



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Brasil

Silva, João A.; Bonomo, Paulo; Donato, Sérgio L. R.; Pires, Aureliano J. V.; Silva, Fabiano F.; Donato, Paulo E. R.

Composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações químicas

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 8, núm. 2, 2013, pp. 342-350

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119027922025>

- 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

Composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações química

João A. Silva¹, Paulo Bonomo², Sérgio L. R. Donato¹,
Aureliano J. V. Pires², Fabiano F. Silva² & Paulo E. R. Donato¹

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Distrito de Ceraíma, CEP 46430-000, Guanambi-BA, Brasil. Caixa Postal 09. E-mail: joaoabelsilva@yahoo.com.br; sergio.donato@guanambi.ifbaiano.edu.br; paulodeteco@yahoo.com.br

² Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Praça Primavera, 40, Primavera, CEP 45700-000, Itapetinga-BA, Brasil. E-mail: bonomopaulo@gmail.com; aurelianojvp@yahoo.com.br; ffsilva@pq.cnpq.br

RESUMO

Neste trabalho a composição bromatológica da palma foi avaliada aos 620 dias após o plantio. O delineamento foi em blocos casualizados, 12 tratamentos e três repetições, em arranjo fatorial 3 x 4: três espaçamentos (1,00 x 0,50 m; 2,00 x 0,25 m e 3,00 x 1,00 x 0,25 m) e quatro fertilizações (000-000-000; 000-150-000; 200-150-000 e 200-150-100) kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Os teores médios de MS, PB, FDA, NIDA_{MS}, NT, NIDN_{NT}, NIDA_{NT}, (A + B1)_{CHTMS}, (B1 + B2)_{PB}, B3_{PB}, diferiram (P < 0,05) para as adubações independentemente dos espaçamentos. Teores médios de MO e MM diferiram entre os espaçamentos, independentemente das adubações. CHT variaram com as adubações e espaçamentos, de forma independente. EE, FDN, FDNcp, CEL, LIG, CIDN, carboidratos não fibrosos (A + B1), fibra disponível (B2) e fibra indisponível (C), não diferiram entre os fatores espaçamentos e adubações. Teores médios de HEM, NIDN_{MS}, A_{NNP} e produção de matéria seca, foram dependentes das interações (P < 0,05) entre as adubações e espaçamentos. A adição de NPK e NP melhorou a qualidade bromatológica da palma e no espaçamento 1,00 x 0,50 m esses elementos aumentaram a produção de matéria seca.

Palavras-chave: componentes nutricionais, nutrientes digestíveis, *Opuntia*, proteína

Bromatological composition of forage cactus grown in different spacings and chemical fertilizations

ABSTRACT

The composition of the cactus pear at 620 days after planting was evaluated. A randomized block design, with 12 treatments and three replications was adopted, in a factorial arrangement of 3 x 4: three spacings (1.00 x 0.50, 2.00 x 0.25 and 3.00 x 1.00 x 0.25 m) and four fertilizations (0-0-0, 0-150-0, 200-150-0 and 200-150-100 kg ha⁻¹) of N, P₂O₅ and K₂O, respectively. The mean levels of DM, CP, ADF, (ADIN)_{DM}, TN, (NDIN)_{TN}, (ADIN)_{TN}, non-fiber carbohydrates, crude protein degradation and rapid enzyme intermediate. Crude protein degradation and rapid enzyme intermediate differed (P < 0.05) for fertilization, regardless of spacing. Mean levels of OM and MM differed between spacings regardless of fertilization. CHT varied with fertilization and spacing independently. EE, NDF, NDF_{AP}, CEL, LIG, CIDN, non-fiber carbohydrates, available fiber and fiber unavailable (C) did not differ between the factors spacing and fertilization. Mean levels of HEM, neutral detergent insoluble nitrogen as a percentage of dry matter (NDIN)_{DM}, and dry matter production were dependent on interactions (P < 0.05) between fertilization and spacings. Addition of NP and NPK improve the bromatological quality of the palm and 1.00 x 0.50 m spacing increases the dry matter production.

Key words: digestible nutrients, nutritional components, *Opuntia*, protein

Introdução

A região nordestina é marcada pela irregularidade das chuvas e pelo baixo índice pluviométrico que causam graves prejuízos ao desenvolvimento das pastagens. No semiárido a pecuária possui grande expressão econômica e social, porém um baixo desempenho produtivo que, em parte, é consequência das limitações impostas pela realidade local e equívocos, como a importação de tecnologias inadequadas a essas condições (Araújo et al., 2004). Há períodos de disponibilidade elevada com boa qualidade, seguidos de períodos de extrema escassez de forragens; a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) é uma alternativa para as condições adversas do semiárido, haja vista que possui adaptações fisiológicas quanto à absorção, ao aproveitamento e perda de água (Teles et al., 2002) e ainda produz elevada quantidade de massa verde.

Espinoza et al. (2008) pesquisaram o comportamento de cinco cultivares de *O. ficus-indica* em solo mexicano e verificaram que o plantio adensado resultou em aumento significativo de produtividade da matéria verde e seca. Segundo Santos et al. (2006) o emprego de adubação orgânica e ou mineral com uso de um espaçamento adequado, pode propiciar aumentos de mais de 100% na produção, a cada dois anos.

Existem alguns trabalhos comparando composição bromatológica com níveis de adubação e espaçamento porém os resultados diferem. Araújo (2009) concluiu que as percentagens de matéria mineral, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, cálcio e fósforo da palma forrageira, não são afetadas pelos espaçamentos e doses de fósforo, utilizando-as como fonte de superfosfato simples.

Com o presente trabalho objetivou-se avaliar as características bromatológicas da palma forrageira cultivada sob diferentes tipos de adubação e espaçamentos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Baiano, Campus Guanambi, BA, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico, típico A fraco, textura média, fase Caatinga hipoxerófila, relevo plano a suave ondulado, cujo uso histórico foi com pastagem, sem tratos culturais. O município pertencente à microrregião Guanambi, localiza-se no Sudoeste Baiano sob as coordenadas 14°13'30"S e 42°46'53"W, altitude de 545 m e o clima é semiárido do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com médias anuais de precipitação e temperatura de 680 mm e 26 °C, respectivamente. Os dados climáticos foram acompanhados por uma estação meteorológica, nas proximidades do campo de palma (Figura 1).

O estudo teve, como base, a avaliação bromatológica de cladódios de palma forrageira 'Gigante', aos 620 dias após o plantio (DAP) sob variação de dois fatores de produção: a) espaçamento e b) adubação química. O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com 12 tratamentos e três repetições, em esquema fatorial 3 x 4; o primeiro fator constituído por três espaçamentos: a) fileira simples, 1,00 x 0,50 m; b) fileira simples, 2,00 x 0,25 m e c) fileira dupla, 3,00 x 1,00 x 0,25 m) mantendo a densidade populacional de

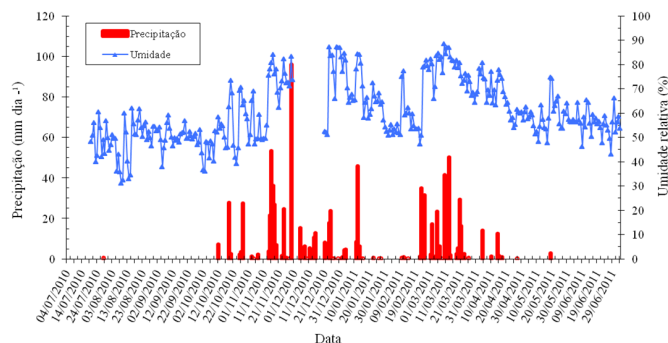


Figura 1. Precipitação pluvial e umidade relativa do ar durante o período experimental. Estação automática (IF Baiano - Campus Guanambi)

20.000 plantas ha⁻¹, enquanto o segundo fator foi composto de quatro combinações de adubações química: a) sem adubação química; b) uso de adubação fosfatada (P), na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅; c) uso de adubação fosfatada e nitrogenada (NP), nas quantidades de 200 kg ha⁻¹ de N e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e d) uso de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica (NPK) nas doses de 200 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O. A parcela experimental teve dimensões de 16,0 x 4,0 m e área útil de 8,00 x 2,00 m, totalizando 36 unidades experimentais com área total de 2.304 m².

Após limpeza da área, em início de setembro de 2009, demarcaram-se as unidades experimentais; em cada parcela foram retiradas cinco amostras simples de solo (0-20 cm de profundidade) as quais, depois de homogeneizadas, formaram amostras compostas que foram encaminhadas para análise química e apresentaram os seguintes resultados médios: pH em água = 5,3; P = 10,6 mg dm⁻³; K = 0,14, Na = 0,1, Ca = 1,4, Mg = 0,9, Al = 0,1, H+Al = 1,8, SB = 2,4, CTC_c = 2,6 e CTC = 4,4 cmol_c dm⁻³; V = 55,9%; m = 5,0%; Cu = 0,3, Fe = 7,0, Mn = 57,7 e Zn = 2,0 mg dm⁻³; na sequência, realizaram-se o preparo do solo com operações de subsolagem a 0,35 m de profundidade e duas gradagens seguidas de abertura dos sulcos com sulcador de três linhas regulado para 1,00 m entre os sulcos e profundidade média de 0,30 m.

O plantio da palma foi feito no final do mês de setembro de 2009 utilizando-se um cladódio ("raquete") por cova, na posição vertical, a uma profundidade que enterrava aproximadamente a metade do artigo. As mudas foram obtidas em cultura de palma da própria Instituição, com massa aproximada de 1,0 kg, livre de pragas e de doenças; após o corte e seleção no campo as mudas foram colocadas em repouso, à sombra, pelo período de quinze dias, para cicatrização dos ferimentos feitos no processo de colheita.

Durante o plantio foi realizada adubação fosfatada em cada parcela correspondente a esse tratamento, aplicando-se 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, o que equivale a uma aplicação de 5,33 kg parcela⁻¹ de superfosfato simples. Na condução do experimento as adubações de cobertura com nitrogênio, 200 kg ha⁻¹ e potássio, 100 kg ha⁻¹ (6,4 kg parcela⁻¹ de sulfato de amônio e 1,10 kg parcela⁻¹ de cloreto de potássio) foram divididas em quatro aplicações correspondentes a 15, 25, 30 e 30% do total, respectivamente. A primeira aplicação, 0,96 kg parcela⁻¹ de sulfato de amônio e 0,17 kg parcela⁻¹ de cloreto de potássio, realizada em 28/12/2009, obedeceu às condições de solo úmido e a existência de pelo menos um cladódio por

planta; a segunda aplicação foi realizada em 23/02/2010, correspondendo a 1,60 kg parcela⁻¹ de sulfato de amônio e 0,28 kg parcela⁻¹ de cloreto de potássio, 57 dias após a primeira, também com solo úmido; já a terceira e a quarta aplicações, com 1,92 kg parcela⁻¹ de sulfato de amônio e 0,33 kg parcela⁻¹ de cloreto de potássio cada, foram feitas em 14/11/2010 e 27/12/2010, respectivamente, após início do período chuvoso.

O primeiro controle de plantas daninhas foi realizado com o auxílio de enxada; posteriormente adotou-se, com o crescimento da planta, o controle químico com Glyphosate® (200 mL 20 L⁻¹ de água), aplicado em jato dirigido nas entrelinhas da cultura, no total de três aplicações.

Na época da colheita, aos 620 DAP, coletaram-se amostras de tecidos dos cladódios para avaliação bromatológica da planta, no total de 40 amostras por tratamento, dentro da área útil, com aproximadamente 25 g cada uma, de modo a amostrar todas as ordens de cladódios que seriam colhidos; para este processo foi utilizada uma serra copo com 5,0 cm de diâmetro e 4,0 cm de profundidade, adaptada a uma furadeira a bateria, que era acionada sobre o cladódio para retirada de uma fatia circular e uniforme (amostra). As amostras foram fatiadas, misturadas e pesado 1,0 kg de massa verde que foram secas em estufa de ventilação forçada a 60°C, por 72 h; posteriormente foram determinadas, no Laboratório de Forragicultura e Pastagens da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Campus Itapetinga, as seguintes frações, de acordo com as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2009): matéria seca (MS), nitrogênio total (NT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDN_{CP}), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN).

Seguindo as metodologias de Licitra et al. (1996) e de Fox et al. (2003), fracionaram-se os carboidratos e os componentes nitrogenados obtendo-se as seguintes frações: nitrogênio não proteico (A), proteína verdadeira de degradação enzimática rápida e intermediária (B1 + B2), proteína verdadeira que apresenta degradação enzimática lenta (B3) e proteína indigerível (C), compreendida pelo nitrogênio determinado no resíduo da fibra em detergente ácido (FDA) e multiplicado pelo fator 6,25; o nitrogênio não-proteico, representado pela fração “A”, foi determinado após o tratamento da amostra com ácido tricloroacético a 10% obtido pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel. A fração “B3” foi determinada pela mensuração do teor de proteína bruta (PB) no FDN, subtraído do valor de PB encontrado no FDA [diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA)]; a fração C foi considerada nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA); as frações “B1 + B2” foram obtidas pela diferença entre o nitrogênio total e as frações A, B3 e C.

As frações que compõem os carboidratos totais (CHT) foram estimadas conforme Sniffen et al. (1992) pela fórmula: CHT = 100 - (PB + EE + MM); os carboidratos não-fibrosos (CNF) que correspondem às frações “A + B1”, foram estimados pela fórmula: CNF = 100 - (PB + FDN_{CP} + EE + MM), em que

FDN_{CP} corresponde ao FDN, corrigido o seu conteúdo para cinzas e proteína; a fração “B2” (fibra disponível) foi resultante da diferença entre a FDN_{CP} e a fração de fibra indigestível (“C”); a fração “C”, que representa a fibra indigerível, foi estimada por meio da multiplicação do valor percentual da fração de lignina pelo fator 2,4.

Os resultados foram submetidos à análise de variância considerando-se, como fontes de variação: bloco, espaçamento, adubação e a interação espaçamento e adubação, testados a 5% de probabilidade; a interação foi desdobrada, ou não, de acordo com a significância e as médias comparadas por meio do teste Tukey (P<0,05); as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SAEG da Universidade Federal de Viçosa.

Resultados e Discussão

Os teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibras em detergente ácido (FDA), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA_{MS}), nitrogênio total (NT), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN_{NT}), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA_{NT}), carboidratos não-fibrosos (A + B1_{CHTMS}), proteína verdadeira de degradação enzimática rápida e intermediária (B1 + B2)_{PB}, proteína verdadeira que apresenta degradação enzimática lenta (B3)_{PB}, diferiram (P<0,05) para as adubações independentemente dos espaçamentos de plantio utilizados enquanto os teores de matéria orgânica (MO) e matéria mineral (MM) diferiram (P<0,05) entre os espaçamentos de plantio independentemente das adubações utilizadas; os teores de carboidratos totais (CHT) variaram com as adubações e espaçamentos, de forma independente (Tabela 1).

O teor médio de MS foi de 82,30 g kg⁻¹ (média de 12 tratamentos e três repetições); esses baixos valores podem estar associados ao período de chuva que se prolongou até o final de maio (Figura 1) mantendo as plantas em crescimento ativo, com muito tecido jovem e alto teor de água. O tratamento sem adubação apresentou maior teor de MS (95,00 g kg⁻¹) em relação aos demais; as adubações condicionaram melhor crescimento das plantas e favoreceram o surgimento de cladódios (Tabela 2) em que o número de cladódios foi maior para as plantas que receberam NP e NPK em comparação com as não adubadas; é provável que esses cladódios apresentem menores proporções de tecidos estruturais, parede celular pouco espessa e elevado teor de água resultando em menores teores de MS para os tratamentos adubados, em comparação ao sem adição de adubo.

Valores de MS inferiores aos da presente pesquisa (Tabela 1) foram detectados por Dubeux Júnior et al. (2010) que, ao avaliar o efeito da adubação fosfatada e potássica utilizando vasos em casa de vegetação, encontraram média de teor de 60,90 g kg⁻¹ tendo, como limites mínimo e máximo, os valores de 51,40 e 69,20 g kg⁻¹, respectivamente; também com uso de vasos, Teles et al. (2004) não observaram, ao determinar efeito da adubação e nematocida, diferenças para teor de MS com limites mínimo e máximo de 60,00 e 88,80 g kg⁻¹, respectivamente, e média de 72,90 g kg⁻¹. Vale ressaltar que esses dois autores mantinham as plantas irrigadas e as

Tabela 1. Teores médios (g kg^{-1}) de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), matéria orgânica (MO), material mineral (MM), carboidratos totais (CHT), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA_{MS}), nitrogênio total (NT), proteína verdadeira de degradação enzimática rápida e intermediária ($\text{B1} + \text{B2}_{\text{PB}}$), proteína verdadeira que apresenta degradação enzimática lenta (B3), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA_{NT}), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN_{NT}) e carboidratos não fibrosos ($\text{A} + \text{B1}_{\text{CHTMS}}$) em tecidos de cladódios de palma forrageira cultivada com diferentes espaçamentos e adubações química, aos 620 dias após o plantio

Variáveis	Adubações N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg ha^{-1})				Espaçamento (m)			Média	CV (%)
	000	0P0	NP0	NPK	1,0 x 0,5	2,0 x 0,5	3 x 1 x 0,25		
MS	95,00 A	79,70 B	77,10 B	77,20 B	85,90	81,20	79,90	82,03	9,38
PB	67,80 B	74,00 B	124,40 A	123,50 A	96,30	96,00	100,00	97,40	10,52
FDA	168,80 B	177,90 AB	181,03 A	182,40 A	181,30	173,30	178,20	177,60	5,27
MO	872,50	860,90	874,60	866,80	876,10 A	870,80 AB	859,20 B	868,70	1,80
MM	127,50	139,10	125,40	133,20	123,90 B	129,10 AB	140,80 A	131,30	11,90
CHT	775,40 A	757,50 A	723,30 B	714,70B	751,90A	745,80AB	730,30B	742,40	2,59
(NIDA_{MS})	1,10B	1,30AB	1,40A	1,30AB	1,20	1,30	1,40	1,30	17,18
NT	10,80 B	11,80 B	19,90 A	19,70 A	15,40	15,40	16,00	15,60	10,52
($\text{B1} + \text{B2}_{\text{PB}}$)	734,85C	739,47C	765,73B	792,93A	762,10	760,20	752,40	758,24	2,10
(B3_{PB})	184,60A	147,10A	106,00 B	95,50 B	134,5	133,10	132,30	133,30	21,47
(NIDA_{NT})	103,00 A	114,40 A	70,10 B	66,60 B	85,50	88,60	91,60	88,50	21,47
(NIDN_{NT})	287,60A	261,50A	176,10B	162,10B	230,70	221,10	213,60	221,80	20,71
($\text{A} + \text{B1}_{\text{CHTMS}}$)	485,40A	455,60AB	436,80B	426,50B	466,10	444,10	443,10	451,10	6,85

Adubação N-P₂O₅-K₂O (kg ha^{-1}): 000-000-000; 000-150-000; 200-150-000 e 200-150-100.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas para adubações ou para espaçamentos, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; médias sem a presença de letras indicam ausência de efeito de tratamento na análise de variância.

CV - coeficiente de variação

Tabela 2. Número médio de cladódios em palma forrageira cultivada com diferentes espaçamentos e adubações química, aos 620 dias após o plantio

Variáveis	Adubações N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg ha^{-1})				CV (%)
	000-000-000	000-150-000	200-150-000	200-150-100	
Número de cladódios porplanta (un)	10,47 C	11,58 BC	12,61 AB	13,89 A	14,37

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

CV - coeficiente de variação

colheram ainda em fase mais jovem; valores maiores foram encontrados por Wanderley et al. (2002), 102,00 g kg^{-1} , Santos et al. (2006), 126,30 g kg^{-1} e Costa et al. (2010) que avaliaram plantas provenientes de micropropagação *in vitro* e detectaram teores de 101,30 a 122,20 g kg^{-1} , após dois anos do plantio.

A média dos teores de PB nos cladódios de palma forrageira foi 97,40 g kg^{-1} (Tabela 1); os teores de PB foram maiores nas plantas que receberam adubação NPK e NP, 123,50 e 124,46 g kg^{-1} , respectivamente, comparados com os das plantas cultivadas com adubação à base de P (74,00 g kg^{-1}) e sem adubação (67,80 g kg^{-1}). Quando se aplicaram NP e NPK, a interação N e P favoreceu, sem dúvida, a absorção de ambos, mesmo porque podem ter transporte via simporte, em que dois íons de sinais contrários, NH_4^+ (fonte de N, sulfato de amônio, N-NH_4^+) e $\text{H}_2\text{PO}_4^{3-}$, são absorvidos juntos; fósforo e nitrogênio interagem de forma sinérgica em que ambos os nutrientes em doses adequadas promovem aumentos na produção vegetal, maiores que aqueles obtidos com aplicações de cada nutriente isoladamente pois, como relatam Araújo & Machado (2006) são importantes nas reações fotossintéticas e no metabolismo do carbono, processos esses fundamentais para a assimilação do nitrogênio. As reações bioquímicas responsáveis pela assimilação de NH_4^+ são energeticamente intensas, consomem cerca de 12 a 18 ATP por nitrogênio inorgânico assimilado em aminoácido, e seus processos determinam o balanço de energia e de carbono de uma planta, tal como sua provisão de N (Epstein & Bloom, 2006). A maior disponibilidade de ATP propiciada pela adubação com fósforo fornece energia para a assimilação de N em aminoácidos e consequente síntese de proteínas, uma vez que o nitrogênio é parte integrante de aminoácidos, proteínas, enzimas, DNA e RNA (purinas e

pirimidinas), clorofila, coenzimas, colina e ácido indolilacético.

O valor médio dos teores de FDA nos cladódios de palma forrageira para as diferentes adubações foi de 177,60 g kg^{-1} ; o tratamento somente com P, com 177,90 g kg^{-1} , apresentou resultado semelhante ao sem adição de adubo, com 168,80 g kg^{-1} ; este foi menor do que 182,40 e 181,30 g kg^{-1} , resultantes dos tratamentos NPK e NP, respectivamente; referidos teores são semelhantes aos encontrados por Donato (2011), cujas médias dos teores de FDA, 170,60 g kg^{-1} , não diferiram entre si para os fatores doses de esterco bovino e espaçamentos testados; enfim, o valor de FDA semelhante foi encontrado por Batista et al. (2003) 176,00 g kg^{-1} .

Os teores de MO nos cladódios expressaram a média geral de 868,70 g kg^{-1} ; no espaçamento 1,00 x 0,50 m, com 876,10 g kg^{-1} , o teor de MO foi maior que 859,20 g kg^{-1} , resultante do arranjo 3,00 x 1,00 x 0,25 m, situação em que, a maior proximidade das plantas na fileira conduz a um autossombreamento, com consequente estiolamento, sendo as plantas mais tenras, com maior teor de água e menos fibras. Valores semelhantes aos teores de MO encontrados foram detectados por Melo et al. (2003) e Araújo et al. (2004), com teores de 857,60 e 886,60 g kg^{-1} , respectivamente; Tosto et al. (2007) encontraram, com o mesmo cultivar, valor inferior, 837,00 g kg^{-1} e Wanderley et al. (2002) obtiveram resultado superior, 934,10 g kg^{-1} .

Os teores de MO e de MM não variaram com a adubação (Tabela 1); infere-se, portanto, que este resultado decorre do conhecido efeito de diluição, ou seja, decréscimo de concentração da composição mineral e orgânica na estrutura da planta, consequência do crescimento vegetativo proporcionado pela adubação utilizada (Tabela 2) associada à precipitação pluvial ocorrida.

O teor de MM em cladódios de palma expressou média geral de 131,30 g kg⁻¹; As plantas submetidas ao arranjo de plantas 3,00 x 1,00 x 0,25 m, com 140,80 g kg⁻¹ de MM, superaram as plantas cultivadas no espaçamento 1,00 x 0,50m, com 123,90 g kg⁻¹; a menor distância entre as plantas na fileira favoreceu o autossombreamento, o estiolamento e ficaram mais tenras, com menor teor de MS; como a MM está expressa em percentagem de MS, justifica o maior teor; os resultados obtidos no presente trabalho para MM na palma 'Gigante' superam os encontrados por Silva et. al. (2007) e Costa et. al. (2010), 88,90 e 93,10 g kg⁻¹, respectivamente, e são inferiores ao de Tosto et al. (2007), com 161,30 g kg⁻¹; já Batista et. al. (2003), Melo et. al. (2003) e Donato (2011) observaram teores médios na mesma cultura, na ordem de 146,00, 142,00 e 141,00 g kg⁻¹ de MM, respectivamente, valores similares aos aqui determinados.

Os teores de CHT nos cladódios de palma forrageira apresentaram média geral de 742,40 g kg⁻¹ os tratamentos com adubação NP e NPK apresentaram menores teores, 714,70 e 723,30 g kg⁻¹, respectivamente, comparados ao uso apenas de P e sem adubação (Tabela 1); as adubações mais completas (NP e NPK) sobretudo pela interação N e P, favorecem o crescimento vegetativo, o surgimento de novos tecidos, mais tenros e com menor teor de carboidratos estruturais, justificando a diferença entre os tratamentos, pela diluição; em adição, o maior número de cladódios (Tabela 2) novos proporcionado pelas adubações NP e NPK representa uma mudança na relação fonte/dreno (Epstein & Bloom, 2006) com incremento do dreno, ou seja, alteração na partição de assimilados, o que justifica a redução do teor de CHT; na combinação 1,00 x 0,50 m, o teor de CHT, 751,90 g kg⁻¹, superou o valor 730,30 g kg⁻¹ resultante do arranjo 3,00 x 1,00 x 0,25 m, fato este justificado pelo arranjo, com maior proximidade entre as plantas, provocando competição por luminosidade, plantas mais estioladas e tenras; valores semelhantes aos do presente trabalho, 730,80 e 734,00 g kg⁻¹, foram obtidos por Melo et al. (2003) e Donato (2011); teores superiores, 879,60 e 854,60 g kg⁻¹ foram encontrados por Wanderley et al. (2002) e Cavalcanti et al. (2008).

O teor de carboidratos não fibrosos em função da MS (A + B1)_{MS} de cladódios de palma (Tabela 1) não variou com o espaçamento; infere-se que os espaçamentos utilizados, mesmo no arranjo em que as plantas estão mais próximas, não limitou a fotossíntese; o teor de carboidratos não fibrosos em função da MS de cladódios de palma, 485,40 g kg⁻¹ no tratamento sem adubação foi maior que os teores, 426,50 e 436,80 g kg⁻¹, decorrentes das adubações com NP e NPK; a interação sinérgica entre N e P nas adubações NP e NPK favorece a absorção de ambos e influencia as reações bioquímicas de assimilação do nitrogênio em aminoácidos e proteínas, processo dependente de ATP que determina o balanço de energia e de carbono de uma planta, bem como sua provisão de N (Epstein & Bloom, 2006); disto resulta maior crescimento vegetativo, incremento no número de cladódios (Tabela 2) e, conseqüentemente, no tamanho do dreno e na translocação, com decréscimo do teor de carboidratos não fibrosos em função da MS(A + B1)_{MS}.

O teor médio de NIDA_{MS} nos cladódios das plantas não adubadas foi 1,10 g kg⁻¹, valor menor que 1,40 g kg⁻¹, correspondente ao uso de NP; os demais tratamentos foram

similares; valores semelhantes aos do presente trabalho foram encontrados por Tosto et al. (2007), 1,20 g kg⁻¹; já Donato (2011) encontrou teor médio de 2,30 g kg⁻¹, sem diferença significativa entre os tratamentos; o nitrogênio total (NT) apresentou média geral de 15,60 g kg⁻¹ nos cladódios de palma (Tabela 1) e os valores 19,70 e 19,90, resultantes dos tratamentos NPK e NP foram maiores que 10,80 e 11,80 g kg⁻¹ provenientes dos tratamentos sem adubação e com adubação fosfatada. Os teores de NT aumentaram com a utilização de formulações contendo este nutriente, como previsto. Com a adição dos adubos contendo N, as concentrações deste nutriente na forrageira se elevaram devido à maior disponibilidade deste elemento no solo propiciando uma absorção maior; adicionalmente, a interação NP aumenta a absorção de ambos e favorece a assimilação de N em compostos aminados. Donato (2011) encontrou teores de 15,20 a 19,20 g NT kg⁻¹, ao variar dosagens de esterco bovino de zero a 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

As médias gerais nos cladódios de palma para proteína de verdadeira degradação enzimática rápida e intermediária (B1 + B2)_{PB} foram 758,24 g kg⁻¹; o maior valor ocorreu para as plantas que receberam adubação com NPK, 792,93 g kg⁻¹, seguidas pelo teor de 765,73 g kg⁻¹ do tratamento com NP; ambos os tratamentos superaram os teores sem adição de adubo e com uso de P, 739,47 e 734,85 g kg⁻¹, respectivamente; tais valores foram maiores que os resultados de Duarte (2008) com 715,00 g kg⁻¹ e Donato (2011) que, trabalhando com adubação orgânica, obteve valores que variaram de 464,00 a 525,00 g kg⁻¹.

Os teores médios de proteína disponível lentamente degradável (B3)_{PB}, 184,60 e 147,10 g kg⁻¹, registrados nos tratamentos sem adubo e com P, foram maiores que os teores 95,50 e 106,00 g kg⁻¹, provenientes dos tratamentos NPK e NP, respectivamente; essas adubações aumentaram o teor de N nos cladódios, o número de cladódios novos (Tabela 2), provavelmente com parede celular pouco espessa, reduziram o teor de NIDA, o teor de proteína disponível lentamente degradável (B3)_{PB} e aumentaram os valores da proteína verdadeira de degradação enzimática rápida e intermediária (B1 + B2)_{PB}. Essas proteínas possuem maior taxa de degradação ruminal em relação à fração B3, com tendência de serem completamente degradadas no rúmen, contribuindo para o bom desenvolvimento dos microorganismos ruminais, ao atender aos requisitos de N.

Os teores de NIDN_{NT} em cladódios de palma apresentaram média geral de 221,80 g kg⁻¹; os valores 162,10 e 176,10 g kg⁻¹, para os tratamentos com NPK e NP foram menores que os teores, 261,50 e 287,60 g kg⁻¹, referentes aos tratamentos com P e sem adubação, nesta ordem; a adição de adubos nitrogenados eleva a disponibilidade de N no solo; por consequência, aumenta o crescimento da planta com surgimento de novos tecidos com menor teor de fibras estruturais (parede celular) fazendo com que o NIDN diminua. Donato (2011) encontrou, testando doses de adubo orgânico de 0,00 a 90,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, teores que variaram de 144,00 a 190,00 g kg⁻¹ sendo que os maiores teores correspondiam às menores doses.

Teor de NIDA_{NT} com 103,00 e 114,40 g kg⁻¹ decorrente dos tratamentos sem adubação e com uso só de P foi maior que os teores 66,60 e 70,10 g kg⁻¹, provenientes dos tratamentos NPK

e NP, respectivamente (Tabela 1); as adubações nitrogenadas aumentaram o teor de N nos cladódios, provocaram maior surgimento de tecidos jovens reduzindo o NIDA aderido à parede celular. Donato (2011) encontrou variação de 117,00 a 153,00 g kg⁻¹; os maiores teores correspondem às menores doses evidenciando uma relação inversa dos teores de NIDA_{NT} ao incremento de N.

Os teores médios de extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDN_{cp}), celulose (CEL), lignina (LIG), carboidrato insolúvel em detergente neutro (CIDN), carboidratos não fibrosos (A + B1), fibra disponível (B2) e fibra indisponível (C), não diferiram (P>0,05) entre os fatores espaçamentos e adubações testados (Tabela 3); a ausência de efeito constatada para essas variáveis é compatível com o baixo teor de fibra característico da palma forrageira, informação corrente na literatura.

O teor de EE não variou com os tratamentos e apresentou média de 28,6 g kg⁻¹; valor que supera os valores 25,00 e 20,60 g kg⁻¹ encontrados por Costa et al. (2010) e Melo et al. (2003) e são inferiores aos resultados de Donato (2011) com teor médio de 47,00 g kg⁻¹.

Os valores médios de FDN e FDN_{cp} nos cladódios de palma forrageira não variaram com os tratamentos e foram 318,80 e 291,60 g kg⁻¹, nesta ordem. Costa et al. (2010) detectaram, em plantas provenientes de micropropagação *in vitro*, teores de FDN e FDA que variaram de 329,40 a 343,60 e 157,80 a 169,20 g kg⁻¹, respectivamente. Magalhães et al. (2004) encontraram teor médio de FDN igual a 350,90 g kg⁻¹, superior aos obtidos no presente trabalho; Albuquerque et al. (2002) e Batista et al. (2003) obtiveram valores de 256,50 e 284,00 g kg⁻¹, pouco inferiores aos deste experimento. Tosto et al. (2007) encontraram teor de FDN_{cp} semelhante, 290,70 g kg⁻¹; teor maior de FDN_{cp} 319,30 g kg⁻¹ foi encontrado por Cavalcanti et al. (2008).

Os teores de celulose e lignina nos cladódios de palma 157,20 e 20,80 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 3) se aproximam dos resultados constatados por Donato (2011), com 145,00 e 29,00 g kg⁻¹, que também não diferiram entre si em função das adubações ou espaçamentos; esses resultados foram inferiores ao determinado por Tosto et al. (2007) com 212,00 e 46,00 g kg⁻¹; os teores encontrados no presente trabalho seriam, sem dúvida, maiores, se a palma fosse colhida aos dois anos pois, apesar da emissão de novos cladódios, a planta estaria mais madura proporcionalmente, com maior teor de carboidratos

estruturais.

Os teores de carboidratos não fibrosos em função dos carboidratos totais (A + B1)_{CHT} apresentaram média de 606,70 g kg⁻¹; teores semelhantes aos do presente trabalho, 605,00 e 617,00 g kg⁻¹ foram encontrados por Donato (2011) e Wanderley et al. (2002), respectivamente; para a fração carboidratos não fibrosos (A + B1), fibra disponível (B2) e fibra indisponível (C) em função dos carboidratos totais, os teores quantificados nos cladódios, 606,70; 325,80 e 67,50 g kg⁻¹, respectivamente, se aproximaram dos resultados de Donato (2011), que também não detectou diferenças em função dos tratamentos, com resultados 605,00; 294,00 e 100,00 g kg⁻¹; contudo, diferiram dos teores determinados por Duarte (2008), 737,00; 39,00 e 227,00 g kg⁻¹.

Os teores médios de hemicelulose (HEM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro em percentagem da matéria seca (NIDN_{MS}), nitrogênio não proteico (A)_{NNP} e produções de matéria seca (MS), foram dependentes das interações (P<0,05) entre as adubações e espaçamentos testados (Tabela 4).

Para os teores de hemicelulose em cladódios de palma cv. Gigante, verificou-se que no espaçamento 1,00 x 0,50 m, as plantas do tratamento NP, com 105,00 g kg⁻¹, apresentaram menor teor que quando adubadas com P, com 169,40 g kg⁻¹; os demais tratamentos não diferiram entre si; para os espaçamentos 2,00 x 0,25 m e 3,00 x 1,00 x 0,25 m não foram observadas diferenças (P>0,05) entre os teores de hemicelulose em função dos diferentes tipos de adubação; pela análise da adubação em função do espaçamento, constatou-se que apenas o tratamento NPK apresentou diferenças; o espaçamento 2,00 x 0,25 m, com teor de hemicelulose de 157,20 g kg⁻¹, conferiu maior valor que o espaçamento 3,0 x 1,0 m x 0,25 m, 104,00 g kg⁻¹; o teor médio geral foi 141,23 g kg⁻¹.

Para as interações do NIDN_{MS}, as plantas cultivadas no espaçamento 1,00 x 0,50 m e adubadas com NPK, com 2,60 g kg⁻¹ de NIDN_{MS}, apresentaram menor teor que com NP, 3,80 g kg⁻¹; para os espaçamentos 2,00 x 0,25 m e 3,00 x 1,00 x 0,25 m não foram registradas diferenças entre os teores de NIDN_{MS} em função dos tipos de adubação; analisando a adubação em função do espaçamento, apenas o tratamento NPK diferiu para NIDN_{MS} nos cladódios de palma; no espaçamento 1,00 x 0,50 m, o teor 2,60 g kg⁻¹ foi menor que o teor nos cladódios das plantas cultivadas no espaçamento 3,0 x 1,0 x 0,25 m, 3,50 g kg⁻¹; o maior número de cladódios (Tabela 2) novos proporcionado pela adubação NPK, provoca uma mudança na relação fonte/dreno (Epstein & Bloom, 2006), com incremento

Tabela 3. Teores médios de extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDN_{cp}), celulose (CEL), lignina (LIG), carboidratos não fibrosos (A + B1), fibra disponível (B2) e fibra indisponível (C), em tecidos de cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química, aos 620 dias após o plantio

Variáveis (g kg ⁻¹)	Espaçamento (m)			Tipos de adubação N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg ha ⁻¹)				Média	CV (%)
	1,0 x 0,5	2,0 x 0,5	3x 1x 0,25	000	0P0	NP0	NPK		
EE	27,80	29,00	28,90	29,40	29,40	26,90	28,60	28,60	20,42
FDN	314,20	329,50	312,80	315,20	330,20	315,20	314,80	318,80	8,30
FDN _{cp}	285,90	301,80	287,20	289,90	301,30	286,50	288,10	291,60	9,02
CEL	163,10	153,30	155,30	150,90	152,40	165,00	160,60	157,20	11,19
LIG	20,80	21,50	20,20	20,10	21,40	21,00	20,80	20,80	16,14
A+B1 _{CHT}	618,50	595,10	606,60	625,80	601,00	603,80	596,30	606,70	5,89
B2 _{CHT}	315,20	335,60	326,80	311,90	331,20	326,50	333,70	325,80	11,76
C _{CHT}	66,30	69,40	66,60	62,20	67,90	69,70	69,90	67,50	14,51

Adubação em (kg ha⁻¹) N-P₂O₅-K₂O: 000-000-000; 000-150-000; 200-150-000 e 200-150-100.

CV - coeficiente de variação

Tabela 4. Teores médios de hemicelulose (HEM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro em percentagem da matéria seca ($NIDN_{MS}$), nitrogênio não proteico (A_{NNP}) e produção de matéria seca (MS) em palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química, aos 620 dias após o plantio

Espaçamento (m)	Tipos de adubação N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg ha ⁻¹)				Média
	000-000-000	000-150-000	200-150-000	200-150-100	
Teores de HEM (g kg ⁻¹)					
1,00 x 0,50	121,40 abA	169,40aA	105,00 bA	135,90 abAB	132,93
2,00 x 0,25	164,00 aA	153,60aA	149,80 aA	157,20 aA	156,15
3,00 x 1,00x0,25	154,10 aA	133,70aA	146,70aA	104,00aB	134,63
Média	146,50	152,23	133,83	132,37	141,23
CV (%)	17,72				
Teores de NIDN _{MS} (g kg ⁻¹)					
1,00 x 0,50	3,10 abA	3,30 abA	3,80 aA	2,60 bB	3,20
2,00 x 0,25	3,20 aA	2,80 aA	3,30 aA	3,30 aAB	2,95
3,00 x 1,00x 0,25	2,90 aA	3,00 aA	3,40 aA	3,50 aA	3,20
Média	3,07	3,03	3,50	3,13	3,20
CV (%)	11,98				
Teores de A _{NNP} (g kg ⁻¹)					
1,00 x 0,50	100,50 cA	118,20 cA	177,70 bA	213,50 aA	152,47
2,00 x 0,25	109,20 bA	118,00 bA	203,00 aA	174,50 aB	151,18
3,00 x 1,00 x0,25	102,40 bA	123,40 bA	204,30 aA	194,00 aAB	156,03
Média	104,03	119,87	195,00	194,00	153,22
CV (%)	9,68				
Produção de matéria seca (Mg ha ⁻¹)					
1,00 x 0,50	13,40 bB	19,38 aA	20,87 aA	22,73 aA	19,10
2,00 x 0,25	18,11 aA	14,87 aA	16,12 aB	18,24 aB	16,83
3,00 x 1,00 x0,25	14,13 aAB	16,05 aA	15,67 aB	15,68 aB	15,38
Média	15,21	16,77	17,55	18,88	17,11
CV (%)	15,36				

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

do dreno, ou seja, alteração na partição de assimilados, com redução do teor de CHT e, conseqüentemente, decréscimo do teor de $NIDN_{MS}$; a diferença entre NPK e NP decorre da ação do K como transportador de carboidratos aumentando a força do dreno; adicionalmente, a provável maior incidência de luz, a qual estão sujeitas as plantas cultivadas no espaçamento 1,00 x 0,50 m, por estarem melhor distribuídas, justifica os resultados; teores mais baixos de carboidratos estruturais na MS resultam em menor espessamento das paredes das células e menor acúmulo de $NIDN_{MS}$; a redução do teor de $NIDN_{MS}$ permite melhor aproveitamento do N pelos animais; entretanto, doses elevadas de adubo também podem reduzir o teor de fibra que já é fator limitante no uso da palma; valores inferiores aos da presente pesquisa foram encontrados por Tosto et al. (2007) e Donato (2011) com teores de 2,00 e 2,80 g kg⁻¹, respectivamente.

Para nitrogênio não proteico (A_{NNP}) no arranjo 1,00 x 0,50 m, a adubação NPK conferiu teores nos cladódios de 213,50 g kg⁻¹, superior aos registrados para plantas adubadas com NP, 177,70 g kg⁻¹; esta média superou 100,50 e 118,20 g kg⁻¹ de A_{NNP} provenientes das plantas não adubadas e adubadas apenas com P, respectivamente, que foram similares entre si; para o espaçamento 2,00 x 0,25 m, o teor de A_{NNP} nas plantas adubadas com NPK, 174,50 g kg⁻¹, não diferiu das adubadas com NP, 203,00 g kg⁻¹ mas superou os teores 109,20 e 118,00 g kg⁻¹ registrados para as plantas não adubadas e adubadas apenas com P, respectivamente; as plantas do espaçamento 3,00 x 1,00 x 0,25 m expressaram comportamento semelhante, o teor nas plantas adubadas com NPK, 194,00 g kg⁻¹ não diferiu da NP, 204,30 g kg⁻¹ e foi maior que 102,40 e 123,40 g kg⁻¹, decorrentes dos tratamentos sem adubo e com P, analisando a adubação em função do espaçamento, percebeu-se que apenas o tratamento NPK apresentou diferença significativa para nitrogênio não proteico (A_{NNP}) nos cladódios de palma;

o espaçamento 1,00 x 0,50 m conferiu, às plantas adubadas com NPK, teor de 213,50 g kg⁻¹ de (A_{NNP}), maior que 174,50 g kg⁻¹, resultante do espaçamento 2,00 x 0,25 m; os demais tipos de adubação não modificaram os teores de nitrogênio não proteico nas plantas, em função do espaçamento.

A produtividade média de MS foi 17,10 Mg ha⁻¹ (Tabela 4); as plantas no espaçamento 1,00 x 0,50 com NPK, NP e P produziram mais MS ($P < 0,05$) que as plantas sem adubação; nos espaçamentos 2,0 x 0,25 m e 3,0 x 1,0 x 0,25 m as produções de matéria seca foram semelhantes para as diferentes adubações; as plantas sem adubação produziram mais matéria seca ($P < 0,05$) no espaçamento 2,0 x 0,25 m, comparado ao 1,0 x 0,5 m; as plantas adubadas com NPK e NP produziram maior quantidade de matéria seca sob espaçamento 1,0 x 0,5 m e quando adubadas apenas com P foram similares nos três espaçamentos; Dubeux Júnior et al. (2006) constataram influência da população de plantas na produtividade, em várias localidades, com MS variando de 6 a 17 Mg ha⁻¹ com 5.000 plantas (2,00 m x 1,00 m) e de 17,8 a 33,7 Mg ha⁻¹ em 40.000 plantas ha⁻¹ (1,00 m x 0,25 m). Alves et al. (2007) obtiveram 5,6 Mg ha⁻¹ de MS, sem efeito de espaçamento, com 5.000 e 10.000 plantas ha⁻¹; avaliando adubações com P e K em palma cv. Clone IPA-20, Dubeux Júnior et al. (2010), constataram efeito de K na produção de massa verde e matéria seca.

Conclusões

Plantas mais uniformemente distribuídas apresentam menores teores de matéria mineral e maiores teores de matéria orgânica e carboidratos.

A adição de adubo NPK e NP promove redução no nitrogênio insolúvel em relação ao nitrogênio total e aumentou o teor de nitrogênio total e de proteína bruta.

A adição de adubação NPK e NP resulta em melhoria na qualidade nutricional da palma forrageira e no espaçamento 1,00 x 0,50 m aumentou a produção de matéria seca, aos 620 dias após o plantio.

Literatura Citada

- Albuquerque, S. S. C. de; Lira, M. de A.; Santos, M. V. F. dos; Dubeux Júnior, J. C. B.; Melo, J. N. de; Farias, I. Utilização de três fontes de nitrogênio associadas à palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill) cv. gigante na suplementação de vacas leiteiras mantidas em pasto diferido. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.3, p.1315-1324, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000600000>>. 13 Abr. 2012.
- Alves, R. N.; Farias, I.; 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. <<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/download/38/219>>. 22 Dez. 20011.
- Araújo, A. M. Interação entre adubação fosfatada e espaçamento no cultivo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) no Estado da Paraíba. Patos: Universidade Federal de Campina Grande, 2009. 67p. Dissertação Mestrado.
- Araújo, A. P.; Machado, C. T. de T. Fósforo. In: Fernandes, M. S. (Ed.) Nutrição mineral de plantas. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2006. p.253-280.
- Araújo, P. R. B.; Ferreira, M. de A.; Brasil, L. H. de A.; Santos, D. C. dos; Lima, R. M. B.; Vêras, A. S. C.; Santos, M. V. F. dos; Bispo, S. V.; Azevedo, M. de. Substituição do milho por palma forrageira em dietas completas para vacas em lactação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.6, p.1850-1857, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000700024>>. 02 Jan. 2012.
- Batista, A. M. V.; Mustafa, A. F.; McAllister, T.; Wang, Y.; Soita, H.; McKinnon, J. Effects of variety on chemical composition, *in situ* nutrient disappearance and *in vitro* gas production of spineless cactus. Journal Science and Food Agriculture. v.83, n.3, p.440-445, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.1393>>. 10 Jan. 2012.
- Cavalcanti, C. V. de A.; Ferreira, M. de A.; Carvalho, M. C.; Vêras, A. S. C.; Silva, F. M. da; Lima, L. E. Palma forrageira enriquecida com ureia em substituição ao feno de capim tifton 85 em rações para vacas da raça holandesa em lactação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.4, p.689-693, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000400015>>. 11 Jan. 2012.
- Costa, M. R. G. F.; Carneiro, M. S. S.; Pereira, E. S. Feitosa, J. V.; Sales, R. O.; Morais Neto, L. B. de; Peixoto, M. J. A. Produção e composição química da palma forrageira micropropagada *in vitro*. Revista Brasileira Saúde Produção Animal, v.11, n.4, p.953-960, 2010. <<http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/1743/1022>>. 28 Abr. 2012.
- Donato, P. E. R. Avaliação bromatológica, morfológica, nutricional e de rendimento em palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011. 134p. Tese Doutorado.
- Duarte, L. S. Determinação das frações protéicas e de carboidratos e estimativa do valor energético e da digestão intestinal da proteína de forrageiras e resíduos gerados no Nordeste Brasileiro. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2008. 78p. Dissertação Mestrado.
- Dubeux Júnior, J. C. B.; Araújo Filho, J. T.; Santos, M. V. F. dos; Lira, M. de A.; Santos, D. C. dos; 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>>. 21 Jan. 2012.
- Dubeux Júnior, 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.) Miller under different N and P fertilization and plant population in northeast Brasil. Journal of Arid Environments, v.67, n.3, p.357-372, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.02.015>>. 21 Dez. 2011.
- Epstein, E.; Bloom, A. Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.
- Espinoza, F. H. R.; Mendoza, J. F. A.; Amador, B. M.; Hernández, L. G.; Lara, R. P.; Osuna, J. de D. D.; Morales, F. A. B.; Larios, L. F. Rendimiento y crecimiento de nopalitos de cultivares de nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes densidades de plantación. Journal Professional Association for Cactus Development, v.10, p.22-35, 2008.
- Fox, D. G.; Tylutki, T. P.; Tedeschi, L. O.; Tylutki, T. P.; van Amburgh, M. E.; Chase, L. E.; Pell, A. N.; Overton, T. R.; Tedeschi, L. O.; Rasmussen C. N.; Durbal, V. M. The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. New York, Ithaca: Cornell University, 2003. 237p.
- Licitra, G.; Hernandez, T. M.; van Soest, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology, v.57, n.4, p.347-358, 1996. <[http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)>. 03 Jan. 2012.
- Magalhães, M. C. dos S.; Vêras, A. S. C.; Ferreira, M. de A.; Carvalho, F. F. R. de; Cecon, P. R.; Melo, J. N. de; Melo, W. S. de; Pereira, J. T. Inclusão de cama de frango em dietas à base de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) para vacas mestiças em lactação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.6, p.1897-1908, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000700029>>. 06 Jan. 2012.
- Melo, A. A. S. de; Ferreira, M. de A.; Vêras, A. S. C.; Lira, M. de A.; Lima, L. E. de; Vilela, M. da S.; Melo, E. O. S. de; Araújo, P. R. B. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. I. Desempenho. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, n.3, p.727-736, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982003000300025>>. 16 Fev. 2012.
- Santos, D. C.; Farias, I.; Lira, M. A. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. Recife: IPA, 2006. 48p. (IPA. Documentos, 30).
- Silva, D. J.; Queiroz, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2009. 235p.

- Silva, R. R.; Ferreira, M. A.; Vêras, A. S. C.; Ramos, A. O.; Melo, A. A. S. de; Guimarães, A. V. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) associada a diferentes volumosos em dietas para vacas da raça Holandesa em lactação. Revista Acta Scientiarum. Animal Sciences, v.29, n.3, p.317-324, 2007. <<http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v29i3.569>>. 20 Dez. 2011.
- Sniffen, C. J.; O'Connor, J. D.; van Soest, P. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. Journal of Animal Science, v.70, n.7, p.3562-3577, 1992. <<http://www.journalofanimalscience.org/content/70/11/3562>>. 20 Dec. 2011.
- Teles, M. M.; Santos, M. V. F.; Dubeux Júnior, J. C. B.; Lira, M. 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. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000800010>>. 14 Dez. 2011.
- Teles, M. M.; Santos, M. V.; 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 Zootenia, v.31, n.1, p.52-60, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000100006>>. 13 Dez. 2011.
- Tosto, M.; Araújo, G.; Oliveira, R.; Bagaldo, A.; Dantas, F.; Menezes, D.; Chagas, E. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.8, n.3, p.239-249, 2007. <<http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/782/522>>. 14 Dez. 2011.
- Wanderley, W. L.; Ferreira, M. de A.; Andrade, D. K. B. de; Vêras, A. S. C.; Lima, L. E. de; Dias, A. M. de A. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.1, p.273-281, 2002. <<http://dx.doi.org.br/10.1590/s1516-35982002000100030>>. 12 Jan. 2012.