

Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Brasil

Donato, Paulo E. R.; Pires, Aureliano J. V.; Donato, Sergio L. R.; Bonomo, Paulo; Silva, João A.;
Aquino, Aureluci A.

Morfometria e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes espaçamentos e doses de
adubação orgânica

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 9, núm. 1, 2014, pp. 151-158

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119030125025>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Morfometria e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica

Paulo E. R. Donato¹, Aureliano J. V. Pires², Sergio L. R. Donato¹,
Paulo Bonomo², João A. Silva¹ & Aureluci A. Aquino¹

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano-Campus Guanambi, Distrito Ceraima, Zona Rural, CEP 46430-000, Guanambi-BA, Brasil. E-mail: paulo.donato@guanambi.ifbaiano.edu.br; sergio.donato@guanambi.ifbaiano.edu.br; joaoabelsilva@yahoo.com.br; aureluci.aquino@guanambi.ifbaiano.edu.br

² Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Tecnologia Rural e Animal, Laboratório de Forragicultura e Pastagens, Praça Primavera, 40, Primavera, CEP 45700-000, Itapetinga-BA, Brasil. E-mail: aurelianojvp@yahoo.com.br; bonomo@gmail.com

RESUMO

Objetivou-se, com este estudo, avaliar características morfométricas e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes espaçamentos de plantio e doses de adubação orgânica com esterco bovino, num delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 3, quatro doses de adubação orgânica com esterco bovino (0; 30; 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹), três espaçamentos de plantio (1,0 x 0,5; 2,0 x 0,25 e 3,0 x 1,0 x 0,25 m) e três repetições. Aos 600 dias após o plantio determinaram-se altura da planta, número, comprimento, largura, espessura, área e índice de área dos cladódios e produção de matéria seca. Os espaçamentos e doses de esterco influenciaram a altura da planta e a produção de matéria seca. O comprimento variou com as doses de esterco. Houve interação entre espaçamento e as dose de adubação para espessura, número e índice de área dos cladódios. Os tratamentos não afetaram largura nem a área dos cladódios. O incremento das doses de esterco aumentou a altura da planta e o comprimento do cladódio. A máxima produção de matéria seca (21,8 Mg ha⁻¹) é esperada quando se aplica 71,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco.

Palavras-chave: arranjo populacional, esterco, morfologia, *Opuntia*, produção

Morphometry and yield of cactus pear 'Gigante' grown under different spacing and doses of organic fertilization

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the morphometry characteristics and yield of cactus pear 'Gigante' grown under different plant spacing and doses of organic fertilization with cattle manure applied to soil. The experiment was conducted in randomized block design in a factorial scheme, 3 x 4, four doses of cattle manure (0, 30, 60 and 90 Mg ha⁻¹ yr⁻¹), three plant spacings (1.0 x 0.5; 2.0 x 0.25 and 3.0 x 1.0 x 0.25 m), with three replications. At 600 days after planting, the length, width, number, thickness and height of the plant, area and area index of cladode and the production of dry matter were determined. The spacing and doses of manure influenced plant height and dry matter production. The length varied with the dose of manure. Interaction between spacing and dose of organic manure was significant for the thickness, number and area index of cladode. The treatments did not affect the width and area of cladodes. Increasing doses of manure promoted increase in plant height and length of the cladode. The maximum dry matter yield (21.8 Mg ha⁻¹) is expected with application of 71.8 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ of manure.

Key words: population arrangement, manure, morphology, *Opuntia*, production

Introdução

No Brasil, a faixa territorial considerada semiárida abrange uma área de 969.589,4 km², que representa 11,39% do território brasileiro e 60% da região Nordeste (Brasil, 2005). O estado da Bahia possui dois terços do seu território nesta região, cujo espaço geográfico é marcado por déficit hídrico e distribuição irregular das precipitações, o que pode dificultar a produção de alimentos e forragens (Chiacchio et al., 2006).

Várias alternativas de alimentação suplementar têm sido utilizadas no intuito de minimizar essas limitações. No cultivo sob sequeiro, as plantas como palma forrageira, as quais são tolerantes aos estresses por déficit hídrico, temperaturas elevadas e excesso de radiação, são características da convivência com as limitações do ambiente físico predominantes no semiárido.

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) é considerada planta xerófila e por isso apresenta adaptação às condições adversas do semiárido; sua fisiologia é caracterizada pelo processo fotossintético denominado Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM) que resulta em economia hídrica em virtude do fechamento estomático durante o dia, abertura à noite com a fixação de CO₂; apesar da adaptação à sua produtividade, tem sido baixa, principalmente por falta de manejo adequado. A combinação entre espaçamento de plantio e a adubação da palma forrageira, pode definir estratégias de manejo eficientes no estabelecimento, na condução e produção do palmar. Maior área total de exposição à luz indica maior potencial produtivo da planta (Larcher, 2000; Taiz & Zeiger, 2009). Adicionalmente, maior disponibilidade de nutrientes no solo pode alterar a expressão dos caracteres morfométricos e afetar o rendimento.

Espécies que têm maior plasticidade fenotípica, apresentam maior capacidade de adaptação às condições do habitat (Larcher, 2000). O conhecimento das variáveis morfométricas, como a altura da planta, a taxa de brotação, alongamento e espessura dos cladódios, é importante para se avaliar o potencial de adaptação de uma espécie ou variedade ao ambiente onde é cultivada (Sales et al., 2006), bem como sua resposta às alterações nas práticas de manejo, por exemplo, adubação, espaçamento e densidade de plantio. Peixoto (2009) constatou incremento no número de cladódios por planta de 8,9 para 11,6 quando aplicou adubação orgânica na dose de 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e concluiu que a adubação orgânica e o plantio a pleno sol, induzem a um desempenho melhor da palma forrageira.

Objetivou-se avaliar as características morfométricas e o rendimento da palma forrageira 'Gigante' cultivada sob diferentes espaçamentos de plantio e doses de adubação orgânica com esterco bovino aplicadas ao solo, no semiárido do Sudoeste Baiano.

Material e Métodos

O experimento foi instalado no Instituto Federal Baiano, Campus Guanambi, Bahia. A implantação do palmar foi em setembro de 2009, antes do período chuvoso, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, A fraco, textura média, fase Caatinga hipoxerófila, relevo plano a ondulado suave (EMBRAPA/SUDENE, 1979). A precipitação no período do

cultivo, que corresponde de setembro de 2009 a junho de 2011, foi de 1.393,29 mm assim distribuídos: 611,24 mm no período de setembro de 2009 a abril de 2010 e 782,05 no período de outubro de 2010 a abril de 2011.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições, sendo quatro doses de adubação orgânica com esterco bovino (0; 30; 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) e três espaçamentos (1,0 x 0,5; 2,0 x 0,25 e 3,0 x 1,0 x 0,25 m). A área da parcela foi de 64 m² (16 x 4 m), com área útil de 16 m² (8 x 2 m) e área total de 2.304 m². Nos espaçamentos de plantio utilizados se manteve a densidade populacional de 20.000 plantas ha⁻¹.

Antes do plantio o solo foi amostrado para a realização das análises química e física (Tabela 1), procedidas no Laboratório de Análise de Solo da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus Vitória da Conquista.

A área foi subsolada, arada, gradeada e posteriormente sulcada nos espaçamentos de plantio. A adubação orgânica feita no sulco de plantio, conforme as doses previstas. O esterco bovino foi incorporado ao solo com sulcador próprio e o sulco reaberto para plantio. As características físicas e químicas do esterco foram determinadas no Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, apresentando teor de matéria orgânica de 63,73 g kg⁻¹, umidade a 65°C 16,72% e os seguintes teores de macronutrientes: Ca = 1,7 g kg⁻¹, Mg = 0,2 g kg⁻¹, K = 2,5 g kg⁻¹, P = 4,7 g kg⁻¹, N = 5,2 g kg⁻¹ e S = 2,3 g kg⁻¹. Os teores de micronutrientes do esterco foram: B = 2,1 mg kg⁻¹, Cu = 45,2 mg kg⁻¹, Zn = 200,5 mg kg⁻¹, Mn = 391,8 mg kg⁻¹ e Fe = 1.932,4 mg kg⁻¹. O pH foi de 7,42 e a densidade de 0,38 g cm⁻³.

Os cladódios utilizados para o plantio foram selecionados de um único campo de palma 'Gigante' com cerca de dois anos sem colheita, retirados da porção mediana da planta. Após a colheita os cladódios permaneceram na sombra durante 15 dias para a cura sendo posteriormente plantados. Os cladódios foram plantados com a face de maior largura no sentido leste/oeste, enterrados cerca de 50% no solo para melhor fixação.

Tabela 1. Características química e física do solo da área experimental

Parâmetros	Unidade	Média	Desvio padrão
pH		5,42	0,16
P	mg dm ⁻³	16,33	9,45
K ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,29	0,02
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	2,02	0,39
Mg ²⁺	cmol _c dm ⁻³	0,90	0,02
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,16	0,04
H ⁺	cmol _c dm ⁻³	1,69	0,02
Na ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,04	0,04
S.B. ¹	cmol _c dm ⁻³	3,21	0,38
t ²	cmol _c dm ⁻³	3,36	0,35
T ³	cmol _c dm ⁻³	5,05	0,34
V ⁴	%	63,14	3,14
m ⁵	%	4,86	1,58
PST ⁶	%	0,67	0,58
M.O. ⁷	g dm ⁻³	14,67	1,39
Cu ⁺⁺	mg dm ⁻³	0,36	0,03
Mn ⁺⁺	mg dm ⁻³	17,61	1,95
Zn ⁺⁺	mg dm ⁻³	1,42	0,53
Fe ⁺⁺	mg dm ⁻³	6,32	0,32
Classe textural		Franco argilo arenosa	

¹ soma de bases; ² capacidade de troca catiônica efetiva, CTC efetiva; ³ CTC a pH 7,0; ⁴ saturação por bases; ⁵ saturação por alumínio; ⁶ porcentagem de sódio trocável; ⁷ matéria orgânica do solo

O controle de plantas invasoras foi realizado com o uso da enxada e herbicida, glifosato na dose de 200 mL 20 L⁻¹ de água, com duas aplicações em cada período chuvoso.

Aos 600 dias após o plantio (DAP) quatro plantas da parcela útil foram sorteadas dentro de cada repetição para avaliações das medidas morfológicas, totalizando 144 plantas, com a realização das mensurações em todos os cladódios.

Foram realizadas medições de comprimento (CCL), largura (LCL) e espessura dos cladódios (ECL); número de cladódios (NCL) e altura da planta (APL). A altura da planta, comprimento e a largura dos cladódios, foram mensuradas com o auxílio de uma fita métrica e a espessura com o auxílio de um paquímetro digital. As áreas dos cladódios (ACL) foram estimadas com os dados obtidos de largura e comprimento, conforme metodologia descrita por Pinto et al. (2002), com uso da equação $ACL\ (cm^2) = CCL \times LCL \times 0,693$, em que: CCL representa o comprimento do cladódio (cm); LCL, a largura do cladódio em (cm) e 0,693 é um fator de correção em função de forma de elipse do cladódio. Com os dados da área e do número de cladódios por planta foi calculado o índice de área dos cladódios (IAC). O IAC mensura a área total dos cladódios da planta considerando-se os dois lados e se divide pela área ocupada pela planta no solo (m² de área de cladódio m⁻² de solo) e reflete a área fotossintética ativa da planta.

O teor de matéria seca foi determinado segundo metodologia descrita por Silva & Queiroz (2009). A colheita foi realizada preservando-se os cladódios primários; posteriormente, após a pesagem, foi calculada a produção de massa verde, sendo assim obtida a produção de matéria seca (PMS) em função deste teor nos cladódios.

Os dados das características avaliadas foram submetidos à análise de variância. Procederam-se às comparações entre as médias dos diferentes espaçamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e análises de regressão para as diferentes doses de adubação orgânica com esterco bovino aplicadas ao solo, de acordo com o desdobramento ou não da interação entre os fatores espaçamento e adubação, em função da sua significância. Os procedimentos estatísticos foram conduzidos utilizando-se o programa SAEG da Universidade Federal de Viçosa.

Resultados e Discussão

Para número de cladódios por planta da palma forrageira 'Gigante' avaliada aos 600 DAP, ocorreu interação ($P < 0,05$) entre espaçamentos e as doses de adubação orgânica com esterco bovino.

O número médio de cladódios por planta foi de 22,5 (Tabela 2). A maior média para esta característica foi de 36,3 cladódios por planta e constatada no espaçamento 1,0 x 0,5 m, com dose de 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco. Sem adição de esterco o número de cladódios da palma forrageira foi semelhante para os três espaçamentos de plantio utilizados. Na dose de 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino o número de cladódios diferiu entre os espaçamentos 1,0 x 0,5 m e 3,0 x 1,0 x 0,25 m. Nas doses de 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco o número de cladódios da palma forrageira foi maior no espaçamento 1,0 x 0,5 m em relação ao 2,0 x 0,25 m e 3,0 x 1,0 x 0,25m.

Tabela 2. Número de cladódios por planta de palma forrageira 'Gigante' aos 600 dias após plantio (DAP), em função de diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica com esterco bovino

Espaçamento (m)	Doses de adubação orgânica com esterco bovino (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				Média	
	0	30	60	90		
	Número de cladódios por planta					
1,0 x 0,5	16,2 a	25,3 a	29,2 a	36,3 a	26,7	
2,0 x 0,25	16,9 a	20,3 ab	22,1 b	25,2 b	21,1	
3,0 x 1,0 x 0,25	12,6 a	18,3 b	22,1 b	26,0 b	19,7	
Média	15,2	21,3	24,4	29,1	22,5	
CV (%)	11,0					
Equações					P	r ²
1,0 x 0,5	ŷ= 17,0833 + 0,213889**x				0,02722	0,98
2,0 x 0,25	ŷ=17,15 + 0,088333**x				0,02722	0,98
3,0 x 1,0 x 0,25	ŷ=13,1167 + 0,146944**x				0,02722	0,99

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

CV - coeficiente de variação; P - probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Dubeux Junior et al. (2006) trabalharam com cv Clone IPA 20 plantado em espaçamentos 2,0 x 1,0 m e 1,0 x 0,25 m e verificaram influência dos espaçamentos com redução no número de cladódios por planta, no plantio mais adensado de palma forrageira, o que corrobora com os resultados encontrados no presente trabalho, visto que, apesar de não haver adensamento de plantas, todas as combinações de espaçamentos usadas continham a mesma população; todavia, em função do arranjo espacial nos espaçamentos 2,0 x 0,25 m e 3,0 x 1,0 x 0,25 m, há uma proximidade maior entre as plantas nas fileiras, o que resulta em também maior competição e alterações na fisiologia e morfologia da planta.

Nos espaçamentos 2,0 x 0,25 m e 3,0 x 1,0 x 0,25 m, a distância entre plantas na linha era de 25 cm o que corresponde à metade da distância entre plantas do espaçamento 1,0 x 0,5 m; no espaçamento 3,0 x 1,0 x 0,25 m a concorrência foi maior ainda pois a distância entre as fileiras no par de fileira é de 1,0 m, e entre as plantas dentro da fileira, 25 cm, o que representa uma área de um lado da fileira de 0,25 m² planta⁻¹, fazendo com que tal planta se comporte como se tivesse sido plantada no espaçamento de 1,0 x 0,25 m; o número médio de cladódios foi 35,5% maior no 1,0 x 0,5 m em relação ao 3,0 x 1,0 x 0,25 m.

Ferreira et al. (2003) avaliaram clones de palma forrageira e encontraram 24 cladódios por planta aos 720 DAP, plantados no espaçamento de 1,0 x 0,5 m e fertilizados com adubação química e orgânica. Essa quantidade é inferior à observada neste trabalho, que foi de 26,7 cladódios para o mesmo espaçamento. Almeida (2011) encontrou para, a 'Gigante' aos 720 DAP no espaçamento de 1,0 x 0,25 m, sem adubação e com 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino, número médio de 12,5 e 16 cladódios por planta, respectivamente; para a mesma dose utilizada o número de cladódios por planta do presente trabalho foi maior e aumentou com o incremento da dose.

Peixoto (2009) encontrou 11,6 cladódios por planta de 'Gigante', aos 720 DAP, utilizando adubação orgânica de 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e plantio no espaçamento de 1,0 x 0,5 m e o valor de 8,9 cladódios por planta nas mesmas condições, porém sem adubação. Para a mesma dose de esterco bovino e espaçamento entre plantas foram encontrados, no presente trabalho, 25,3 cladódios por planta em avaliação realizada aos 600 DAP, quantidade 118% superior aos resultados de

Peixoto (2009) obtidos em Luvisolo franco-arenoso, em condições semiáridas (Quixadá-CE), com precipitação média de 838 mm.

Cortázar et al. (2001) obtiveram, em trabalho realizado no Chile em condições de pluviosidade média de 330 mm ano⁻¹, 3,5 cladódios por planta aos 450 DAP, com população de 60.000 plantas ha⁻¹ e adubação com biofertilizante proveniente de guano e atum, na dose de 60 Mg ha⁻¹. Apesar de não obter diferenças para quantidade de cladódios entre as doses de biofertilizantes aplicadas, 0; 15; 30; 45 e 60 Mg ha⁻¹, os autores observaram um incremento de 13% no número de cladódios por planta.

O número médio de cladódios da palma forrageira 'Gigante' variou de maneira linear crescente, em função das doses de esterco para os espaçamentos, 1,0 x 0,5 m, 2,0 x 0,25 m e 3,0 x 1,0 x 0,25 m (Tabela 2).

Dubeux Junior et al. (2010) não encontraram diferença para número de cladódios por planta na cultivar IPA-20, em casa de vegetação quando foram colhidas aos 180 dias e adubadas com fósforo e potássio, a média de número de cladódios encontrada foi de 5,5, os menores valores comparados aos do presente trabalho são função do ambiente de cultivo e da idade das mensurações.

Ocorreu interação ($P < 0,05$) entre os espaçamentos e doses de esterco bovino, para a espessura dos cladódios de palma forrageira avaliada aos 600 DAP. A espessura média dos cladódios encontrada foi de 1,6 cm (Tabela 3). A menor espessura de cladódio de palma forrageira foi registrada no espaçamento 1,0 x 0,5 m, sem adubação com esterco.

Sem adição de esterco, a espessura média de todos os cladódios da palma forrageira foi menor no espaçamento 1,0 x 0,5 m; nas doses de 30, 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco, a espessura dos cladódios foi semelhante para os três espaçamentos. Segundo Silva et al. (2010), as maiores medidas de espessura ocorreram para os cladódios primários 3,9 cm; 1,8 cm e 1,2 cm, para os 1^a, 2^a e 3^a, respectivamente. Este comportamento foi reduzindo com a emissão de novas ordens de cladódios. Os maiores valores obtidos nos cladódios primários são resultantes da idade dos mesmos já que os cladódios primários são mais velhos e apresentam a função de sustentação dos demais cladódios, flores e frutos, tal como

o transporte de nutrientes e substâncias orgânicas necessárias para a subsistência da planta.

Teles et al. (2002) encontraram espessura média de 1,1 cm para palma 'Gigante' aos 270 DAP, em casa de vegetação; Nascimento et al. (2011) constatarem espessura média de 0,5 cm aos 330 DAP; Andrade (2009) verificou espessura média de 2,7 cm aos 510 DAP e Peixoto (2009) encontrou espessura de 1,1 cm em ensaio com adubação de 20 Mg ha⁻¹ de esterco e espessura 0,7 cm sem adubação. Os valores relatados são menores que os registrados no presente trabalho possivelmente em função das diferenças nas condições ambientais e manejo.

A espessura média dos cladódios de palma forrageira variou em função das doses de adubação orgânica com esterco bovino aplicadas ao solo, de forma linear crescente, para o espaçamento de plantio 1,0 x 0,5 m e de forma quadrática para os espaçamentos 2,0 x 0,25 m e 3,0 x 1,0 x 0,25 m.

Para o espaçamento 1,0 x 0,5 m a espessura dos cladódios aumentou com o aumento das doses de esterco (Tabela 3). O modelo ajustado estima que a menor espessura dos cladódios foi 1,4 cm, correspondente às doses de 52,5 e 58 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco para os espaçamentos 2,0 x 0,25 m e 3,0 x 1,0 x 0,25 m, respectivamente. Nos espaçamentos em que as plantas estavam mais próximas, dentro da linha de plantio, 2,0 x 0,25 m e 3,0 x 1,0 x 0,25 m, com 25 cm entre elas, ocorreu decréscimo das espessuras médias dos cladódios para as doses de 30 e 60 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ voltando a elevar com 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

O índice de área de cladódio avaliado aos 600 DAP, em palma forrageira foi dependente da interação ($P < 0,05$) entre espaçamento e doses de esterco (Tabela 4). A média de IAC encontrada foi de 3,1; a palma forrageira 'Gigante' cultivada sob espaçamento de plantio 1,0 x 0,5 m, apresentou maior IAC de 5,1.

Sem adição de esterco bovino ao solo, o IAC da palma forrageira foi semelhante para os três espaçamentos utilizados. Na dose de 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco, o IAC da palma forrageira foi diferente entre os espaçamentos 1,0 x 0,5 m e 3,0 x 1,0 x 0,25 m. Nas doses de 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco, o IAC foi maior no espaçamento 1,0 x 0,5 m, comparado aos espaçamentos 2,0 x 0,25 m e 3,0 x 1,0 x 0,25 m.

O IAC é fundamental na determinação da área fotossintética ativa da planta pois indica a capacidade da planta em interceptar

Tabela 3. Espessura dos cladódios (cm) de palma forrageira 'Gigante', aos 600 dias após plantio (DAP), em função de diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica com esterco bovino

Espaçamento (m)	Doses de adubação orgânica com esterco bovino (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				Média	
	0	30	60	90		
	Espessura dos cladódios(cm)					
1,0 x 0,5	1,2 b	1,6 a	1,4 a	1,9 a	1,5	
2,0 x 0,25	2,0 a	1,6 a	1,4 a	1,6 a	1,7	
3,0 x 1,0 x 0,25	1,9 a	1,6 a	1,4 a	1,6 a	1,6	
Média	1,7	1,6	1,4	1,7	1,6	
CV (%)	14,6					
Equações					P	r ²
1,0 x 0,5	$\hat{y} = 1,22109 + 0,006395^{**}x$				0,00928	0,70
2,0 x 0,25	$\hat{y} = 2,0557 - 0,021563^{**}x + 0,000186^{**}x^2$				0,00928	0,97
3,0 x 1,0 x 0,25	$\hat{y} = 1,91217 - 0,016358^{**}x + 0,000142^{**}x^2$				0,00928	0,99

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

CV - coeficiente de variação; P - probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Tabela 4. Médias de índice de área dos cladódios (IAC) em palma forrageira 'Gigante', aos 600 dias após plantio cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica com esterco bovino

Espaçamento (m)	Doses de adubação orgânica com esterco bovino (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				Média	
	0	30	60	90		
Índice de área de cladódios						
1,0 x 0,5	1,9 a	3,5 a	4,0 a	5,1 a	3,6	
2,0 x 0,25	2,4 a	2,8 ab	2,8 b	4,0 b	3,0	
3,0 x 1,0 x 0,25	1,9 a	2,5 b	2,9 b	3,8 b	2,8	
Média	2,0	2,9	3,2	4,3	3,1	
CV (%)	13,7					
Equações					P	r ²
1,0 x 0,5	ŷ = 2,16008 + 0,033383**x				0,05	0,95
2,0 x 0,25	ŷ = 2,28745 + 0,015912**x				0,05	0,83
3,0 x 1,0 x 0,25	ŷ = 1,86677 + 0,020334**x				0,05	0,96

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

CV - coeficiente de variação; P - probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

a luz solar para, eficientemente, transformá-la em produção de matéria seca. Segundo Nobel (2001), o IAC da ordem de 4 a 5 indica alto potencial de produção de matéria seca por área. Cortázar et al. (2001) encontraram IAC variando de 4,7 a 7,4 para áreas sem e com aplicação de biofertilizante (60 Mg ha⁻¹) proveniente de guano e atum, atingindo produção de matéria seca de 18,0 e 19,9 Mg ha⁻¹, respectivamente. Ainda esses autores não encontraram significância para IAC em relação às doses de biofertilizante aplicadas o que difere dos dados aqui descritos, porém diferenças entre doses de adubação e espaçamentos para IAC, como registradas no presente trabalho, foram observadas. A área total de cladódios considera a área do cladódio e o número de cladódios por planta. O número de cladódios por planta foi dependente dos espaçamentos de plantio utilizados e das doses de adubação orgânica com esterco bovino aplicadas. O crescimento, a área foliar e a produção de qualquer espécie vegetal são influenciados pelas doses de nitrogênio e fósforo aplicados e pela interação entre esses nutrientes (Marschner, 1995; Araújo & Machado, 2006). Como relatam Araújo & Machado (2006) pela importância nas reações fotossintéticas e no metabolismo do carbono, processos esses fundamentais para a assimilação do nitrogênio, este e o fósforo interagem de forma sinérgica, em que ambos os nutrientes promovem, em doses adequadas, aumentos na produção vegetal, maiores que aqueles obtidos com aplicações de cada nutriente isoladamente. As doses de nitrogênio e fósforo adicionadas ao solo, correspondente às doses de esterco de 30, 60 e 90 Mg ha⁻¹, respectivamente, foram: 259 e 234; 518 e 468; 777 e 702 kg ha⁻¹.

Dubeux Junior et al. (2006) encontraram efeito para população de plantas e IAC, quando estudaram densidades de 5.000 e 40.000 plantas ha⁻¹ concluindo que, quanto maior a população maior também o IAC; Neste mesmo trabalho os autores também encontraram efeito para dose de fósforo e IAC, que estudando a população de 40.000 plantas ha⁻¹ verificaram que com a adubação fosfatada houve incremento do IAC.

Almeida (2011) encontrou IAC da ordem de 4,1 trabalhando com 40.000 plantas ha⁻¹, adubadas com adubo orgânico e químico aos 900 DAP. Alves et al. (2007) constataram ao se conservar os cladódios secundários na época da colheita, que maior produção de matéria seca foi obtida. Com uma população de 5.000 plantas a produção foi de 6,2 Mg ha⁻¹ preservando cladódios primários e 13,3 Mg ha⁻¹, preservando cladódios secundários; isto, segundo esses autores, se deveu a um IAC remanescente após a colheita, o que possibilitou, às plantas, maior eficiência fotossintética pelo aumento do tamanho da fonte.

O IAC médio da palma forrageira variou de maneira linear crescente em função das diferentes doses de esterco, para os diferentes espaçamentos de plantio utilizados, 1,0 x 0,5 m, 2,0 x 0,25 m e 3,0 x 1,0 x 0,25 m (Tabela 4). O IAC aumentou com o aumento das doses de esterco sendo este incremento diferente entre os espaçamentos testados.

O modelo ajustado estima que o IAC teve comportamento linear crescente para o espaçamento 1,0 x 0,5 m, possibilitando o incremento de IAC de 1,0 para cada 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco, passando de um IAC de 2,2 sem adição de esterco para 5,2 quando foram adicionados 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco

enquanto no espaçamento 2,0 x 0,25 m o modelo ajustado estima um incremento de IAC de 0,47 para cada 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco; passando de um IAC de 2,3 para 3,7 quando não foi adicionado esterco e com 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco, respectivamente, caracterizando um aumento de IAC bem inferior ao encontrado para o espaçamento de 1,0 x 0,5 m. Para o espaçamento em fileira dupla de 3,0 x 1,0 x 0,25 m, o IAC se apresentou de forma linear ascendente com uma inclinação de reta inferior ao espaçamento 1,0 x 0,5 m e superior ao 2,0 x 0,25 m; o modelo ajustado estima uma incorporação de IAC de 0,61 para cada 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco variando de um IAC de 1,9 sem adição de esterco para 3,7 com adição de 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco.

Diversos autores descreveram, ao avaliar o crescimento da palma forrageira, um lento desenvolvimento inicial mostrando a evolução do número de cladódios na planta por ordem, primário e secundário, respectivamente: 3,9 e 10,1 (Ferreira et al., 2003); 3,8 e 4,3 (Oliveira Junior et al., 2009) e 2,8 e 6,8 (Silva et al., 2010). Menor número de cladódios no início leva a uma área menor dos mesmos e, conseqüentemente, a um IAC menor, passando a melhorar esse índice a partir da incorporação de novos cladódios aumentando, assim, a área fotossintética ativa da planta. Em todos os espaçamentos houve aumento do IAC com a adição de esterco sendo esse incremento de forma diferente em cada um deles. O espaçamento 1,0 x 0,5 m foi o que apresentou maior IAC e, comparativamente, o de maior produção de matéria seca.

Para comprimento médio do cladódio de palma forrageira houve diferenças entre as doses de esterco (P<0,05), independentemente dos espaçamentos (Tabela 5). O comprimento dos cladódios de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos apresentou comportamento linear positivo em resposta às diferentes doses de esterco. O modelo ajustado estima que a maior dose de esterco bovino promove um incremento de 8% no comprimento do cladódio em relação ao tratamento sem aplicação de esterco. Os valores de comprimento do cladódio estão em acordo com a maioria das mensurações verificadas em trabalhos realizados por outros autores (Teles et al., 2002; Ferreira et al., 2003; Andrade, 2009; Peixoto, 2009).

Segundo Silva et al. (2010), o comprimento é maior em cladódio primário e decresce em função do aparecimento de outras ordens. Essa característica é pouco influenciada pelo manejo sendo mais dependente do genótipo (Mondragón-Jacobo & Pérez-González, 2001).

Nos estudos de Peixoto (2009) em plantas adubadas com 20 Mg ha⁻¹ de esterco, o comprimento dos cladódios atingiu

Tabela 5. Médias de comprimento do cladódio aos 600 dias após plantio em palma forrageira 'Gigante', cultivada sob diferentes espaçamentos em função de doses de esterco

	Doses de adubação orgânica com esterco bovino (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				Média	CV (%)
	0	30	60	90		
Comprimento do cladódio (cm)	30,25	30,70	30,47	32,57	30,99	7,90
Equação						P
$\hat{y} = 29,9849 + 0,022465 \cdot x$						r²
						0,02827
						0,66

CV - coeficiente de variação; P - probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

29,2 cm aos 720 DAP. Ferreira et al. (2003) encontraram, para a 'Gigante'; valores médios de 33,6 cm para comprimento do cladódio de 1ª, 2ª e 3ª ordens aos 720 DAP, cultivado no espaçamento de 1,0 x 0,5 m. Aos 270 DAP Teles et al. (2002) mensuraram comprimento médio do cladódio de 29,1 cm em palma cultivada em vasos. Trabalhando com diferentes espaçamentos de plantio e doses de farinha de osso, Andrade (2009) obteve, na média geral do experimento, aos 510 DAP, comprimento de 32,2 cm para a 'Gigante' no semiárido Paraibano.

Foi notória a diferença ($P<0,05$) para altura da planta de palma forrageira, entre espaçamentos e doses de esterco (Tabela 6) de forma independente. A média para altura foi de 115,8 cm. A palma forrageira cultivada sob espaçamento 1,0 x 0,5 m apresentou maior altura média, 121,9 cm, comparada com a do espaçamento 3,0 x 1,0 x 0,25 m, 110,3 cm; isto ocorreu devido ao arranjo das plantas nos tratamentos. As plantas foram mais altas quando sua disposição foi mais uniforme na superfície do solo, caso do espaçamento 1,0 x 0,5 m, em que as mesmas se encontram equidistantes em detrimento do arranjo em fileiras duplas em que apesar da área por planta ser a mesma, elas se encontram mais próximas. Silva et al. (2010) citam que em trabalho sobre densidade de plantio quanto maior a densidade de plantas maior também a altura final da mesma, por haver redução do alongamento lateral do caule em razão da competição entre plantas.

No presente trabalho a população de plantas foi mantida variando apenas sua distribuição, dentro da área. O arranjo espacial pode ter influenciado o crescimento das plantas facilitando maior alongamento lateral para espaçamentos onde a distância entre linhas era maior com menor distância entre plantas dentro da linha. Silva et al. (2010) citam que o arranjo das plantas pode ser modificado pela variação na população de plantas e pelo espaçamento entre linhas, alterando a área e a forma da área disponível para cada planta.

A altura da palma forrageira diferiu entre os espaçamentos 1,0 x 0,5 m e 3,0 x 1,0 x 0,25 m. A altura das plantas no espaçamento 1,0 x 0,5 m foi 8,3% e 10,5% maior que as plantas dos espaçamentos em fileira dupla 2,0 x 0,25 m e 3,0 x 1,0 x 0,25 m. Esses dados estão de acordo com os de Silva et al. (2010) que registraram, avaliando 50 clones de palma forrageira 'Gigante' aos 720 DAP, valores de altura de planta oscilando de 45,2 a 127,3 cm com média de 90,1 cm trabalhando com densidade de 20.000 plantas ha⁻¹ e espaçamento de 1,0 x

0,5 m, em que as mesmas foram adubadas com adubo orgânico e químico.

Ferreira et al. (2003) encontraram plantas com 103,5 cm de altura no espaçamento de 1,0 x 0,5 m, com adubação química e orgânica, para a 'Gigante'. Oliveira Junior et al. (2009) avaliando, aos 330 DAP, palma 'Italiana' plantada no espaçamento de 1,0 x 0,5 m e adubada com 15 Mg ha⁻¹ de esterco de caprino, altura da planta de 72,5 cm.

Para a altura média da planta de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos, ajustou-se um modelo de regressão linear crescente em função das doses de esterco (Tabela 6). Os dados confirmam a relação entre altura de planta e produção de matéria seca pela palma forrageira. Com altura média de 121,9 cm no espaçamento 1,0 x 0,5 m, a produção de matéria seca atingiu 21,5 Mg ha⁻¹ e a menor altura de planta no espaçamento 3,0 x 1,0 x 0,25 m, de 110,3 cm, a produção de matéria seca foi de 14,7 Mg ha⁻¹.

A produção média de matéria seca de palma forrageira diferiu ($P<0,05$) entre espaçamentos e entre doses de esterco (Tabela 6), de forma independente. A PMS de palma forrageira foi 18,2 Mg ha⁻¹. As produções de matéria seca registradas nos espaçamentos em fileira simples foram similares ($P<0,05$), 21,5 Mg ha⁻¹ e 18,6 Mg ha⁻¹, para 1,0 x 0,5 m e 2,0 x 0,25 m, respectivamente, e superiores à produção obtida sob espaçamento em fileira dupla, 3,0 x 1,0 x 0,25 m, 14,7 Mg ha⁻¹. Dubeux Junior et al. (2006) obtiveram produção de matéria seca média de 23,8 Mg ha⁻¹ para palma forrageira clone IPA-20, com população de 40.000 plantas ha⁻¹, em quatro localidades no Estado de Pernambuco (Arcoverde, São Bento do Una, Serra Talhada e Sertânia). Os valores médios de matéria seca encontrados por esses autores são superiores aos registrados no presente trabalho, 18,2 Mg ha⁻¹ porém o clone IPA-20 é considerado mais produtivo, aliado à maior população de plantas utilizada. Dubeux Junior et al. (2006), ainda detectaram diferença entre as doses de fósforo em relação à produção de matéria seca, com 11,5 e 23,8 Mg ha⁻¹ para 0 e 33 kg ha⁻¹ de fósforo, respectivamente, considerando produção avaliada aos 720 DAP.

Cortázar et al. (2001) encontraram 19,9 Mg ha⁻¹ de matéria seca aos 450 DAP, com população de 60.000 plantas ha⁻¹ e adubação com biofertilizante proveniente de guano e atum, na dose de 60 Mg ha⁻¹. Os autores utilizaram população de plantas três vezes maior e efetuaram a colheita de todos os cladódios, preservando apenas o cladódio mãe e obtiveram produção de matéria seca equivalente à encontrada no presente trabalho, de 18,1 Mg ha⁻¹. Esses autores não encontraram diferença para a produção de matéria seca em função das doses de biofertilizante utilizadas devido, provavelmente, ao baixo índice pluviométrico (330 mm), que teve como consequência a baixa mineralização da matéria orgânica adicionada resultando em baixo teor de nutrientes disponíveis para a planta.

Alves et al. (2007) não observaram efeito de espaçamentos para produção de matéria seca para a 'Gigante', quando na colheita os cladódios primários foram preservados sem dúvida pela baixa quantidade de plantas ha⁻¹ (máximo de 10.000); a produção média descrita foi de 5,6 Mg ha⁻¹, as populações utilizadas foram 5.000 e 10.000 plantas ha⁻¹, sendo a adubação

Tabela 6. Médias de altura da planta e produção de matéria seca (PMS), aos 600 dias após plantio, em palma forrageira 'Gigante' cultivada em diferentes espaçamentos

Espaçamento (m)	Altura da planta (cm)	PMS (Mg ha ⁻¹)
1,0 x 0,5	121,9 a	21,5 a
2,0 x 0,25	115,3 ab	18,6 a
3,0 x 1,0 x 0,25	110,3 b	14,7 b
Média	115,8	18,2
CV (%)	7,9	18,1
Equações	$\hat{y}=98,0389 + 0,395741^{**}x$	$\hat{y}=11,8874 + 0,275944^{**}x - 0,001922^{**}x^2$
P	0,00	0,00
r ²	0,97	0,98

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

CV - coeficiente de variação; P - probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

bianual com 20 Mg ha⁻¹ de esterco; os valores de produção são bastante inferiores aos obtidos no presente trabalho.

A produção média de matéria seca avaliada aos 600 DAP em palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos, variou de forma quadrática em função das doses de esterco (Tabela 6). O modelo ajustado estima que a máxima produção de matéria seca, 21,8 Mg ha⁻¹, é esperada quando se aplicam 71,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco. Doses elevadas de nitrogênio proveniente da adubação orgânica, da ordem de 130 a 390 kg ha⁻¹, podem ter levado a tal comportamento. O nitrogênio promove alterações na morfologia das plantas e em condições de alto suprimento deste nutriente, ocorrem maior crescimento e aumento na área foliar (Marschner, 1995), o que pode significar menor teor de matéria seca nos tecidos de cladódios que, aliado a uma diminuição da produção de massa verde, induziu o decréscimo da produção de matéria seca.

Silva et al. (2010) verificaram, pela correlação de Pearson, que a altura da planta apresentou maior coeficiente de correlação com a produção de matéria seca sendo, portanto, uma medida importante, no que tange à seleção de plantas para melhoramento e também para produtividade. A resposta da altura da planta a doses de esterco, independentemente do espaçamento, está associada, provavelmente, ao aporte de nitrogênio pelo esterco, pois sob alto suprimento de nitrogênio ocorre maior crescimento das plantas (Marschner, 1995).

A largura e a área dos cladódios avaliadas aos 600 DAP, em palma forrageira não diferiram entre os espaçamentos, entre as doses de esterco nem tiveram efeito de interação entre os fatores estudados ($P > 0,05$); aos 600 DAP a largura média dos cladódios foi 16,3 cm e área média dos cladódios 350,0 cm².

Esses resultados evidenciam melhorias nas características morfométricas e, conseqüentemente, na produção da palma forrageira, comprovando que combinações adequadas entre arranjo de plantas e adubações com esterco bovino, constituem estratégias de manejo eficientes para essa forrageira.

A adição de esterco ao solo aporta todos os nutrientes como demonstrado pela composição do mesmo mas principalmente N e P. As doses de esterco bovino, 30, 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, fornecem cerca de 259, 518, 777 kg ha⁻¹ de N e 234, 468, e 702 kg ha⁻¹ de P, ao final dos 600 DAP, isto é, após duas adubações. A aplicação do esterco induz a uma disponibilização maior no solo e maior absorção desses elementos e seu acúmulo nos cladódios. Novais et al. (2007) afirmam que a adição de esterco e de outras fontes orgânicas ao solo reduz a capacidade de adsorção de fósforo, aumenta o teor de fósforo e nitrogênio disponível, e proporciona maior mobilidade no perfil do solo, de forma orgânicas solúveis de fósforo (POS) e N. Adicionalmente, a matéria orgânica no solo melhora as propriedades físicas, pois aumenta a micro e macrofaunas, melhora ou mantém a porosidade e, em contrapartida, o fluxo difusivo de nutrientes no solo e sua absorção pelas plantas. Essas explicações justificam o incremento do número e o comprimento dos cladódios, altura da planta e índice de área de cladódios, características responsáveis pela formação da colheita, de forma linear com o aumento das doses de esterco observadas no presente trabalho, visto que o N é o maior responsável pela vegetação que se reflete no IAC enquanto o P acelera a formação de

raízes e o crescimento das plantas influenciando, assim, nas características fenotípicas expressas pelos genótipos (Marschner, 1995).

Conclusões

O incremento das doses de esterco promove o aumento da altura da planta e comprimento do cladódio de palma 'Gigante' aos 600 dias após o plantio.

Os espaçamentos e doses de esterco influenciam a espessura, o número e o índice de área dos cladódios de palma 'Gigante'.

A máxima produção de matéria seca (21,8 Mg ha⁻¹) da palma é esperada quando se aplicam 71,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino.

Literatura Citada

- Almeida, J. A. A palma forrageira na Região Semiárida do Estado da Bahia: diagnóstico, crescimento e produtividade. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2011. 95p. Tese Doutorado.
- Alves, R. N.; Farias, I.; Menezes, R. S. C.; Lira, M. A.; Santos, D. C. 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. <<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/38/219>>. 30 Jun. 2013.
- Andrade, R. L. Evolução do crescimento da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em função do adensamento e adubação com farinha de osso no solo. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2009. 40p. Dissertação Mestrado.
- Araújo, A. P.; Machado, C. T. T. Fósforo. In: Fernandes, M.S. (Ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2006. p.253-280.
- Chiacchio, F. P. B.; Mesquita, A. S.; Santos, J. R. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o Semi-Árido baiano. *Bahia Agrícola*, v.7, n.3, p.39-49. 2006. <http://www.seagri.ba.gov.br/pdf/socioeconomia03_v7n3.pdf>. 30 Jun. 2013.
- Brasil. Ministério da Integração Nacional - MI. Relatório final, grupo de trabalho interministerial para redelimitação do Semi-Árido nordestino e do polígono das secas. Brasília: MI, 2005.118p.
- Cortázar, V. G; Varnero, M. T.; Espinosa, M. Efecto de bioabono sobre el área fotosintéticamente activa, producción de cladodios y eficiencia de recuperación de N en un cultivo de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) en el primer año post-plantación. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, v.4, p.93-104. 2001. <http://www.jpacd.org/downloads/Vol4/AEI_1.pdf>. 30 Jun. 2013.
- Dubeux Junior, J. C. B.; Araujo Filho, J. T.; Santos, M. V. F.; Lira, M. A.; Santos, D. C.; Pessoa, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira - Clone IPA-20. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.5, n.1, p.129-135, 2010. <<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v5i1a591>>.

- Dubeux Junior, J. C. B.; Santos, M. V. F.; Lira, M. A. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller 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. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.02.015>>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa; Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Sudene. Levantamento exploratório: reconhecimento dos solos da margem direita do Rio São Francisco. Estado da Bahia. Recife -PE: Embrapa/SNLC/Sudene, 1979. v.2, 1.296 p. (Embrapa. Boletim Técnico 52; Sudene. Série Recursos do Solo, 10).
- Ferreira, C. A.; Ferreira, R. L. C.; Santos, D. C.; Santos, M. V. F.; Silva, J. A. A.; Lira, M. A.; Molica, S. G. Utilização de técnicas multivariadas na avaliação da divergência genética entre clones de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, suplemento 1, p.1560-1568, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000700004>>.
- Larcher, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: RiMa, 2000. 529p.
- Marschner, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2.ed. New York: Academic Press, 1995. 889p.
- Mondragón-Jacobo, C.; Pérez-González, S. Germplasm resources and breeding opuntia for fodder production. In: Mondragón-Jacobo, C.; Pérez-González, S. (Eds.). *Cactus (Opuntia spp) as forage*. Roma: FAO, 2001. p.21-28.
- Nascimento, J. P.; Souto, J. S.; Santos, E. S.; Damasceno, M. M.; Ramos, J. P. F.; Sales, A. T.; Vieira Leite, M. L. M. Caracterização morfométrica de *Opuntia ficus-indica* sob diferentes arranjos populacionais e fertilização fosfatada. *Tecnologia & Ciências Agropecuária*, v.5, n.3, p.21-26, 2011. <http://www.emepa.org.br/revista/volumes/tca_v5_n3_set/tca5304.pdf>. 30 Jun. 2013.
- Nobel, P. S. *Biologia ambiental*. In: Barbera, G; Inglese, P.; Barros, E. P. (Eds.). *Agroecologia, cultivo e uso da palma forrageira*. Roma: FAO, 1995; João Pessoa: SEBRAE-PB, 2001. p.36-48.
- Novais, R. F.; Smyth, T. J.; Nunes, F. N. Fósforo. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. (Eds.). *Fertilidade do solo*. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.472-550.
- Oliveira Junior, S.; Barreiro Neto, M.; Ramos, J. P. F.; Vieira Leite, M. L. M.; Brito, E. A.; Nascimento, J. P. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no Semi-Árido Paraibano. *Tecnologia & Ciências Agropecuária*, v.3, n.1, p.7-12, 2009. <http://www.emepa.org.br/revista/volumes/tca_v3_n1_fev/tca02_palma.pdf>. 30 Jun. 2013.
- Peixoto, M. J. A. Crescimento vegetativo, produção e composição químico-bromatológica da palma forrageira consorciada com cajá (*Spondias* spp). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2009. 71p. Tese Doutorado.
- Pinto, M. S. C.; Menezes, R. S. C.; Sampaio, E. V. S. B.; Andrade, A. P.; Pimenta Filho, E. C.; Silva, I. F.; Andrade, M. V. M.; Figueredo, 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, 2002. Anais... Recife: SBZ, 2002. v.1, p.54-64.
- 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 cochenilifera*) no Cariri Paraibano. In: Congresso Nordeste de Produção Animal, 4., 2006, Petrolina. Anais... Petrolina: SNPA, 2006. p.434-438.
- Silva, D. J.; Queiroz, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2009. 235p.
- Silva, N. G. M.; Lira, M. A.; Santos, M. V. F.; Dubeux Junior, J. C. B.; Melo, A. C. L. de; Silva, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.11, p.2389-2397, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001100011>>.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed.. Porto Alegre: Artmed, 2009. p.203-242.
- Teles, M. M.; Santos, M. V. F.; Dubeux Júnior, J. C. B.; Bezerra Neto, E.; Ferreira, R. L. C.; Lucena, J. E. C.; Lira, M. 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. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000100006>>.