantio em espaçamento adensado (1,0 m x 0,25 m) são necessários 40.000 cladódios para se implantar um hectare com a cultura. Este número elevado de cladódios inviabiliza ou atrasa a operação, muitas vezes, em virtude da dificuldade em disponibilizar material de plantio suficiente para os produtores interessados. No entanto, o sistema convencional de propagação da palma é lento, dificultando também o lançamento de novos cultivares (VASCONCELOS et al., 2007).

Essas plantas têm uma tendência de reduzir o tamanho dos cladódios devido ao incremento na densidade, como uma resposta na diminuição de sua taxa de assimilação (VERHAGEN et al., 1963). Barrientos e Flores (1969) confirmam que, à medida que aumenta a densidade de plantação de palma, o tamanho e o peso dos cladódios diminuem, e em geral, essa diminuição no peso dos cladódios é maior em altos níveis de população.

Em trabalho realizado na região do Cariri Ocidental paraibano, Medeiros et al. (1997) observaram os efeitos do espaçamento e da forma de plantio sobre a brotação da palma forrageira e concluíram que o menor espaçamento (0,5 m x 0,5 m) tendeu a uma maior brotação por hectare plantado, do que os outros espaçamentos (1,0 m x 1,0 m e 1,0 m x 0,5 m). Maia Neto (2000) cita que, no Sertão pernambucano, foi alcançado rendimento médio da palma de 400 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, quando se adotou tecnologia mexicana de produção, com adensamento de plantas e de 110 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> com uma tecnologia preconizada pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA).

O espaçamento de plantio da palma forrageira varia de acordo com a fertilidade do solo, a quantidade de chuvas, finalidade de exploração e com o consórcio a ser utilizado. Além desses aspectos, considerando que em espaçamento 2,0 m x 1,0 m tem-se 5.000 plantas ha<sup>-1</sup>, enquanto no espaçamento 1,0 m x 0,25 m a quantidade de plantas é oito vezes maior, ou seja, 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, sendo necessária, uma maior atenção com as adubações (TELES et al., 2002). O cultivo de palma em espaçamento adensado tem sido o mais utilizado recentemente, porém, os tratos culturais e a colheita são dificultados, aumentando os custos com a mão-de-obra (TELES et al., 2004).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área

O experimento foi instalado numa área de 0,2 ha e conduzido em condições de campo, no Núcleo de Pesquisa para o Semi-árido – NUPEÁRIDO, pertencente ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campus de Patos, PB, com coordenadas geográficas de 07°05'10"LS de e 37°15'43" W, com altitude de 242 metros (Figura 1), no período, entre dezembro de 2006 e novembro de 2007.



Figura 1 Área do experimento (Nupeárido).  
(NASCIMENTO, 2007).

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo semi-árido Bsh, com uma estação quente e seca de junho a dezembro e outra com chuvas escassas no inverno de janeiro a maio, com precipitação anual média de 600 mm, distribuída irregularmente, com registro de temperatura média de 28 °C (MILLER, 1971; BRASIL, 1978).

As médias mensais de precipitação pluvial dos anos 2006 e 2007, obtidas no posto de coleta de dados climatológicos da Estação Experimental da EMBRAPA algodão, em Patos, PB, encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2** Precipitação pluviométrica média mensal do município de Patos, PB, nos anos de 2006 e 2007.

| Índices Pluviométricos (mm) |      |       |       |       |       |      |     |     |   |      |     |      |       |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|---|------|-----|------|-------|
| ANO                         | J    | F     | M     | A     | M     | J    | J   | A   | S | O    | N   | D    | Total |
| 2006                        | 16,6 | 246,7 | 50,1  | 112,5 | 43,1  | 8,3  | 2,9 | 1,2 | _ | _    | _   | 94,8 | 594,2 |
| 2007                        | _    | 168,8 | 244,1 | 202,4 | 128,8 | 23,4 | 0,2 | _   | _ | 15,3 | 1,3 | 83,2 | 867,5 |

Fonte: EMBRAPA algodão, Patos, PB (2007)

### 3.2 Relevô e tipo de solo

O local onde o estudo foi conduzido apresenta relevô plano e o solo coletado na camada de 0-20 cm, em amostra composta, encaminhada para análises físicas e químicas, no Laboratório de Solos da Escola Agrotécnica Federal de Souza (PB), corresponde, segundo classificação da EMBRAPA (1999), a um LUVISSOLO Planossólico, distrófico de textura arenosa.

Os dados referentes aos atributos químicos e físicos do solo estão descritos de acordo com EMBRAPA (1997) e encontram-se relacionados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Atributos químicos e físicos do solo sob cultivo de palma forrageira.

| Análise química        |                                       |         |
|------------------------|---------------------------------------|---------|
| Características        |                                       | Valor   |
| pH                     | (H <sub>2</sub> O)                    | 5,00    |
| P                      | (mg dm <sup>-3</sup> )                | 9,00    |
| K <sup>+</sup>         | (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 0,26    |
| Ca <sup>++</sup>       | (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 0,90    |
| Mg <sup>++</sup>       | (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 0,60    |
| Na <sup>+</sup>        | (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 0,13    |
| Al <sup>+++</sup>      | (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 0,20    |
| CTC                    | (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 5,97    |
| MO                     | (g kg <sup>-1</sup> )                 | 4,10    |
| V                      | (%)                                   | 46,00   |
| Análise granulométrica |                                       |         |
| Areia                  | (g kg <sup>-1</sup> )                 | 872     |
| Silte                  | (g kg <sup>-1</sup> )                 | 27      |
| Argila                 | (g kg <sup>-1</sup> )                 | 101     |
| Classe textural        |                                       | arenosa |

### 3.3 Preparo convencional da área experimental

Em dezembro de 2006, iniciaram-se os procedimentos de preparo convencional da área, por meio de destoca e limpeza manual. Em seguida, com uso de trator de pneu, foram efetuadas as operações de subsolagem com subsolador de três hastes a uma profundidade de 0,50 m devido a presença de camada cimentada, seguida de gradagem e sulcamento com sulcador de aiveca de duas linhas, com regulagem para 1,70 m entre os sulcos e profundidade média de 0,30 m (Figuras 2 e 3).



Figura 2. Área experimental após subsolagem e gradagem (NASCIMENTO, 2006).



Figura 3. Sulcos preparados para o plantio de palma forrageira (NASCIMENTO, 2006).

### 3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com arranjo fatorial 4 x 4, correspondendo a quatro espaçamentos (1,7 x 0,10; 1,7 x 0,15; 1,7 x 0,20 e 1,7 x 0,25 m) e quatro níveis de fósforo (100; 150, 200 e 250 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), os quais foram dispostos no campo, com três repetições.

O experimento foi instalado e distribuído em três blocos, cada um com 80 m de comprimento, em cinco linhas espaçadas em 1,7 m. Os blocos foram divididos em 16 parcelas, num total de 48 parcelas, com área útil de 15,30 m<sup>2</sup> (5,10 m x 3,0 m), tendo como bordaduras, a primeira e última linha, como também, 1,0 m no início e ao final de cada parcela. O croqui da área experimental pode ser visualizado na Figura 4.

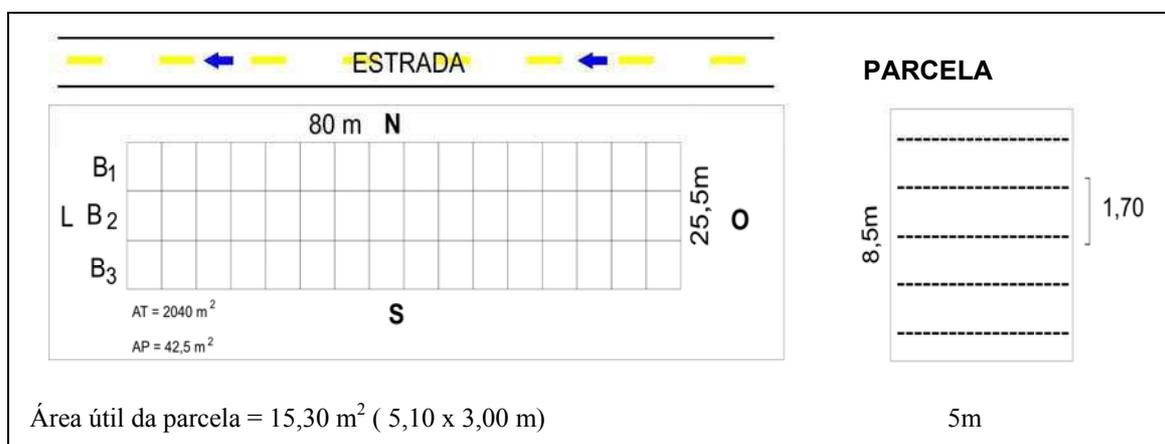


Figura 4. Croqui da área experimental, mostrando detalhes da parcela.

AP = Área da parcela

AT= Área total do experimento

### 3.5 Instalação e condução do experimento

O material vegetal utilizado no estudo foi a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill), obtido em plantio convencional, em condições satisfatórias de cultivo, tais como: bom tamanho e livre de pragas e doenças. Após o corte no campo, o material foi colocado em repouso, à sombra, por um período de quinze dias, para cicatrização, por efeito do corte e estresse do transporte.

Logo após o preparo da área, foi efetuada adubação orgânica, com 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino, de acordo com Dubeux Jr. et al. (2000) e Santos et al. (2005) e em seguida, a fertilização fosfatada, aplicada de acordo com os tratamentos pré-estabelecidos, utilizando-se superfosfato simples.

O plantio foi efetuado com os cladódios colocados seguidos dentro dos sulcos, enterrados dois terços na base, para garantir a firmeza, na posição vertical (Figura 5), com as faces no sentido leste/oeste, espaçados de acordo com os tratamentos testados.



Figura 5. Plantio de *Opuntia ficus-indica* Mill.  
(NASCIMENTO, 2007).

Com o surgimento dos primeiros brotos, foi efetuada para todos os tratamentos, uma adubação nitrogenada na dose de 220 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, no período das chuvas, parceladas em três aplicações, com intervalos de 20 dias, de acordo com Santos et al. (1998).

Depois de estabelecido o palmar, foram realizados tratamentos culturais de capinas e fitossanitários, com pulverização de herbicida, para manter a cultura sempre livre de plantas invasoras, bem como de pragas e doenças.

### 3.6 Determinação dos parâmetros de crescimento da palma forrageira

Foram realizadas observações dos parâmetros de crescimento da palma, sendo verificados os aspectos morfométricos (número de aréolas por cladódio, número de

cladódios por planta, comprimento, largura, perímetro e espessura dos cladódios). Estas avaliações ocorreram a cada 30 dias, iniciando aos 90 dias após o plantio, a partir da identificação ao acaso, com etiqueta, de seis plantas de cada parcela útil, num total de 288 plantas avaliadas, terminando aos 330 dias após o plantio (D. A. P.).

Para as medições das dimensões dos cladódios (Figura 6) utilizou-se fita milimetrada, de acordo com Santos et al. (1998) e, para a espessura, utilizou-se um paquímetro.



Figura 6. Determinação dos parâmetros de crescimento da palma forrageira na área experimental:

(a) perímetro; (b) espessura; (c) comprimento e (d) largura de cladódios

(NASCIMENTO, 2007).

Para a contagem de aréolas do cladódio utilizou-se uma moldura de arame com 25 cm<sup>2</sup>, colocada em uma das faces do cladódio (Figura 7).



Figura 7. Contagem de aréolas através da moldura de arame (NASCIMENTO, 2007).

### 3.7 Parâmetros utilizados para estimativa da produção de palma forrageira, no campo

A estimativa de produção de biomassa da palma, no campo, foi determinada segundo Menezes et al. (2005) e o peso médio dos cladódios foi estimado segundo Pinto et al., (2002).

Peso Verde do Cladódio (g) = C (cm) x L (cm) x E (cm) x 0,535 (g cm<sup>-3</sup>), onde:

PMVC= Peso de matéria verde do cladódio em g;

C = Comprimento médio dos cladódios em cm;

L = Largura média dos cladódios em cm;

E = Espessura média dos cladódios em cm;

0,535 = fator resultante da multiplicação do fator de correção da área (0,883) pelo peso específico corrigido (0,772 g cm<sup>-3</sup>), pelo valor de 3,14 e por ¼, provenientes do cálculo da área da elipse, em g cm<sup>-3</sup>.

Finalmente, multiplicou-se o peso médio dos cladódios pelo número médio de cladódios por planta e pela densidade de plantas por hectare, para obtenção da massa verde de palma em gramas por hectare, a qual foi dividida por 1.000.000 para ser expressa em toneladas por hectare.

### 3.8 Análises estatísticas

Inicialmente, foi realizada uma análise de variância para verificar a significância dos fatores (espaçamento, dose de fósforo e a interação entre estes), sendo avaliados pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. As variáveis, número de aréolas e de brotos por cladódios, foram previamente transformadas em  $\sqrt{(x+1)}$ . A comparação entre médias de espaçamento foi realizada pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade. Quando se verificou efeito significativo para níveis de adubação, utilizou-se regressão polinomial, evidenciando-se os efeitos linear, quadrático e cúbico. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Programa SAS (SAS INSTITUTE, 2002).

O modelo matemático utilizado para análise estatística foi:

$Y_{ijk}$  = variável dependente;

$Y_{ijke} = \mu + Bi + Ej + A_{ijk} + (E \cdot A)_{jk} + e_{ijk}$ , em que:

$\mu$  = média geral;

$Bi$  = efeito do bloco  $i$ ;  $i(i = 1, 2, 3)$ ;

$Ej$  = efeito do espaçamento  $j$ ,  $j(j = 1 = 0,10; 2 = 0,15; 3 = 0,20; 4 = 0,25)$ ;

$A_{ijk}$  = efeito das doses de adubos  $k$ ,  $k(k = 1 = 100; 2 = 150; 3 = 200; 4 = 250)$ ;

$(E \cdot A)_{jk}$  = efeito da interação entre espaçamento e níveis de adubação;

$e_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação, pressuposto NID  $(0, \delta^2)$ ;

Quando se verificou efeito significativo de doses de adubação, o modelo matemático usado foi o seguinte:

$Y_{ijk} = \mu + Bi + Ej + b_1(A_{ijk} - \bar{A}) + b_2(A_{ijk} - \bar{A})^2 + b_3(A_{ijk} - \bar{A})^3 + e_{ijk}$ , em que:

$\bar{A}$  = média das doses de adubação;

$b_1, b_2, b_3$  = coeficientes de regressão linear, quadrático e cúbico, de  $Y_{ijk}$ , em função das doses de adubos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Número de aréolas por cladódio

Os resultados obtidos referentes à análise de variância, em relação ao número de aréolas por cladódios são apresentados na Tabela 3, cuja significância verificada pelo teste F, indica que não houve efeitos significativos do espaçamento e da adubação fosfatada sobre o número de aréolas por cladódio. Houve efeito significativo para interação (espaçamento x adubação fosfatada) nas fases de crescimento correspondentes a 120, 180, 270 e 330 D.A.P.

**Tabela 3.** Análise de variância (quadrados médios e significância) do número de aréolas por cladódio, dos 120 aos 330 D. A. P. da palma forrageira.

| Fontes de variação | GL | Quadrados Médios |        |         |        |        |         |         |         |
|--------------------|----|------------------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|
|                    |    | 120              | 150    | 180     | 210    | 240    | 270     | 300     | 330     |
| Blocos             | 2  | 0,0427           | 0,0105 | 0,0154  | 0,0036 | 0,0046 | 0,0253* | 0,0133* | 0,0049  |
| Espaçamento (E)    | 3  | 0,0465           | 0,0063 | 0,0239  | 0,0026 | 0,0039 | 0,0032  | 0,0003  | 0,0014  |
| Adubação (A)       | 3  | 0,0236           | 0,0004 | 0,0059  | 0,0006 | 0,0009 | 0,0015  | 0,0026  | 0,0028  |
| E x A              | 9  | 0,0548*          | 0,0133 | 0,0225* | 0,0016 | 0,0094 | 0,0189* | 0,0045  | 0,0066* |
| Resíduo            | 30 | 0,0182           | 0,0063 | 0,0088  | 0,0029 | 0,0051 | 0,0077  | 0,0033  | 0,0029  |
| CV(%)              | -  | 5,38             | 3,46   | 4,13    | 2,42   | 3,10   | 3,77    | 2,54    | 2,33    |

(\*) Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os dados relacionados na Tabela 4 referem-se às médias obtidas para número de aréolas por cladódio em função da interação, onde se verificou que aos 330 D.A.P. da planta estes valores permaneceram estáveis, com uma variação de 4,00 a 4,75 aréolas por cladódio.

**Tabela 4.** Valores médios de número de aréolas por cladódio aos 330 D.A.P. de palma forrageira, em função da interação entre espaçamento e adubação

| Fatores                   |            | D. A. P. |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| A* (kg ha <sup>-1</sup> ) | E**(m)     | 120      | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  |
| 100                       | 1,7 x 0,10 | 4,83     | 4,22 | 3,72 | 3,83 | 4,16 | 4,59 | 4,10 | 4,20 |
|                           | 1,7 x 0,15 | 4,67     | 4,05 | 3,87 | 3,94 | 4,17 | 4,10 | 4,17 | 4,10 |
|                           | 1,7 x 0,20 | 5,27     | 4,50 | 4,83 | 3,94 | 4,50 | 4,49 | 4,38 | 4,75 |
|                           | 1,7 x 0,25 | 5,05     | 4,27 | 4,28 | 3,94 | 4,49 | 4,32 | 4,00 | 4,33 |
| 150                       | 1,7 x 0,10 | 6,66     | 4,72 | 4,07 | 3,94 | 4,54 | 4,49 | 4,40 | 4,37 |
|                           | 1,7 x 0,15 | 4,44     | 3,89 | 3,83 | 3,77 | 4,05 | 4,20 | 4,10 | 4,10 |
|                           | 1,7 x 0,20 | 4,50     | 3,94 | 3,94 | 3,89 | 4,00 | 4,05 | 4,00 | 4,10 |
|                           | 1,7 x 0,25 | 5,89     | 4,78 | 4,33 | 4,00 | 4,44 | 4,10 | 4,50 | 4,30 |
| 200                       | 1,7 x 0,10 | 5,55     | 4,44 | 3,89 | 3,83 | 4,05 | 4,11 | 4,05 | 4,37 |
|                           | 1,7 x 0,15 | 5,66     | 4,27 | 4,44 | 4,05 | 4,61 | 4,65 | 4,20 | 4,30 |
|                           | 1,7 x 0,20 | 5,94     | 4,50 | 4,44 | 4,11 | 4,33 | 4,67 | 4,10 | 4,15 |
|                           | 1,7 x 0,25 | 4,66     | 3,94 | 3,72 | 3,89 | 4,10 | 3,99 | 4,00 | 4,00 |
| 250                       | 1,7 x 0,10 | 5,61     | 4,16 | 3,89 | 3,78 | 4,04 | 4,17 | 4,05 | 4,10 |
|                           | 1,7 x 0,15 | 4,94     | 4,33 | 4,22 | 3,94 | 4,48 | 4,43 | 4,10 | 4,33 |
|                           | 1,7 x 0,20 | 5,05     | 4,27 | 4,07 | 3,94 | 4,27 | 4,77 | 4,10 | 4,45 |
|                           | 1,7 x 0,25 | 6,00     | 4,33 | 5,00 | 4,11 | 4,55 | 4,43 | 4,28 | 4,48 |

\* Adubação; \*\* Espaçamento

Em trabalho desenvolvido no México, em 17 localidades, Reyes-Aguero et al. (2005), observaram que, nos 180 D. A. P., em cladódios de *Opuntia ficus-indica* o número de aréolas variou de 8 a 14, para cada 100 cm<sup>2</sup>, o que correspondeu ao valor de 2 a 3,5 aréolas numa área de 25 cm<sup>2</sup>, ou seja, quatro vezes menor. Constatou-se que estes valores são similares aos encontrados no presente estudo e que, a variação entre um número maior e menor de aréolas nas sucessivas épocas (D. A. P.), dentro da área estimada, teve influência do murchamento dos cladódios no período seco, por isso, número maior de aréolas em fase mais avançada, ou seja, relacionado ao efeito murcha/turgidez na planta.

#### 4.2 Número de cladódios por planta

Pelos resultados da análise de variância apresentados na Tabela 5, observa-se que não houve influência do espaçamento sobre o número de cladódio por planta. Provavelmente, a não influência do espaçamento sobre o número de cladódios esteja relacionada à pequena amplitude dos espaçamentos estudados. Verificou-se efeito

significativo para adubação fosfatada aos níveis de 1% e 5% de probabilidade, pelo teste f.

**Tabela 5.** Análise de variância (quadrados médios e significância) do número de cladódios por planta, dos 120 aos 330 D. A. P. da palma forrageira

| F V        | GL | Quadrados Médios |         |          |          |          |          |          |          |
|------------|----|------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|            |    | 120              | 150     | 180      | 210      | 240      | 270      | 300      | 330      |
| Blocos     | 2  | 0,1320*          | 0,0278  | 1,0934*  | 0,2022   | 0,3261   | 0,2082*  | 0,7393** | 0,0769   |
| E          | 3  | 0,0127           | 0,0427  | 0,0888   | 0,0703   | 0,1252   | 0,1352   | 0,2291   | 0,1728   |
| A          | 3  | 0,0165           | 0,0955* | 0,2744** | 0,5531** | 0,2707** | 0,5697** | 0,3326*  | 0,9518** |
| Linear     | 1  | 0,0494           | 0,1493  | 0,7130** | 1,5031** | 0,7101*  | 1,5488** | 0,9589** | 2,5803** |
| Quadrático | 1  | 0,0000           | 0,0003  | 0,0040   | 0,0188   | 0,0231   | 0,0076   | 0,0007   | 0,0375   |
| Cúbico     | 1  | 0,0000           | 0,1367* | 0,1059   | 0,1374   | 0,0786   | 0,1525   | 0,0380   | 0,2374   |
| E x A      | 9  | 0,0330           | 0,0477  | 0,1446*  | 0,2295   | 0,1484   | 0,2102** | 0,2229   | 0,2704   |
| Resíduo    | 30 | 0,0339           | 0,0282  | 0,0682   | 0,0832   | 0,1096   | 0,0531   | 0,1068   | 0,1489   |
| CV(%)      | -  | 9,30             | 7,98    | 10,26    | 10,25    | 11,40    | 7,83     | 10,25    | 11,01    |

(\*) e (\*\*) Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Estes resultados divergem dos obtidos por Medeiros et al. (1997), e Dubeux Jr. et al. (2000), que verificaram influência do espaçamento, com redução no número de cladódios por planta, no plantio mais adensado de palma forrageira. Logo, está de acordo com Teles et al. (2000), que trabalhando com solo da Estação Experimental de Caruaru – PE, para número total de cladódios por planta, aos 270 D. A. P., obteve efeito significativo de P entre os tratamentos estudados.

Na Tabela 6 encontram-se as médias do número de cladódios por planta, não se evidenciando efeito significativo, atingindo aos 330 D. A. P. uma média de 11,50 cladódios por planta. Portanto, no espaçamento 1,7 m x 0,15 m obteve-se os melhores resultados.

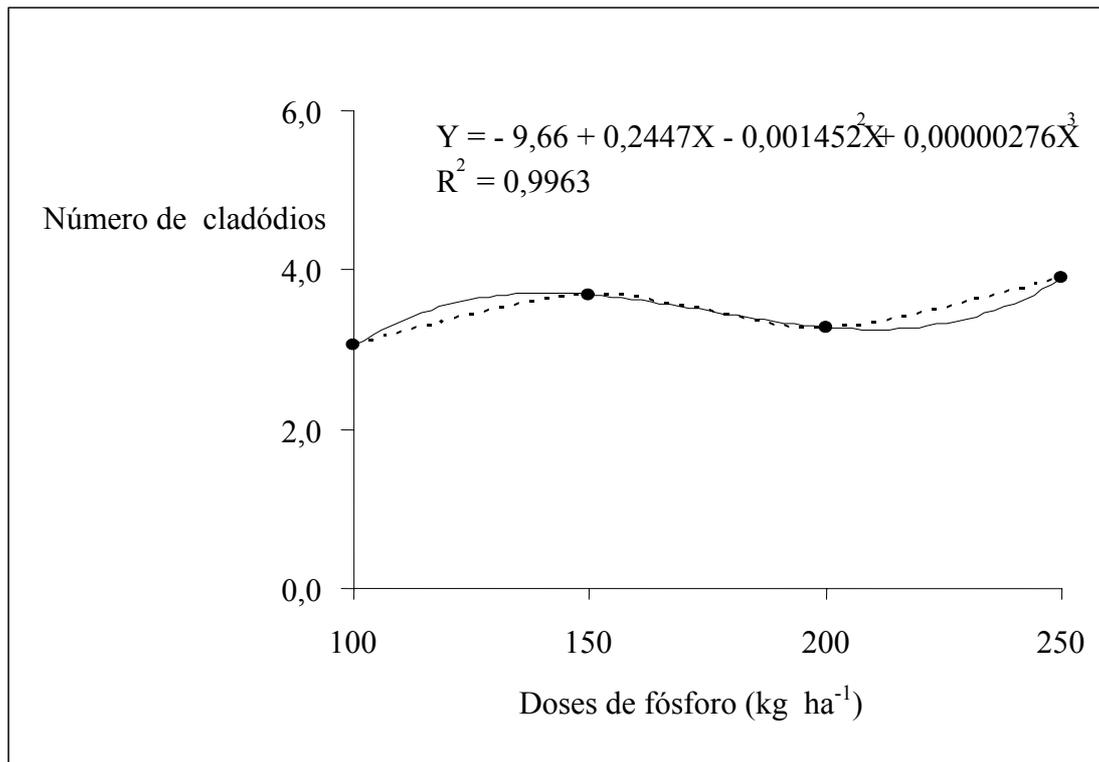
**Tabela 6.** Médias do número de cladódios por planta aos 330 D. A. P. da palma forrageira, segundo os fatores estudados

| Fatores                         | D.A.P. |        |        |        |        |        |         |         |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
|                                 | 120    | 150    | 180    | 210    | 240    | 270    | 300     | 330     |
| Eespaçamento (m)                |        |        |        |        |        |        |         |         |
| 1,7 x 0,10                      | 2,77 A | 3,32 A | 5,16 A | 7,18 A | 7,73 A | 7,80 A | 9,12 A  | 11,92 A |
| 1,7 x 0,15                      | 3,06 A | 3,86 A | 6,13 A | 7,37 A | 8,29 A | 8,58 A | 10,65 A | 12,41 A |
| 1,7 x 0,20                      | 2,94 A | 3,36 A | 5,35 A | 6,45 A | 6,90 A | 7,10 A | 8,60 A  | 10,46 A |
| 1,7 x 0,25                      | 3,04 A | 3,37 A | 5,81 A | 7,22 A | 7,35 A | 7,68 A | 9,02 A  | 11,23 A |
| Adubação (kg ha <sup>-1</sup> ) |        |        |        |        |        |        |         |         |
| 100                             | 2,79   | 3,05   | 4,60   | 5,68   | 6,63   | 6,18   | 8,01    | 8,94    |
| 150                             | 2,89   | 3,69   | 5,74   | 6,87   | 7,41   | 7,81   | 9,19    | 11,54   |
| 200                             | 3,00   | 2,28   | 5,59   | 6,91   | 7,43   | 7,80   | 9,47    | 11,65   |
| 250                             | 3,14   | 3,89   | 6,51   | 8,76   | 8,81   | 9,37   | 10,70   | 13,90   |
| Média                           | 2,29   | 3,48   | 5,61   | 7,06   | 4,57   | 7,79   | 9,34    | 11,50   |
| DMS (espaçamentos)              | 0,81   | 0,78   | 1,50   | 1,79   | 2,12   | 1,43   | 2,19    | 2,91    |

Para o fator espaçamento, médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

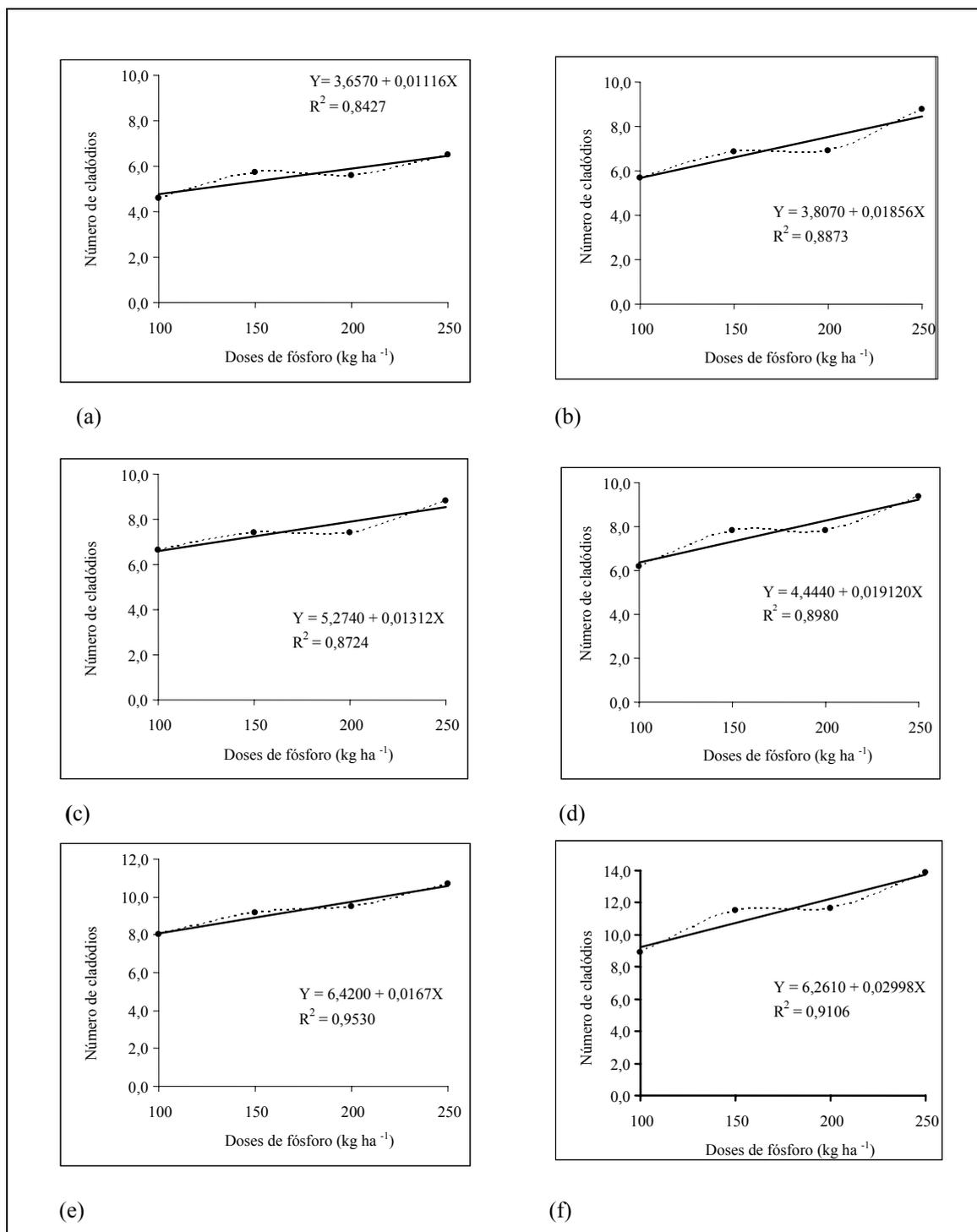
Influência de espaçamento na produção de cladódio por planta, na palma forrageira também foi verificada por Farias et al. (2000) e Teles et al. (2002), em São Bento do Una e Caruaru (PE), respectivamente.

Já com referência ao fator adubação, verificou-se diferença significativa, com efeito cúbico aos 150 D. A. P. Nesta fase, constatou-se uma tendência de acréscimo do número de cladódios, a partir da dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 8).



**Figura 8.** Efeito do fósforo sobre cladódio por planta aos 150 D. A. P.

Possivelmente, pode ter ocorrido alguma influência do meio, pois, após 180 D.A.P., evidenciou-se efeito linear significativo e positivo da adubação sobre o número de cladódio (Figura 9), ou seja, à medida que se aumentou as doses de fósforo, aumentou também proporcionalmente o número de cladódios, nas distintas fases de crescimento da planta, entre 180 e 330 D.A.P. .



**Figura 9.** Efeito do fósforo sobre o número de cladódios por planta a partir dos 180 D. A. P.:

(a). aos 180 D. A. P.; (b). aos 210 D. A. P.; (c). aos 240 D. A. P.; (d). aos 270 D. A. P.; (e). aos 300 D. A. P.; (f). aos 330 D. A. P.

Lima et al. (1974 ) verificaram aumentos lineares até a dose de 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, sendo que a partir deste, a produção tendeu a se estabilizar.

De modo geral, no período de 180 a 330 D. A. P., ocorreu um incremento médio do número de cladódio de 0,0181 para cada incremento unitário (kg) de fósforo ao solo.

Estes resultados indicam que os níveis de fósforo estudados foram insuficientes para se analisar a sua eficiência sobre o número máximo de cladódios por planta.

O efeito do fósforo sobre o número total de cladódios também foi observado por Teles et al. et al. (2000), com o clone IPA-20 no espaçamento 2,0 m x 1,0 m, cultivada após 360 D. A. P. em solo de Caruaru, PE. Porém, Araújo Filho e Cavalcanti Filho et al. (2000) avaliando este mesmo clone em solo de Arco Verde e São Bento do Una, PE, respectivamente, não constataram efeitos da adubação com fósforo sobre o número de brotação. No entanto, Teles et al. (2002), trabalhando em solo proveniente de Caruaru (PE), aos 270 D. A. P., observaram que quando o fósforo foi retirado de uma solução de macronutrientes completa, houve redução do número total de cladódios, encontrando valores médios de 4,0 cladódios por planta. Silva et al. (1998), encontraram 6,0 aos 240 D. A. P. Já Santos et al. (1992) encontraram em média 7,3 cladódios por planta, também aos 270 D. A. P. e concluíram que o fósforo é fator limitante na produção da palma forrageira.

Segundo Nobel (2001), a palma forrageira é pouco exigente em fósforo, mas Dubeux et al. (2006) observaram efeito positivo da adubação fosfatada apenas nos teores de P disponível no solo inferiores a  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ , o que está de acordo com os resultados das análises de solo obtidas neste estudo.

Infere-se que a adubação é fator determinante de produção de matéria verde, principalmente nos plantios adensados de palma, o que está de acordo com diversos pesquisadores (SAMPAIO et al., 1995; DUBEUX Jr. et al., 2006).

Na discussão dos dados das seguintes tabelas, dar-se-á ênfase a época de 330 D.A.P. da palma, por ser esta a época na qual se poderia efetuar o primeiro corte, seja para a produção de cladódios para plantio ou para a alimentação animal.

#### 4.3 Comprimento de cladódio

Pelos resultados de comprimento de cladódios (Tabela 7) constataram-se diferenças significativas para espaçamento nas épocas 210, 240, 300 e 330 D. A. P.

**Tabela 7.** Análise de variância (quadrados médios e significância) de comprimento de cladódios, dos 120 aos 330 D. A. P. de palma forrageira.

| Fontes de variação | GL | Quadrados Médios |        |        |          |          |        |          |          |
|--------------------|----|------------------|--------|--------|----------|----------|--------|----------|----------|
|                    |    | 120              | 150    | 180    | 210      | 240      | 270    | 300      | 330      |
| Blocos             | 2  | 6,0477           | 4,7014 | 1,3169 | 2,0262   | 1,7641   | 7,1537 | 6,8037   | 5,8946   |
| E                  | 3  | 2,4093           | 7,1195 | 6,5834 | 18,7565* | 19,5249* | 19,296 | 17,6986* | 21,3140* |
| A                  | 3  | 2,2112           | 3,5016 | 4,0650 | 3,1817   | 5,8693   | 4,5778 | 3,9056   | 13,5303  |
| E x A              | 9  | 4,1032           | 5,8363 | 5,1549 | 5,5858   | 4,4523   | 5,9508 | 4,9470   | 9,1998   |
| Resíduo            | 30 | 4,1483           | 3,4493 | 7,7825 | 6,1791   | 5,8743   | 8,8663 | 4,8553   | 7,2954   |
| CV(%)              | -  | 10,10            | 7,90   | 11,28  | 10,07    | 10,23    | 11,90  | 9,05     | 10,81    |

(\*) Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os efeitos da aplicação do fósforo e a interação espaçamento adubação foram não significativos pelo teste F, concordando com os resultados obtidos por Araújo Filho e Cavalcanti Filho et al. (2000), em estudos no Recife e São Bento do Una (PE), respectivamente. Pessoa et al. (1999) e Teles et al. (2000), também obtiveram resultados semelhantes.

Na Tabela 8 são visualizados os dados médios de comprimento de cladódios aos 330 D. A. P. da palma forrageira. Verificou-se que houve diferença significativa entre as médias de espaçamento, pelo teste de Tukey, somente nas épocas referentes a 210, 240, 300 e 330 D. A. P. Nota-se que, embora não tenha havido diferença significativa, verifica-se uma tendência de maior comprimento do cladódio no menor espaçamento (1,7m x 0,10m) aos 120, 150, 180 e 270 D. A. P. e que aos 330 D. A. P. o valor médio para esta variável foi de 24,99 cm. Este resultado diverge do encontrado por García-Hernandez et al. (2008), em experimento no México, no qual verificaram que com o incremento da densidade de plantas houve uma redução do comprimento de cladódio.

**Tabela 8.** Valores de comprimento de cladódios aos 330 D. A. P. da palma forrageira, segundo os fatores estudados.

| Fatores                | D. A. P. |         |         |         |         |         |         |         |
|------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                        | 120      | 150     | 180     | 210     | 240     | 270     | 300     | 330     |
| Espaçamento            | *        | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       |
| (m)                    |          |         |         |         |         |         |         |         |
| 1,7 x 0,10             | 20,65 A  | 24,54 A | 25,73 A | 26,56 A | 25,42 A | 26,69 A | 26,09 A | 27,00 A |
| 1,7 x 0,15             | 20,26 A  | 23,12 A | 24,17 A | 23,80 B | 23,50AB | 24,08 A | 23,48 B | 24,51AB |
| 1,7 x 0,20             | 19,57 A  | 22,77 A | 24,17 A | 23,94AB | 22,34 B | 23,99 A | 23,56 B | 24,32AB |
| 1,7 x 0,25             | 20,16 A  | 23,62 A | 24,86 A | 24,36AB | 23,54AB | 25,34 A | 24,24AB | 24,00 B |
| Adubação               |          |         |         |         |         |         |         |         |
| (kg ha <sup>-1</sup> ) |          |         |         |         |         |         |         |         |
| 100                    | 20,36    | 22,91   | 24,07   | 24,03   | 23,66   | 24,55   | 23,70   | 23,68   |
| 150                    | 19,96    | 23,99   | 24,73   | 24,62   | 23,64   | 25,18   | 24,20   | 25,56   |
| 200                    | 20,65    | 23,95   | 25,48   | 25,28   | 24,61   | 25,84   | 25,08   | 26,10   |
| 250                    | 19,68    | 23,21   | 24,65   | 24,77   | 22,90   | 24,55   | 24,40   | 24,63   |
| Média                  | 20,16    | 23,51   | 24,73   | 24,68   | 23,70   | 25,02   | 24,34   | 24,99   |
| DMS (Esp.)             | 2,26     | 2,06    | 3,10    | 2,76    | 2,69    | 3,30    | 2,45    | 3,00    |

Para o fator espaçamento, médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; \* comprimento (cm).

Experimento realizado por Teles et al. (2002) em Caruarú (PE), a média geral obtida foi de 29,11 cm aos 270 D. A. P., superior à obtida no presente trabalho, o que pode estar associado à realização do estudo, em casa de vegetação, com um melhor controle local na condução do experimento.

Em estudos realizados no campo nos município de São João do Cariri e Teixeira (PB), Sales et al. (2006) e Silva Neto et al. (2008) alcançaram valores de 30,0cm aos e 29,81cm, aos 730 e 365 D. A. P., respectivamente, similares a média apresentada no presente trabalho.

#### 4.4 Largura de cladódios

De acordo com os resultados da análise de variância em relação à largura de cladódios (Tabela 9), não houve diferença estatística significativa para espaçamento e adubação fosfatada. Houve diferença estatística significativa para espaçamento e interação entre os fatores, apenas aos 120 D. A. P., não se constatando nas demais épocas avaliadas.

**Tabela 9.** Análise de variância (quadrados médios e significância) da largura dos cladódios dos 120 aos 330 D. A. P. da palma forrageira.

| F V            | GL | Quadrados Médios |        |        |        |        |        |        |         |
|----------------|----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
|                |    | 120              | 150    | 180    | 210    | 240    | 270    | 300    | 330     |
| Blocos         | 2  | 0,7308           | 0,0871 | 1,8380 | 0,0757 | 0,4747 | 0,1351 | 0,6720 | 4,2265* |
| Espaçamento(E) | 3  | 2,1974*          | 1,1002 | 1,3162 | 0,6486 | 0,6829 | 1,3569 | 1,8810 | 0,4940  |
| Adubação(A)    | 3  | 0,09443          | 0,5740 | 1,6714 | 0,9796 | 2,5054 | 1,3477 | 0,4789 | 0,6386  |
| E x A          | 9  | 1,7529*          | 0,7163 | 1,9120 | 1,6487 | 1,5736 | 1,4728 | 1,5559 | 1,7262  |
| Resíduo        | 30 | 0,7220           | 1,1925 | 2,3390 | 1,3682 | 1,1907 | 1,9084 | 1,2913 | 1,2634  |
| CV(%)          | -  | 6,87             | 7,63   | 10,12  | 7,7670 | 7,48   | 8,83   | 7,72   | 7,19    |

(\*) Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os dados referentes à largura de cladódios são mostrados na Tabela 10. Verificou-se que as médias não apresentaram diferença estatística significativa no período de condução do experimento. Observa-se que aos 330 D. A. P. da palma forrageira, esta variável atingiu o maior valor (15,85 cm) no espaçamento mais adensado e cujo valor médio foi de 15,63 cm.

**Tabela 10.** Valores de largura do cladódio dos 120 aos 330 d.a.p. da palma forrageira, segundo os fatores estudados.

| Fatores                            | D. A. P. |         |         |         |         |         |         |         |
|------------------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                    | 120      | 150     | 180     | 210     | 240     | 270     | 300     | 330     |
| Espaçamento<br>(cm)                | *        | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       |
| 1,7 x 10                           | 12,20 AB | 14,64 A | 15,31 A | 15,10 A | 14,53 A | 15,74 A | 15,10 A | 15,85 A |
| 1,7 x 15                           | 13,00 A  | 14,50 A | 15,35 A | 15,28 A | 14,87 A | 15,50 A | 15,03 A | 15,76 A |
| 1,7 x 20                           | 12,04 B  | 14,00 A | 15,63 A | 14,73 A | 14,30 A | 15,28 A | 14,40 A | 15,44 A |
| 1,7 x 25                           | 12,26 AB | 14,11 A | 15,14 A | 15,13 A | 14,66 A | 16,07 A | 14,37 A | 15,48 A |
| Adubação<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |          |         |         |         |         |         |         |         |
| 100                                | 12,68    | 14,28   | 15,17   | 14,91   | 14,56   | 15,88   | 14,70   | 15,45   |
| 150                                | 12,02    | 14,02   | 14,66   | 14,75   | 14,42   | 15,16   | 14,49   | 15,43   |
| 200                                | 12,30    | 14,50   | 15,56   | 15,40   | 15,23   | 15,70   | 14,98   | 15,90   |
| 250                                | 12,50    | 14,45   | 14,04   | 15,18   | 14,15   | 15,85   | 14,72   | 15,75   |
| Média                              | 12,37    | 14,31   | 15,10   | 20,08   | 14,59   | 15,65   | 14,73   | 15,63   |
| DMS (Esp.)                         | 0,94     | 1,21    | 1,70    | 1,30    | 1,21    | 1,53    | 1,26    | 1,25    |

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; \* largura (cm).

Este resultado diverge do encontrado por García-Hernandez et al. (2008), em experimento realizado no México, cujos valores maiores (5,70 cm) se apresentaram na menor densidade de plantio (30.000 plantas ha<sup>-1</sup>), aos 180 D. A. P. Por outro lado, Silva Neto et al. (2008), em experimento realizado em Teixeira (PB), encontraram resultados com valores médios de 16,03 cm aos 360 D. A. P., semelhantes ao obtido neste estudo.

Os dados médios mostrados na Tabela 11, obtidos apartir das médias originais de largura de cladódios em função da interação adubação fosfatada x espaçamento. Verificou-se que aos 330 D. A. P. esses valores oscilaram entre 14,58 cm e 17,20 cm.

**Tabela 11.** Médias de largura de cladódios aos 330 D. A. P. da palma forrageira, em função da interação entre espaçamento e adubação.

| Fatores                   |            | D. A. P. |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------|------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A* (kg ha <sup>-1</sup> ) | E ** (m)   | 120      | 150   | 180   | 210   | 240   | 270   | 300   | 330   |
| 100                       | 1,7 x 0,10 | 12,71    | 14,53 | 15,08 | 14,55 | 14,39 | 15,25 | 14,61 | 15,03 |
|                           | 1,7 x 0,15 | 13,94    | 14,83 | 16,11 | 16,11 | 15,80 | 16,52 | 15,63 | 16,28 |
|                           | 1,7 x 0,20 | 12,44    | 14,11 | 15,11 | 14,88 | 14,36 | 15,33 | 14,47 | 15,86 |
|                           | 1,7 x 0,25 | 11,63    | 13,66 | 14,39 | 14,11 | 13,69 | 16,41 | 14,09 | 14,63 |
| 150                       | 1,7 x 0,10 | 11,19    | 13,75 | 13,80 | 14,49 | 14,11 | 14,92 | 14,35 | 15,55 |
|                           | 1,7 x 0,15 | 12,71    | 14,45 | 15,52 | 15,19 | 14,52 | 14,81 | 14,83 | 15,55 |
|                           | 1,7 x 0,20 | 12,25    | 14,07 | 14,64 | 14,58 | 14,11 | 15,86 | 14,58 | 15,26 |
|                           | 1,7 x 0,25 | 11,94    | 13,80 | 14,66 | 14,75 | 14,94 | 15,05 | 14,22 | 15,35 |
| 200                       | 1,7 x 0,10 | 12,17    | 15,00 | 16,26 | 15,36 | 16,14 | 15,99 | 15,14 | 15,61 |
|                           | 1,7 x 0,15 | 12,44    | 14,33 | 15,19 | 14,94 | 14,50 | 15,14 | 14,77 | 15,58 |
|                           | 1,7 x 0,20 | 11,08    | 13,69 | 14,83 | 14,69 | 14,67 | 15,06 | 14,40 | 16,05 |
|                           | 1,7 x 0,25 | 13,50    | 15,00 | 15,97 | 16,60 | 15,60 | 16,61 | 15,61 | 16,36 |
| 250                       | 1,7 x 0,10 | 12,72    | 15,27 | 16,08 | 15,99 | 13,50 | 16,81 | 16,30 | 17,20 |
|                           | 1,7 x 0,15 | 12,90    | 14,39 | 14,59 | 14,89 | 14,64 | 15,52 | 14,89 | 15,64 |
|                           | 1,7 x 0,20 | 12,39    | 14,14 | 13,94 | 14,78 | 14,05 | 14,89 | 14,13 | 14,58 |
|                           | 1,7 x 0,25 | 11,97    | 14,00 | 15,55 | 15,05 | 14,41 | 16,19 | 13,55 | 15,58 |

(\*) Adubação, (\*\*) Espaçamento

Em experimento realizado no município de Recife (PE), Araújo Filho (2000) obteve um valor médio de 14,79 cm para este parâmetro, semelhante ao obtido neste trabalho.

#### 4.5 Perímetro de cladódios

Os resultados obtidos para perímetro de cladódio são apresentados na tabela 13. Não houve diferença significativa para espaçamento, adubação fosfatada e interação nas distintas épocas de crescimento da planta.

**Tabela 13.** Análise de variância (quadrados médios e significância) para perímetro de cladódios, dos 120 aos 330 D. A. P. da palma forrageira.

| F V     | G L | Quadrados Médios |         |         |         |         |         |         |         |
|---------|-----|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|         |     | 120              | 150     | 180     | 210     | 240     | 270     | 300     | 330     |
| Blocos  | 2   | 32,5752          | 19,1756 | 33,2654 | 3,2561  | 21,3943 | 15,5409 | 10,1568 | 31,6143 |
| E       | 3   | 22,5760          | 58,2618 | 53,7203 | 61,9033 | 50,5948 | 42,2925 | 24,6435 | 86,3363 |
| A       | 3   | 3,3373           | 21,2492 | 14,0635 | 19,2020 | 11,0410 | 21,2755 | 22,9777 | 5,8117  |
| E x A   | 9   | 23,7658          | 18,5261 | 26,6546 | 15,8264 | 18,5507 | 14,2333 | 28,2406 | 26,7884 |
| Resíduo | 30  | 14,9455          | 23,1992 | 26,6441 | 24,6754 | 25,4799 | 23,4853 | 28,9133 | 31,8106 |
| CV(%)   | -   | 7,70             | 8,46    | 8,49    | 8,17    | 8,65    | 8,03    | 9,02    | 9,35    |

Não significativa, pelo teste F.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Cavalcanti Filho e Araújo Filho (2000), em solos de São Bento do Una e Arcoverde (PE), respectivamente, que também não encontraram diferença significativa entre estes fatores.

#### 4.6 Espessura de cladódios

Os resultados obtidos para espessura de cladódios são apresentados na Tabela 13. Para esta variável, constatou-se que os efeitos de espaçamento, adubação e interação não foram significativos. Apenas aos 180 D. A. P., verificou-se efeito significativo para espaçamento e somente aos 210 D. A. P., verificou-se efeito quadrático da adubação fosfatada sobre esta variável.

**Tabela 13.** Análise de variância (quadrados médios e significância) de espessura de cladódios, dos 120 aos 330 D. A. P. da palma forrageira.

| Fontes de variação | GL | Quadrados Médios |        |         |          |        |        |         |        |
|--------------------|----|------------------|--------|---------|----------|--------|--------|---------|--------|
|                    |    | 120              | 150    | 180     | 210      | 240    | 270    | 300     | 330    |
| Blocos             | 2  | 0,0116           | 0,0266 | 0,0873  | 0,0089   | 0,0044 | 0,0798 | 0,1528* | 0,0022 |
| E                  | 3  | 0,0104           | 0,0254 | 0,2714* | 0,0299   | 0,0008 | 0,0426 | 0,0806  | 0,0062 |
| A                  | 3  | 0,0147           | 0,0432 | 0,0434  | 0,6664** | 0,0149 | 0,0489 | 0,0345  | 0,0049 |
| Linear             | 1  | 0,0112           | 0,0886 | 0,0602  | 0,9907   | 0,0232 | 0,0111 | 0,0487  | 0,0065 |
| Quadrático         | 1  | 0,0065           | 0,0029 | 0,0300  | 0,6960*  | 0,0033 | 0,0099 | 0,0547  | 0,0026 |
| Cúbico             | 1  | 0,0265           | 0,0383 | 0,0400  | 0,3125   | 0,0180 | 0,1256 | 0,0000  | 0,0055 |
| E x A              | 9  | 0,0113           | 0,0255 | 0,0624  | 0,0645   | 0,0102 | 0,0461 | 0,0500  | 0,0030 |
| Resíduo            | 30 | 0,0151           | 0,0232 | 0,0780  | 0,1274   | 0,0125 | 0,0465 | 0,0325  | 0,0036 |
| CV(%)              | -  | 12,49            | 11,57  | 16,66   | 36,07    | 16,76  | 39,51  | 13,82   | 11,18  |

(\*) e (\*\*) Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Resultados semelhantes também foram obtidos por Teles et al. (2000) e Araújo Filho (2000), para fósforo em palma clone IPA-20, em Caruaru e Recife (PE), respectivamente.

Os dados médios para espessura de cladódios são mostrados na Tabela 14, com valor médio de 0,53 cm, aos 330 D. A. P. da palma forrageira.

**Tabela 14.** Médias de espessura (cm) de cladódio aos 330 D. A. P. da palma forrageira, segundo os fatores estudados

| Fatores            | D. A. P. |        |         |        |        |        |        |        |
|--------------------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                    | 120      | 150    | 180     | 210    | 240    | 270    | 300    | 330    |
| E (m)              |          |        |         |        |        |        |        |        |
| 1,7 x 0,10         | 0,97 A   | 1,28 A | 1,54 B  | 0,99 A | 0,67 A | 0,53 A | 1,27 A | 0,55 A |
| 1,7 x 0,15         | 1,03 A   | 1,38 A | 1,89 A  | 0,94 A | 0,66 A | 0,63 A | 1,38 A | 0,56 A |
| 1,7 x 0,20         | 0,96 A   | 1,29 A | 1,60 AB | 0,97 A | 0,67 A | 0,49 A | 1,21 A | 0,51 A |
| 1,7 x 0,25         | 0,98 A   | 1,32 A | 1,68 AB | 1,06 A | 0,68 A | 0,54 A | 1,26 A | 0,52 A |
| A (Kg/ha)          |          |        |         |        |        |        |        |        |
| 100                | 1,01     | 1,37   | 1,74    | 1,27   | 0,70   | 0,53   | 1,31   | 0,51   |
| 150                | 1,01     | 1,37   | 1,71    | 1,04   | 0,70   | 0,64   | 1,35   | 0,55   |
| 200                | 0,93     | 1,25   | 1,60    | 0,70   | 0,62   | 0,49   | 1,33   | 0,53   |
| 250                | 0,99     | 1,28   | 1,67    | 0,95   | 0,66   | 0,53   | 1,23   | 0,55   |
| Média              | 0,98     | 1,31   | 1,67    | 0,99   | 0,67   | 0,54   | 1,28   | 0,53   |
| DMS (espaçamentos) | 0,14     | 0,17   | 0,31    | 0,40   | 0,12   | 0,24   | 0,20   | 0,07   |

Médias seguidas de letras iguais, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Avaliando o parâmetro espessura de cladódios da palma forrageira, Sales et al. (2006) e Silva Neto et al. (2008), em experimentos desenvolvidos nos municípios de Teixeira e São João do Cariri (PB), em campo, aos 180, 360 e 730 D. A. P., obtiveram valores médios 1,85 cm e 2,4 cm e, respectivamente, superiores a média obtida no presente estudo.

#### 4.7 Estimativa da produção média de palma forrageira, no campo

Na tabela 16 são observados os valores estimativos da produção média de palma forrageira, aos 330 D. A. P. em função dos parâmetros avaliados no experimento, conseguindo-se obter os valores médios de peso do cladódio (MPC) e matéria verde (MV). Porém, para consideração desses itens, levaram-se em conta, somente, os valores médios obtidos durante a pesquisa.

**Tabela 15.** Valores estimados da produção média de palma forrageira, em campo, aos 330 D. A. P.

| E/P<br>(g)                    | D<br>(pl ha <sup>-1</sup> ) | N<br>(cl pl <sup>-1</sup> ) | C<br>(cm) | L<br>(cm) | E<br>(cm) | MPC<br>(g) | MV<br>(t ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------------------------|
| E <sub>1</sub> P <sub>1</sub> | 58.835                      | 6,6                         | 25,5      | 14        | 0,49      | 93,58      | 36,36                       |
| E <sub>1</sub> P <sub>2</sub> | -                           | 10,16                       | 29,83     | 15,75     | 0,6       | 150,81     | 90,14                       |
| E <sub>1</sub> P <sub>3</sub> | -                           | 12,0                        | 26,0      | 14,83     | 0,6       | 123,77     | 87,38                       |
| E <sub>1</sub> P <sub>4</sub> | -                           | 21,6                        | 28,9      | 15,6      | 0,63      | 151,95     | 157,29                      |
| E <sub>2</sub> P <sub>1</sub> | 39.200                      | 11,5                        | 23,6      | 16,0      | 0,54      | 109,08     | 73,80                       |
| E <sub>2</sub> P <sub>2</sub> | -                           | 12,66                       | 31,66     | 17,5      | 0,63      | 186,74     | 92,67                       |
| E <sub>2</sub> P <sub>3</sub> | -                           | 6,0                         | 25,75     | 15,5      | 0,48      | 102,49     | 24,10                       |
| E <sub>2</sub> P <sub>4</sub> | -                           | 16,16                       | 23,25     | 16,41     | 0,6       | 122,47     | 77,58                       |
| E <sub>3</sub> P <sub>1</sub> | 29.400                      | 8,16                        | 24,5      | 15,16     | 0,5       | 99,35      | 23,83                       |
| E <sub>3</sub> P <sub>2</sub> | -                           | 8,0                         | 22,16     | 14,33     | 0,45      | 73,05      | 17,18                       |
| E <sub>3</sub> P <sub>3</sub> | -                           | 12,66                       | 23,69     | 14,83     | 0,47      | 88,34      | 20,77                       |
| E <sub>3</sub> P <sub>4</sub> | -                           | 5,8                         | 23,5      | 13,6      | 0,49      | 83,78      | 14,28                       |
| E <sub>4</sub> P <sub>1</sub> | 23.820                      | 10,6                        | 20,4      | 14,4      | 0,51      | 80,15      | 20,23                       |
| E <sub>4</sub> P <sub>2</sub> | -                           | 8,66                        | 26,75     | 15,25     | 0,42      | 91,66      | 18,90                       |
| E <sub>4</sub> P <sub>3</sub> | -                           | 12,83                       | 29,0      | 17,91     | 0,53      | 147,62     | 53,36                       |
| E <sub>4</sub> P <sub>4</sub> | -                           | 9,83                        | 24,0      | 14,16     | 0,46      | 83,63      | 19,58                       |

E/P=Tratamentos: E<sub>1</sub>=0,10 m; E<sub>2</sub>=0,15 m; E<sub>3</sub>=0,20 m; E<sub>4</sub>=0,25 m; P<sub>1</sub>=10 g SS; P<sub>2</sub>=15 g SS; P<sub>3</sub>=20 g SS; P<sub>4</sub>=25 g SS; D=Densidade de plantas por hectare; N= Número médio de cladódios por planta; C, L, E = Comprimento, Largura e Espessura de cladódios; MPC= Média de peso dos cladódios; MV= Massa Verde dos cladódios.

Observa-se que, para a estimativa da produção, de acordo com os dados obtidos na referida tabela, a densidade de plantas teve influência marcante na produção da M V de palma forrageira. As plantas que estiveram submetidas ao menor espaçamento (0,10 m x 1,7 m), apresentaram a maior produção estimada de 92,79t ha<sup>-1</sup> MV, superando em 27,75 %, 79,36 % e 69,75 % as plantas submetidas aos espaçamentos 0,15 m x 1,7m; 0,20 m x 1,7 m e 0,25 m x 1,7 m, respectivamente. A maior média de peso de cladódios (186,74 g) ocorreu até o espaçamento 0,15 m x 1,7 m. Mesmo assim, este resultado concorda em parte com Flores (1992) e Tobar (1995) que também determinaram que

nas altas densidades de plantação, existe um maior rendimento de cladódios, porém o tamanho e o peso individuais diminuem.

Em experimento realizado no município de Arcoverde (PE), Santos et al. (2000), utilizando espaçamento de 1,0 m x 0,5 m para as variedades de palma forrageira Gigante e Redonda observaram produtividades de 105,35 e 103,75 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente, valores superiores aos estimados no presente estudo.

Resultados semelhantes também foram obtidos por Doubeux et al. (2006), que verificaram maior produtividade em plantios mais adensados. Assim como, Barrientos e Flores (1969) observaram redução no tamanho e no peso dos cladódios com o aumento da densidade do plantio.

É de se notar que, raras são as plantas cultivadas no semi-árido brasileiro que alcançam esta produção. Apesar da diferença acentuada, observada na produção de MV, constata-se ainda que praticamente não exista diferença para comprimento, largura perímetro e espessura de cladódios, nos quatro espaçamentos testados.

## 5 CONCLUSÕES

A análise dos dados permitiu concluir que:

- A adubação fosfatada influenciou o aumento do número de cladódios por planta de palma forrageira, principalmente nos menores espaçamentos;
- Os maiores espaçamentos entre plantas, independente da dose de fósforo, proporcionaram as menores estimativas de produtividade;
- O superfosfato simples quando aplicado no menor espaçamento entre plantas, proporcionou maior produtividade média de massa verde de palma forrageira;
- Pela estima da produtividade média da palma forrageira, é viável seu cultivo na região de Patos (PB), desde que sejam adotadas técnicas agronômicas compatíveis.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROBIOFLORESTA **Figo da Índia**. Disponível em: <<http://www.bioflorestal.com.br/figo.htm>> Acesso em: 19 de dezembro de 2007.

ALBUQUERQUE, S.G. **O bioma caatinga representado na cultura popular nordestina**. Petrolina: Embrapa semi-árido 2001. 38p. (Embrapa semi-árido. Documentos, 166).

ALVES, R. N; IDERVAL, F.; MENEZES, R.S.C.; LIRA, M. de A.; SANTOS, D. C. dos. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 38-44, 2007.

ANDRADE, J. C. **As palmas forrageiras em Alagoas**. Maceió; Ed. Grupo Tércio Wanderley, 1990. 181 p.

ARAÚJO FILHO, J. T. **Efeitos da adubação fosfatada e potássica no crescimento da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.)** - Clone IPA -20. 2000. 78f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2000.

ARAÚJO, L. de F.; OLIVEIRA, L. de S.C.; PERAZZO NETO, A.; ALSINA, O.L.S. de; SILVA, F.L.H. da. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: relação com a umidade ótima para fermentação sólida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 09, n. 03, p. 379-384, 2005.

BACA CASTILLO, G. A. Deficiências nutrimentales inducidas en nopal proveniente de cultivo in vitro. In: III REUNIÓN NACIONAL Y I INTERNACIONAL SOBRE CONOCIMIENTO DEL NOPAL, Saltillo, **Mermorias...** Saltillo: 1988, p.155-163.

BARBERA, G.; INGLESE, P.; **Past and present role of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* Mill., Cactaceae) in the agriculture of Sicily**. *Econ. Bot.* 46: p. 10-22, 1993.

BARRIENTOS, P. F.; FLORES, C. V. Observaciones en un clon de nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica* Mill) variedad Copena F1. Colégio de Postgrado. **Mimeografado**. Chapingo. México. 1969.

BEZERRA, L. T; SILVA, R.G. da; CÂNDIDO, M.J.D.; OLIVEIRA, A.P. de; SILVA, G.J.G.M. Avaliação do fototropismo de cladódios de palma forrageira cv. Gigante com diferentes tipos de espaçamento, solo e sentido de plantio em relação ao sol. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOSE OVINOS DE CORTE. **Anais...**, João Pessoa, Paraíba, Brasil, CD ROM, 2007.

BRAVO, H. **Las cactáceas de México**. 2. Ed. México: Universidade Nacional Autônoma do México, v.1, 1978. 20p,

BRASIL/MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Estudos básicos para o levantamento agrícola: Aptidão agrícola das terras da Paraíba**. Brasília: BINAGRI, v.3, 1978. 23p.

CAVALCANTI FILHO, L. F. M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C. Efeito da adição de P e K no crescimento da palma clone IPA-20 (*Opuntia ficus-indica* Mill.) In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4, 2000, Recife. **Anais...** Recife: FACEPE, 2000. 293p.

CHAGAS, A. J. C. **Palma, o “ouro verde” da caatinga**. Maceió. Mimeografado em 1976. 3p.

CHAGAS, A.J.C. Adoção de tecnologia na pecuária pernambucana. In: IV SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES. 1992. Recife, PE. **Anais...** Recife: [s.n.], 1992. p.108-116.

CHIACCHIO, F. P. B; MESQUITA, A. S.; SANTOS; J. R. dos. Palma forrageira: Uma oportunidade ainda desperdiçada para o semi-árido baiano. Salvador. **Bahia Agrícola**, v.7, n. 3, p. 39, 2006.

DATAMÉTRICA. **Projeto palma**. Recife. Federação de Agricultura do estado de Pernambuco, 2004, 110p.

DOMINGUES, O. **Origem e introdução da palma forrageira no Nordeste**. Recife; Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais. 1963. 76p.

DUBEUX JR., J. C. B., SANTOS, M. V. F. dos; SANTOS, D. C. dos. **Efeito da adubação e do espaçamento sobre o desenvolvimento de duas espécies de palma forrageira.** Trabalho enviado para publicação nos Anais da XXVII Reunião da SBZ, 2000.

DUBEUX JR., J.C.B.; SANTOS, M.V.F. dos. Exigências nutricionais da palma forrageira, In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma do Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso.** Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p. 110-118.

DUBEUX JR., J.C.B.; SANTOS, M.V.F. dos; LIRA, M. de A.; SANTOS, D.C. dos; FARIAS, I.; LIMA, L.E.; FERREIRA, R.L.C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., under different N and P fertilization and plant population in North-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006.

DUQUE, S. G. **O Nordeste e as culturas xerófilas.** Mossoró: 3. Ed. Escola Superior de Agricultura de Mossoró/Fundação Guimarães Duque. ESAM (Coleção Mossoroense,143). 316p. 1980.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS. 2. edição, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FARIAS, I.; LIRA, M. de A.; SANTOS, D.C. dos; TAVARES FILHO, J.J.; SANTOS, M.V. F. dos; FERNANDES, A. de P.M.; SANTOS, V.F. de. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v. 35, n. 02, p. 341-347, 2000.

FARIAS, I; SANTOS, D.C. dos; DUBEUX JR., J.C.B. Estabelecimento e manejo do palmal. In: MENEZES R. S. C.; SIMÓES, D.A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma do Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso.** Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p. 81-88.

FELKER, P. Produção e utilização de forragem. In: BARBERA, G.; INGLESE, P. **Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira**. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001. p. 147-157.

FISHER, R.A.; TUNER, N.C. Plant productivity in the arid and semiarid zones. **Annual Review of Plant Physiology**, v.29, p.277-317, 1978.

FLORES, V. G. **Respuesta de producción de nopalitos y de pH de cuatro genotipos de nopal (*Opuntia spp*) tolerantes a heladas a tres densidades en invierno**. Tesis. México, 1992. 55p.

FLORES, C. A. V. **Produccion, industrializacion y comercializacion del nopal como verdura em México**. CIESTAAM - UACH. Chapingo, México, 1994. 18p.

GARCIA-HERNANDEZ, L.; PARGAS-LARA, R.; DUARTE OSUNA J. de D.; BELTRÁNE-MORALES, F. A.; FENECK-LARIOS, L. Rendimiento y crecimiento de nopalitos de cultivares de nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) bajo diferentes densidades de plantación. 2008. Disponível em <http://www.jpacd.org>. Acesso em 05 de agosto de 2008.

HILLS, F.S. Resistência à seca e eficiência no uso de água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGARROBA, 1., Natal, **Anais**. EMPARN. p.55-89, 1982.

HILLS, F. S. Anatomia e morfologia. In: FAO/SEBRAE (eds). **Agroecologia, cultivo e usos da palma-forrageira**. SEBRAE-PB. p. 28-35, 2001.

INGLESE, P. Orchard planting and management. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARIOS, E. (Eds.) **Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear**. Rome: FAO, 1995. p.78-91.

KRULIK, G. Tissue culture of succulent plants. **Natural Cactus Succulent Journal**, v.35, p.14-17, 1980.

LARCHER, W. Utilização de carbono e produção de matéria seca. In: **Ecologia vegetal**. São Paulo; EPUE, 1986. 319p.

LLAMOCA-ZÁRATE, R. M.; AGUJAR, L. F.; LANDSMANN, J.; CAMPOS, F. A. P. Whole plant regeneration from the shoot apical meristem of *Opuntia ficus-indica* Mill. (Cactaceae). **Journal of Applied Botany**, v.73, p.83-85, 1999.

LIMA, C. D. A.; CORREIA, E. B.; FERNANDES, A. P. M.; FARIAS, I.; DIAS, F. M.; WANDERLEY, M. B. Efeito de NPK sobre a produção da palma Gigante, no município de Caruaru (PE). In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 11., Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1974. p.290.

LIMA, C. D. S.; GOMES, H. de S.; DETONI, C. E. Adição de uréia e da levedura *Saccharomyces cerevisiae* no enriquecimento protéico da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* L.) cv. miúda. **Magistra**, v.16, n.1, p.01-08, 2004.

MAFRA, R. C.; FARIAS, I.; FERNANDES, A. P. M.; CORREIA, E. B.; SANTANA, O. P. WANDERLEI, M. B. Posição e número de artículos no plantio da palma gigante (*Opuntia ficus-indica*, Mill.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 9., 1974, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1974. p.330.

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, 2000. 40 p. (Monografia).

MATTOS, L. M. E.; FERREIRA, M. A.; SANTOS, D. 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.

MEDEIROS, G. R. de; FARIAS, J. J. de; RAMOS, J. L. F. *et al.* Efeito do espaçamento e da forma de plantio sobre a brotação da palma forrageira (*Opuntia ficus indica*, Mill) no semi-árido. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Juiz de Fora, 1997. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, p. 231-233.

MENDES, B. V. **Alternativas tecnológicas para a agropecuária do semi-árido.** São Paulo: Nobel, 1986. 171p.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B. Agricultura sustentável no semi-árido nordestino. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JR.; R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido.** Fortaleza: UFC, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.21-45.

MENEZES, R. S. C.; SIMÕES D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma do Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso.** Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. 258p.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO I. H.; SOUZA, F. J. Produtividade de palma em propriedades rurais. In: MENEZES R. S. C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma do Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso.** Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005, p.129-140.

MILLER, A. **Meteorology.** Columbus, Ohio: Merrill, 1971. p.127.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Brasília. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. **Nova Delimitação do Semi-árido Brasileiro**, 2005. 32p.

MONDRAGON-JACOBO, C.; PIMIENTA-BARRIOS, E. Propagation of the cactus-pear. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E.; ARIASJIMÉNEZ, E. (Eds). **Agro-Ecology, cultivation and uses of cactus pear.** Roma: FAO, 1995. p. 64-70.

NASCIMENTO, A.C.O.; MATTOS, C.W.; DUBEUX Jr. et al. Desempenho da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill.) submetida a diferentes níveis de adubação em Sertânea-PE. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRPE, 11., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal Rural do Pernambuco, 2002. p.389-390.

NOBEL, P.S. Biologia ambiental. In:BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. FAO/SEBRAE(PB), p. 36-48. 2001.

OLIVEIRA, E.R. Alternativas de alimentação para pecuária do semi-árido nordestino. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 6., 1996, Natal. **Anais...** Natal: EMPARN, 1996. p. 127-147.

PESSOA, A. S. **Cultura da palma forrageira**. Recife: SUDENE / Divisão de documentação (Agricultura, 5). 1967. 98 p.

PESSOA, R. A. S.; DUBEUX JR., J. C. B.; SANTOS, M. V. F. dos et al.; Efeitos da adubação mineral no crescimento da palma(*Opuntia ficus-indica* Mill.) – clone IPA 20. CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., Recife, 1999. **Anais...** Recife; UFRPE, p.223.

PINTO, M.S.C.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E.V.S. B; ANDRADE, A.P.; PIMIENTA 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, 2002, v. 1, p. 54-64.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATOS-PB. Perfil municipal. Sd. Disponível em <http://www.patos.pb.gov.br>. Consultado em julho de 2007.

PUPO, N. I. H. **Manual de pastagens e forrageiras**: formação, conservação, utilização. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979. p. 20

REINOLDS, S. G.; ARIAS, E. General background on *Opuntia*. Disponível em: <http://www.fao.org/DOCREP/005/2808Ely2808e04.htm>. Acesso em 16 de julho de 2007.

REYES-AGUERO J. A.; AGUIRRE-RIVERA J. R.; HERNANDEZ H. M. Notas sistemáticas e descripción detallada de *Opuntia ficus-indica* (L)Mill. (cactaceae). Colegio de Pos-graduados. Texcoco, México. **Agrociencia**, v. 39, n. 4. p.395-909, 2005.

RUSSEL, C.; FELKER, R. Comparative cold-hardnesss of *Opuntia* spp. and cvs. Grown for fruit, vegetable and fodder production. **Journal of Horticultural Science**, v. 62, n. 4, p.545-550, 1987.

SALES, A. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; LEITE, M. L. V.; VIANA, B. L.; SANTOS. E. G.; PARENTE, H. N. **Potencial de adaptação de variedades de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera*) no Cariri paraibano.** In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL 4., Petrolina-PE, p. 434-438. 2006.

SAMPAIO E. V. S. B.; SALCEDO I. H.; SILVA F.B.R. Fertilidade de solos do semi-árido do Nordeste. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DOS SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS 21, Petrolina, 1994. **Anais..** Fertilizantes: insumo básico para a agricultura e combate à fome. Petrolina; EMBRAPACPTSA/SBCS, p. 51-71. 1995.

SAMPAIO, E. V. S. B.; MENEZES, R. S. C. Perspectivas de uso do solo no semi-árido nordestino. In: ARAUJO, Q. R. **500 anos de uso do solo no Brasil.** Ilhéus: BA, 2002. p. 339-363.

SAMPAIO, E. V. S. Fisiologia da palma In: MENEZES R. S. C.; SIMÓES, D.A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma do Nordeste do Brasil:** conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005, p. 43-54.

SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; FARIAS, I. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante, redonda (*Opuntia ficus-indica* Mill.) e miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) na produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 19, n. 6, p. 504-511, 1990.

SANTOS, D. C. **Estimativas de parâmetros genéticos em caracteres de clones da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill. e *Nopalea cochenillifera*, Salm Dyck)**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1992. 119f. Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Universidade Federal de Pernambuco, 1992.

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.de A.; TAVARES FILHO, J. J.; SANTOS, M.V.F.dos; ARRUDA G .P. de. **A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill. e *Nopalea cochenillifera*, Salm Dyck) em Pernambuco: cultivo e utilização**. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Recife-PE. IPA, 1997. 23p. (IPA. Documentos, 25).

SANTOS, M. V. F. dos; LIRA, M. A.; FARIAS, I.; BURITY, H. A.; NASCIMENTO, M. M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante, redonda (*Opuntia ficus-indica* Mill) e miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) na produção de leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 19, n. 6, p. 504-511, 1998.

SANTOS, D.C. dos; LIRA, M. de A. Palma forrageira. CAVALCANTE, F. J. de A. (Coord.). **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação, 2ª edição revisada**, Recife: IPA, 1998. p.167.

SANTOS, M.V.F.; FERREIRA, M.A.; BATISTA A. M.V. **Valor Nutritivo e utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes**. Recife: UFRPE, 2005. p. 243-257.

SAS INSTITUTE. **SAS System for windows**. Version 9.1.3 Cary: SAS Institute Inc. 2002. 2 CD-ROMs.

SCHEINVAR, I. **Cactáceas**. Itajaí, Flora Ilustrada Catarinense, 1985. 384 p.

SCHEINVAR, I. Taxonomia das opuntias utilizadas. BARBERA, G.; INGLESE, P. (Eds). **Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira**. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001. p. 20-27.

SILVA, M. C.; SANTOS, S. F.; SANTOS, M. V. F. Características de crescimento de cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 1998, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1998. p.251.

SILVA, C.C.F. da; 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. Disponível em <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. Consultado em maio de 2007.

SILVA NETO, F. L.; ANDRADE, R. L.; SOUTO, J. S.; BEZERRA, D. M.; SILVA, A. L. N.; FERREIRA, S. D.; SOUZA, B. V.; RODRIGUES, M. Q. **Crescimento da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) em função do espaçamento e doses de fósforo**- ZOOTEC, João Pessoa, 2008. 4p.

TÁPIA, C. C. **Cultivo da palma forrageira e figo da Índia**. Natal: EMPARN, 1983. 41p. (EMPARN. Boletim técnico 141).

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F.; DOUBEUX JUNIOR, J. C. B; BARRETO, L. P; LIRA, M. A; PAZ, L. G. **Estudos da Adubação mineral e de nematicida no crescimento e composição química da palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) cv. Gigante**. UFRPE, Recife, 2000. 47f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2000.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; BEZERRA NETO, E.; FERREIRA, R. L. C.; LUCENA, J. E. C.; LIRA, M. de A. Efeitos da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 52-60, 2002.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. de A. FERREIRA, R. L. C. BEZERRA NETO, E.; C.; FARIAS, I. Efeito da adubação e do uso de nematicida na composição química da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33 n.6, p.1992-1998, 2004.

TOBAR, R. R. **Producción de verdura (rendimiento e calidad) de cuatro genótipos de nopal (*Opuntia spp*), considerando cinco densidades de plantación dos fertilizaciones orgânicas y túneles de polietileno**. Tesis. México, 1995. 61p.

VASCONCELOS, A. G. V. de; LIRA, M de A.; CAVALCANTI, V. A. L.; SANTOS, M. V. F.; CÂMARA, T.; WILLADINO, L. Micropropagação de palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* - Salm Dyck). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.2, n.1, p.28-31, jan.-mar., 2007. Recife, PE, UFRPE. [www.agrariaufrpe.com](http://www.agrariaufrpe.com) Protocolo 69 - 19/12/2006. Acessado em : 20 de Maio de 2007.

VERHAGEN, A. M.; WILSON, J. H.; BRITTEN, E. J. Plant production in relation to foliage in illumination. **Ann. Bot.** 27: 627-640. 1963.

VIANA, O. J. Pastagens de cactáceas nas condições do Nordeste. **Zootecnia**, v. 7, n. 2, p. 55-65, 1969.