

Resumo: Objetivou-se com este trabalho avaliar características estruturais, bromatológicas e produtividade da palma forrageira 'Gigante' cultivada em diferentes espaçamentos de plantio e doses de adubação orgânica, no segundo corte, num Latossolo Vermelho-Amarelo. Os tratamentos foram quatro doses de esterco bovino (0; 30; 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) e três espaçamentos (1,00 x 0,50; 2,00 x 0,25 e 3,00 x 1,00 x 0,25 m) foram dispostos em esquema fatorial 4 x 3, num delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Determinaram-se altura da planta, número, comprimento, largura e índice de área dos cladódios, teor de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente ácido, produção de massa verde e de massa seca. Submeteram-se os dados à análise de variância e posteriormente realizaram-se comparações entre as médias dos diferentes espaçamentos pelo teste de Tukey (P<0,05) e análise de regressão para as doses de esterco e, quando significativas, as interações foram desdobradas. O incremento das doses de esterco bovino até 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ melhoram as características estruturais e o rendimento da palma forrageira 'Gigante', expressos pelo aumento da quantidade de cladódios por planta, altura da planta, índice de área de cladódios, produção de massa verde e de massa seca, independentemente dos espaçamentos utilizados. O incremento das doses de esterco bovino até 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ aumentam os teores de proteína bruta e fibra em detergente ácido e reduz os teores de matéria seca em palma forrageira 'Gigante'.

PALAVRAS-CHAVE: Características estruturais, fertilização natural, qualidade nutricional.

Abstract: The objective of this work was to evaluate structural characteristics, bromatological ones and yield of *Opuntia fícus-indica* 'Gigante' grown under different planting spacing and levels of organic fertilization with cattle manure, in the second cut, on a red-yellow latosol. The treatments, four doses of organic fertilization with cattle manure (0; 30; 60 and 90 Mg ha⁻¹ year⁻¹), three planting spacings (1.00 x 0.50; 2.00 x 3.00 x 1.00 and 0.25 x 0.25 m), were arranged in a 4 x 3 factorial scheme, in a randomized block design, with three replicates. These determined plant height, number, length, width and index of cladodes area, content of dry matter, crude protein, acid detergent fiber, production of fresh mass and dry matter. The data were submitted to analysis of variance, proceeded to comparisons between the averages of the spacing by Tukey's test (P < 0.05) and regression analysis for different levels of manure and, as they were significant, the interactions were unfolded. Increasing doses of cattle manure up to 90 Mg ha⁻¹ year⁻¹ improve the structural traits and yield of *Opuntia fícus-indica* 'Gigante', expressed by increasing the amount of cladodes per plant, plant height, cladodes area index, production of fresh mass and dry matter, regardless of the used spacing. Increasing doses of cattle manure up to 90 Mg ha⁻¹ year⁻¹ increase the levels of crude protein and acid detergent fiber, and decreases the levels of dry matter in *Opuntia fícus-indica* 'Gigante'.

KEYWORDS: Natural fertilization, nutritional quality, structural traits.

¹ Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional - CAR. Praça Rodrigues Lima Nº 230. Bairro- centro. CP. 46.400.000. Caetité – BA. Email: barrosledo@bol.com.br,

²Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi, Caixa Postal 009, Distrito de Ceraíma, CEP 46430-000. Guanambi, BA. Email: sergiodonatoeaf@yahoo.com.br, joaoabelsilva@yahoo.com.br, paulodeteco@yahoo.com.br, padilhajrnc@gmail.com, ⁽³⁾ Universidade Estadual de Montes Claros, Campus Janaúba, Avenida Reinaldo Viana, no 2.630, Bico da Pedra, Caixa Postal 91, CEP 39440-000 Janaúba, MG. Email: virgilio.gomes@unimontes.br
Recebido: 20/06/2016 – 15/08/2016

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro abrange 11,39% do território nacional e corresponde 60% da região Nordeste. O clima é o seu elemento natural de identidade, caracterizado pela baixa quantidade e irregularidade das chuvas, excesso de radiação, temperaturas altas, ventos com velocidade elevada, que constituem fatores de estresse e limitam o desenvolvimento normal de atividades econômicas tradicionais como pecuária e agricultura, o que resulta em grandes custos sociais. Essas condições adversas tornam a produção de forragem sazonal, com abundância na época chuvosa e escassez no período seco. A sustentabilidade desses ecossistemas demanda manejos dos sistemas agrícolas fundamentados no uso de espécies e práticas de cultivo adaptados às suas condições para manutenção da sua resiliência.

A geração de tecnologias capazes de contribuir para o processo de transformação dessa realidade perpassa a exploração de culturas mais apropriadas a suportarem os fatores de estresse abióticos predominantes nessas regiões. Esse fato impulsiona e justifica a realização de pesquisas com objetivo de encontrar alternativas de manejo para viabilizar o desenvolvimento, pois sistemas tradicionais levam à redução na qualidade, resistência e resiliência dos solos do semiárido brasileiro (FIALHO et al., 2013), e requer períodos de repouso longos para retornar suas propriedades.

A palma forrageira 'Gigante' (*Opuntia ficus-indica* Mill) constitui alternativa comprovada para os rebanhos das regiões semiáridas. Os sistemas de cultivo da palma forrageira, como de qualquer cultura, são influenciados pelas condições climáticas, qualidade do solo, tamanho da propriedade, oferta de mão de obra, assistência técnica, possibilidade de mecanização, custos de aquisição de insumos, disponibilidade, níveis e fontes dos adubos, pragas e doenças, cultivo consorciado ou solteiro e espaçamento utilizado, dentre outros. Apesar de bastante plantada em todo o semiárido, sua produtividade ainda é considerada baixa, embora com melhorias nos últimos anos. Atualmente há uma expansão do cultivo da palma forrageira na região semiárida

da Bahia, cuja principal finalidade é a produção de forragem.

A palma forrageira possui mecanismos fisiológicos especiais quanto à absorção, aproveitamento e perda de água. Sob estresses ambientais intensos expressa a sua capacidade adaptativa. Entretanto, nas épocas de maior disponibilidade de água e de nutrientes, sobretudo com adoção de estratégias de manejo de espaçamentos, densidades de plantio e adubações mais adequadas, altera o seu comportamento fisiológico com consequente incremento no crescimento, na produtividade e na qualidade nutricional. Mudanças no espaçamento de plantio da cultura de palma forrageira (CAVALCANTE et al., 2014), na densidade populacional (SILVA, L. et al., 2014), nas doses de adubação orgânica (DONATO et al., 2014a, b), organomineral (PADILHA JÚNIOR et al., 2016) ou química podem interferir no crescimento vegetativo (DONATO et al., 2014a; SILVA et al., 2016b), na extração de nutrientes (SILVA et al., 2016a), no status nutricional da planta (GALIZZI et al., 2004; SILVA et al., 2012), no valor nutricional da forragem (DONATO et al., 2014b; SILVA et al., 2012), na interceptação da luz, no crescimento e na produtividade de massa seca (BLANCO-MACÍAS et al., 2010).

A sustentabilidade da agricultura é dependente de manutenção de níveis adequados ou de incorporação de matéria orgânica ao solo, especialmente no semiárido (FIALHO et al., 2013), o que contribui para aumentar a resiliência no solo. Donato et al. (2014a), verificaram que o incremento de doses de esterco bovino até 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ melhoram a performance das características estruturais e estimam a máxima produção de massa seca em 21,8 Mg ha⁻¹, com aplicação de 71,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino. Contudo, por se tratar de uma cultura perene, há necessidade de avaliação em mais de um ciclo para assegurar a extrapolação dos resultados e a sustentabilidade do cultivo, pois há diferenças entre anos, particularmente com relação aos fatores

climáticos. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar as características estruturais, bromatológicas e a produtividade da palma forrageira 'Gigante' cultivada sob diferentes espaçamentos de plantio e doses de adubação orgânica com esterco bovino, no segundo corte da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O palmal experimental foi implantado em setembro de 2009, com a cultivar 'Gigante' em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, A fraco, textura média, fase Caatinga hipoxerófila, relevo plano a suave ondulado. A área localiza-se no Instituto Federal Baiano, Campus Guanambi, Bahia, à 14°13'30"S; 42°46'53"W, altitude de 525 m, com médias anuais de precipitação de 680 mm e temperatura de 26°C.

O período experimental compreendeu a segunda colheita, efetivada aos 330 dias após a primeira, correspondendo a 930 dias após o plantio, DAP, e sua condução ocorreu entre julho de 2011 e julho de 2012. A precipitação no período experimental foi de 548,27 mm: 289,47 mm no período de outubro a dezembro de 2011 e 258,80 mm e de janeiro a maio de 2012. A implantação e condução do palmal seguiram as recomendações para a cultura conforme descrito e adotado por Silva et al. (2012; 2013) e Donato et al. (2014a,b).

Os tratamentos foram quatro doses de esterco bovino (0; 30; 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) e três espaçamentos: E₁ (1,00 x 0,50 m), E₂ (2,00 x 0,25 m), e E₃ (3,00 x 1,00 x 0,25 m), dispostos em esquema fatorial 4 x 3, num delineamento em blocos casualizados, com três repetições. A densidade de plantio foi de 20.000 plantas ha⁻¹. A área da parcela foi de 64 m² (16 x 4 m), com área útil de 16 m² (8 x 2 m).

A composição química e física do esterco bovino utilizado (DONATO et al., 2014a,b) é: teor de matéria orgânica de 63,73 g kg⁻¹, umidade a 65 °C, 16,72%; macronutrientes: Ca, Mg, K, P, N e S com 1,7; 0,2; 2,5; 4,7; 5,2 e 2,3 g kg⁻¹, nesta ordem, e micronutrientes: B, Cu,

Zn, Mn e Fe com 2,1; 45,2; 200,5; 391,8 e 1.932,4 mg kg⁻¹, respectivamente; pH 7,42 e densidade, 0,38 g cm⁻³. As doses 0, 30, 60 e 90 t ha⁻¹ aportam ao solo, respectivamente, 0-0-0; 130-272-75; 260-544-150 e 390-816-225 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O. A adubação orgânica foi realizada em aplicação única, em cobertura ao lado das fileiras de plantas, no início do período chuvoso. A composição química do solo antes do plantio, pH em água = 5,42; P = 16,33 mg dm⁻³; K = 0,29, Na = 0,04, Ca = 2,02, Mg = 0,90, Al = 0,16, SB = 3,21, CTCe = 3,36 e CTC = 5,05 cmol_cdm⁻³; V = 63,14%; m = 4,86%; Cu = 0,36, Fe = 6,32, Mn = 17,61 e Zn = 1,42 mg dm⁻³, classe textural Franco-argilo-arenosa.

As avaliações foram realizadas aos 930 dias após o plantio (DAP), 330 dias após o primeiro corte. Sortearam-se quatro plantas da parcela útil de cada tratamento para avaliações das características estruturais, com a realização das mensurações em todos os cladódios (DONATO et al., 2014a,b). Tomaram-se as medidas de comprimento (CC), largura (LC) dos cladódios e de altura da planta com o auxílio de uma fita métrica e anotaram-se o número de cladódios. Estimaram-se as áreas dos cladódios (AC) com uso da equação $AC (cm^2) = CC \times LC \times 0,693$ (PINTO et al., 2002), em que: CC, comprimento do cladódio e LC, largura do cladódio em (cm) e 0,693 é fator de correção em função da 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), que considera a área total dos cladódios da planta e a área de solo (m² de área de cladódio m⁻² de solo).

Coletaram-se amostras de tecidos dos cladódios maduros para avaliação de características bromatológica da planta, no total de 50 amostras por parcela experimental, dentro da área útil, de modo a amostrar todas as ordens de cladódios que seriam colhidos; para esse processo utilizou-se uma serra-copo com 5,00 cm de diâmetro e 4,00 cm de profundidade, adaptada a uma furadeira a bateria, que era acionada sobre o cladódio para retirar uma fatia

circular e uniforme da amostra (SILVA et al., 2013). Após a coleta, as amostras foram fatiadas, misturadas, e pesados 2,0 kg de massa verde que foi seca em estufa de ventilação forçada a 60 °C, por 72 h. Após secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com peneira com crivos de 1 mm, identificadas, acondicionadas em potes plásticos e analisadas no laboratório da Unimontes, *Campus Janaúba*, Minas Gerais. Nos tecidos dos cladódios determinaram-se teor de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA) e Cinzas (SILVA; QUEIROZ, 2009), expressos em g kg⁻¹.

A colheita foi realizada com faca preservando os três cladódios primários por planta. A área colhida foi de 16 m², correspondente a 32 plantas de cada parcela. Os cladódios foram cortados na articulação entre eles de modo a não danificar os que permaneceram na planta. Todos os cladódios colhidos foram acondicionados em sacos de rafia, identificados e posteriormente conduzidos ao galpão para a pesagem e determinação da produção de massa verde (PMV) (Mg ha⁻¹). A produção de massa seca (PMS) foi calculada em função do teor de matéria seca (MS) do tratamento multiplicado pela produção de massa verde (PMV), obtendo-se, assim, a PMS expressa em (Mg ha⁻¹).

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância. Posteriormente realizaram-se comparações entre as médias dos diferentes espaçamentos pelo teste de Tukey (P<0,05) e análise de regressão para as doses de esterco. Para as variáveis que apresentaram interações significativas,

procederam-se ao desdobramento e análises de regressões dentro de cada espaçamento. Os critérios utilizados para escolha dos modelos de regressão consideraram a adequação aos fenômenos estudados, os valores dos coeficientes de determinação ajustados e a significância dos parâmetros da regressão pelo teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de cladódios por planta (Figura 1A), a altura da planta (Figura 1B) e o índice de área de cladódios (Figura 1E) de palma forrageira 'Gigante' avaliada aos 330 dias após a primeira colheita, 930 DAP, dias após o plantio, diferiram (P<0,05) entre as doses de esterco bovino, independentemente dos espaçamentos de plantio utilizados. A largura (Figura 1C) e o comprimento dos cladódios (Figura 1D) variaram (P<0,05) em função das doses de esterco e espaçamentos.

A quantidade de cladódios por planta variou de forma linear crescente com o incremento das doses (Figura 1A). O modelo estima um aumento de 0,159 unidades de cladódios para cada Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco de bovino adicionado. O aumento do número de cladódios para a maior dose de esterco (90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) em comparação à zero Mg ha⁻¹ ano⁻¹ foi da ordem de 191,77%, com 7,17 para 20,9 cladódios. Donato et al. (2014a), no mesmo palmar, no primeiro ciclo de produção, 600 dias após o plantio, encontraram interação entre espaçamento e dose de esterco para número de cladódios por planta. Esses autores constataram para os tratamentos 0 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino, 16,2 e 36,6 cladódios, respectivamente, correspondente a 75 e 125% mais cladódios, comparados a 7,17 e 20,9 no presente trabalho.

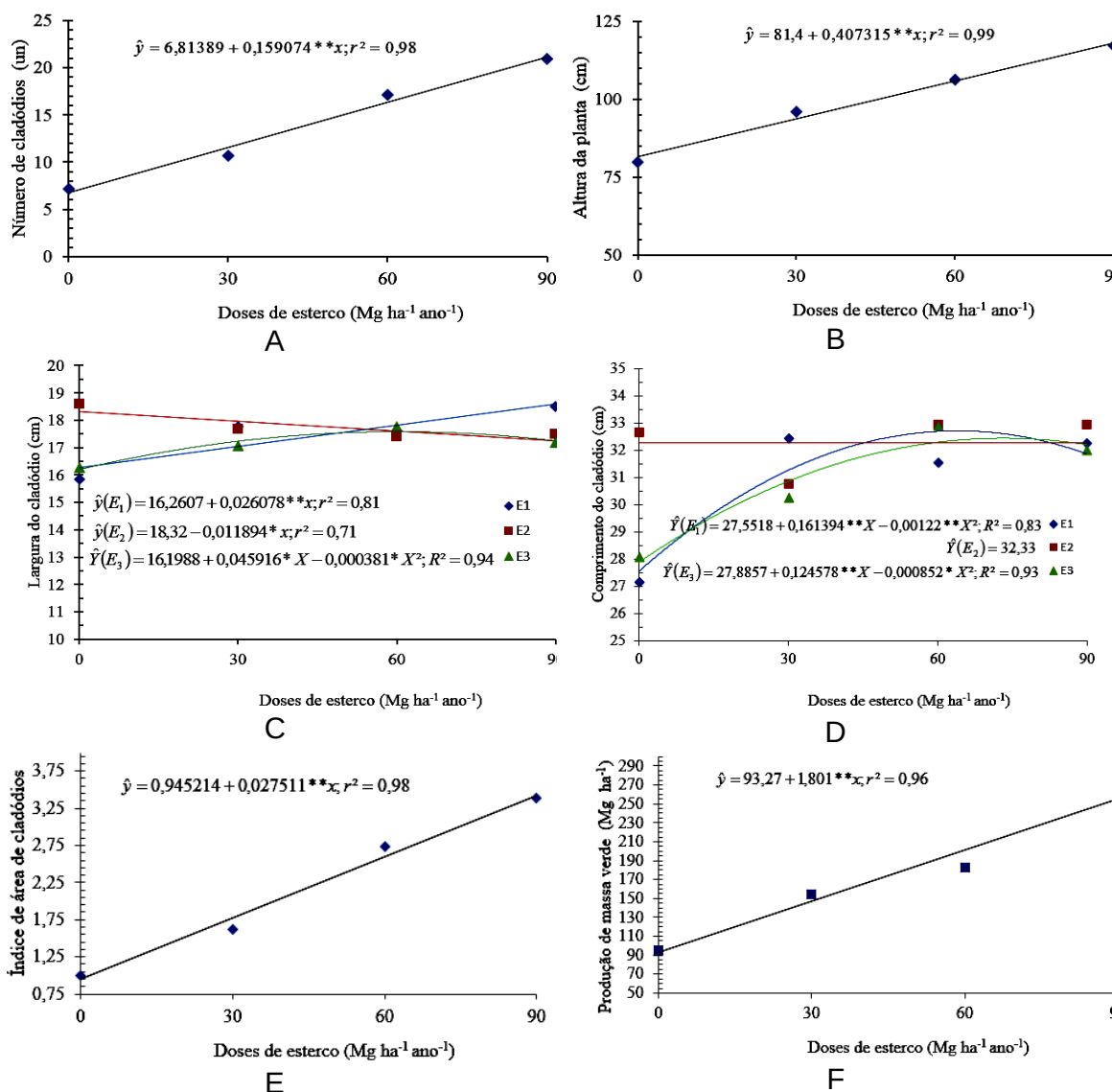


Figura 1. Número médio de cladódios (1A), altura da planta (1B), largura do cladódio (1C), comprimento do cladódio (1D), índice de área de cladódios (1E) e produção de massa verde (1F) de palma forrageira 'Gigante' em função de doses de adubação orgânica com esterco bovino. Guanambi – BA, 2011 – 2012. * significativo à 5%; **significativo à 1%; pelo teste t.

As justificativas para essas diferenças são: maior aporte de nutrientes decorrentes de duas adubações realizadas até a época do primeiro corte, em que a dose 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ fornece ao solo 777-1.632-450 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, o dobro do segundo corte; maior tempo para o crescimento e desenvolvimento das plantas, 600 dias ante 330 dias; maior precipitação, 1.393,26 mm em duas estações de chuva, contra 548,27 mm (DONATO et al., 2014a,b). Ferreira et al. (2003) encontraram 24 cladódios por planta em clones de palma forrageira aos 720 DAP, no espaçamento de 1,00 x 0,50 m, com adubação química e orgânica.

Para a altura da planta de palma forrageira 'Gigante', ajustou-se um modelo de regressão linear crescente ($P < 0,01$) em função das doses de esterco, independentemente do espaçamento (Figura 1B). Para cada Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco adicionado, houve aumento de 0,40 cm na altura da planta. A altura média da planta aumentou 46% entre as doses 0 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, de 76,79 cm para 117,06 cm. Donato et al. (2014a) constataram o mesmo efeito para dose e também efeito independente para espaçamento.

A largura dos cladódios da palma forrageira 'Gigante' variou de maneira linear

crescente ($P<0,05$) em função das doses de esterco, para o espaçamento E_1 (1,00 x 0,50 m); linear decrescente para o espaçamento E_2 (2,00 x 0,25 m), e ajustou um modelo quadrático para o espaçamento E_3 (3,00 x 1,00 x 0,25 m), (Figura 1C). Para o espaçamento E_1 , a largura dos cladódios aumenta 0,02 cm para cada $Mg\ ha\ ano^{-1}$ de esterco, enquanto nos espaçamentos onde as plantas estavam mais próximas na linha de plantio, E_2 , o modelo estima um decréscimo de 0,01 cm para cada $Mg\ ha\ ano^{-1}$ de esterco, e E_3 , estima a máxima largura dos cladódios em 17,58 cm para 60 $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$. Donato et al. (2014a) no primeiro corte do não encontraram efeito para os fatores estudados. A largura média dos cladódios foi 16,3 cm, próximo aos do presente trabalho.

O comprimento médio dos cladódios da palma forrageira 'Gigante' ajustou modelo quadrático ($P<0,05$) para os espaçamentos E_1 (1,00 x 0,50 m) e E_3 (3,00 x 1,00 x 0,25 m), enquanto para o espaçamento E_2 (2,00 x 0,25 m) foi 32,3 cm, sem diferenças ($P>0,05$) entre as doses de esterco (Figura 1D). Para os espaçamentos E_1 e E_3 , os modelos estimam os maiores comprimentos dos cladódios em 32,89 e 32,44 para as doses de 66,12 e 73,12 $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de esterco bovino, respectivamente.

Donato et al. (2014a) na mesma área, no primeiro corte, ajustaram modelo linear em função das diferentes doses de esterco com um incremento estimado de 8% no comprimento do cladódio para a maior dose de esterco. Os valores de comprimento do cladódio concordam com mensurações realizadas por outros autores (TELES et al., 2002; FERREIRA et al., 2003). Apesar de Mondragón-Jacobo e Pérez-González (2001) relatarem que largura e comprimento do cladódio são características genotípicas, pouco influenciadas pelo manejo, no presente trabalho houve efeito de adubação para a largura e interação entre espaçamento e adubação para comprimento dos cladódios.

O índice de área de cladódio (IAC) de palma forrageira 'Gigante' variou de forma linear

crescente ($P<0,05$) em função das doses de esterco (Figura 1E). Para cada $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de esterco, o modelo estima um aumento de 0,027 para IAC. O aumento do IAC para a maior dose de esterco (90 $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) em comparação à dose 0 $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ foi da ordem de 238,00%, 1,00 para 3,38 m^2 de cladódio m^{-2} de solo.

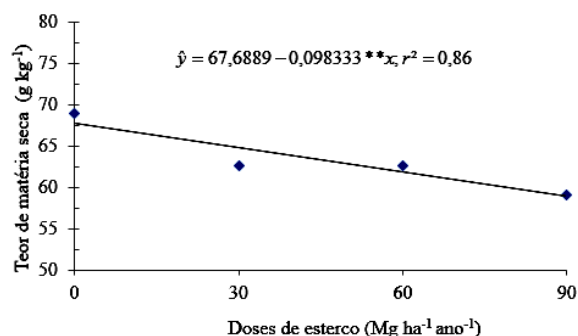
Donato et al. (2014a) encontraram interação entre espaçamento e doses de esterco para índice de área de cladódio IAC em palma forrageira. O maior IAC foi 5,1 registrado sob espaçamento de plantio 1,00 x 0,50 m e dose de 90 $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$. O IAC variou de maneira linear crescente em função das diferentes doses de esterco, para os diferentes espaçamentos de plantio sendo esse incremento maior para o espaçamento 1,00 x 0,50 m comparado aos espaçamentos com menor distância entre plantas na fileira.

A produção de massa verde PMV (Figura 1F) e produção de massa seca (PMS) da palma forrageira 'Gigante' (Figura 2B) diferiram ($P<0,05$) entre as doses de esterco, independentemente dos espaçamentos. O modelo ajustado ($P<0,01$) estima um aumento linear de 1,8 $Mg\ ha^{-1}$ de massa verde para cada $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de esterco bovino (Figura 1F). O aumento de produção de massa verde para a maior dose de esterco (90 $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) em comparação à 0 $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ foi da 180,00%, de 94,83 para 265,60 $Mg\ ha^{-1}$. A produção de massa verde constatada por Donato et al. (2014a) na mesma área, no primeiro corte, variou com espaçamento e doses de esterco de forma independente. O modelo ajustado para a produção de massa verde em função das doses foi quadrático e estima a máxima produção em 229,9 $Mg\ ha^{-1}$, obtida com a dose de 87,4 $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$.

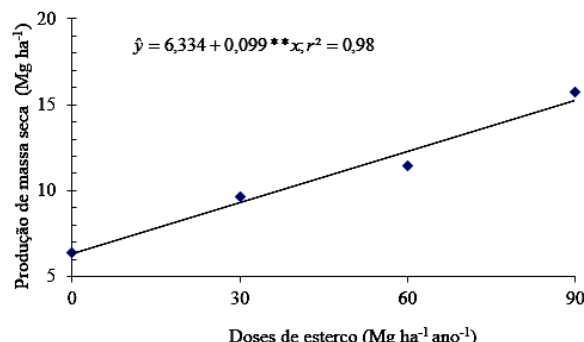
A produção de massa seca da palma forrageira 'Gigante' aumentou de forma linear ($P<0,01$) com o incremento das doses de esterco bovino (Figura 2B). O modelo estima um aumento de 0,099 $Mg\ ha^{-1}$ de massa seca para cada $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de esterco bovino. O aumento de produção de massa seca para a maior dose de

esterco ($90 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) em comparação à dose $0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ foi de 146,00%, de 6,39 para

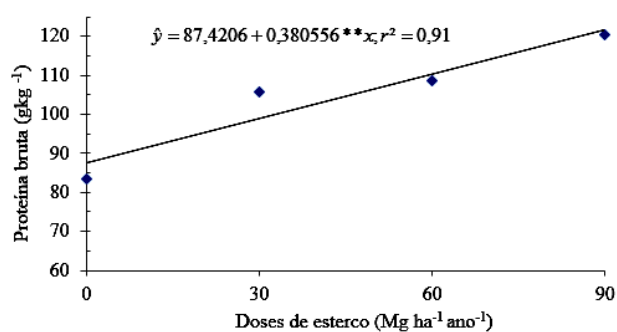
$15,72 \text{ Mg ha}^{-1}$.



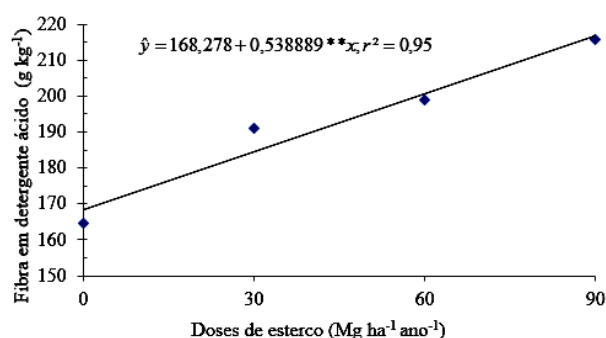
A



B



C



D

Figura 2. Teor de matéria seca (2A), produção de massa seca (2B), teor de proteína bruta (2C) e teor de fibra em detergente ácido (2D) em cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ em função de doses de adubação orgânica com esterco bovino. Guanambi – BA, 2011 – 2012. **significativo à 1%; pelo teste t.

Donato et al. (2014a), no primeiro corte, ajustaram um modelo quadrático para a produção média de massa seca em palma forrageira em função das doses de esterco, independentemente do espaçamento. O modelo ajustado estima a máxima produção de massa seca, $21,8 \text{ Mg ha}^{-1}$, quando se aplica $71,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco. Os autores argumentaram que as elevadas quantidades de nitrogênio provenientes da adubação orgânica, da ordem de 130 a $390 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, provavelmente contribuíram para isso, pois o nitrogênio promove alterações na morfologia das plantas e, em condições de alto suprimento de N, ocorrem maior crescimento e aumento na área foliar (MARSCHNER, 2012), o que pode significar menor teor de matéria seca nos tecidos de cladódios.

Dubeux et al. (2006) obtiveram produção de massa seca média de $23,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ para palma forrageira clone IPA 20, com população de $40.000 \text{ plantas ha}^{-1}$, em quatro localidades no estado de Pernambuco. Os maiores valores de massa seca encontrados pelos autores comparados aos do presente trabalho podem decorrer do clone utilizado, IPA-20, considerado mais produtivo, aliado à maior população utilizada, pois a produção de fitomassa por área aumenta e os incrementos são maiores para densidades de plantio crescentes, como constatado (SILVA et al., 2014). Cortázar et al. (2001) verificaram $19,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ de massa seca aos 450 DAP, com população de $60.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ e adubação com biofertilizante proveniente de guano e atum, na dose de 60 Mg ha^{-1} . Os

autores efetuaram a colheita de todos os cladódios, preservando apenas o cladódio primário.

Esses resultados evidenciam melhorias nas características morfométricas, número de cladódios, altura da planta, índice de área de cladódios e, consequentemente, na produção da palma forrageira. Isso comprova que adubação adequada com esterco bovino constitui estratégia de manejo eficiente para essa forrageira (DONATO et al., 2014a), condizente com a maioria das áreas de palma, cultivo basicamente de agricultura familiar. Contudo, é necessário considerar que para doses elevadas e plantio em grandes áreas, há dificuldade de disponibilidade desse insumo.

A adição de esterco ao solo aporta todos os nutrientes, mas principalmente N e P. A dose máxima de esterco bovino utilizada, 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, fornece 390-816-225 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O. A aplicação do esterco induz uma maior disponibilização no solo e maior absorção desses elementos e seu acúmulo nos cladódios. A adição de esterco ao solo reduz a capacidade de adsorção de P, aumenta o teor de P e N disponível, e proporciona maior mobilidade no perfil do solo, de formas orgânicas solúveis de P e N. Em adição aumenta a micro e macrofauna, melhora as propriedades físicas e, consequentemente, o fluxo difusivo de nutrientes no solo e sua absorção pelas plantas. Essas explicações justificam o incremento do número de cladódios, altura da planta e índice de área de

cladódios, características associadas à formação da colheita, de forma linear com o aumento das doses de esterco observadas no presente trabalho, pois o N é responsável pela vegetação que se reflete no IAC, e o P acelera a formação de raízes e o crescimento das plantas, influenciando nas características fenotípicas expressas pelos genótipos (MARSCHNER, 2012).

O incremento das doses de esterco e os espaçamentos não influenciaram ($P>0,05$) os teores de fibra em detergente neutro (FDN) na palma forrageira 'Gigante' concordando com Donato et al. (2014b). Os teores de FDN em palma forrageira são normalmente baixos comparados ao sorgo, por exemplo, (AGUIAR et al., 2015; WANDERLEY et al., 2002). O teor médio de FDN nos cladódios foi 285,88 g kg⁻¹, próximos dos determinados por Tosto et al. (2007), 290 g kg⁻¹ e Donato et al. (2014b), 293 g kg⁻¹.

Os teores de proteína bruta (PB) e fibras em detergente ácido (FDA) na palma forrageira 'Gigante' (Figura 2C e D), diferiram ($P<0,05$) entre espaçamentos (Tabela 1) e entre as doses de esterco bovino de forma independente. Os Teores de cinzas (Tabela 1) diferiram entre os espaçamentos utilizados ($P<0,05$), independente da dose de esterco, enquanto os teores de matéria seca (MS) (Figura 2A) diferiram ($P < 0,05$) entre as doses.

Tabela 1. Teores de proteína bruta, fibra em detergente ácido e cinzas, em cladódios de palma forrageira 'Gigante', cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica com esterco bovino. Guanambi-BA, 2011-2012.

Espaçamento (m)	Proteína bruta (g kg ⁻¹)	Fibra em detergente ácido	Cinzas
1,00 x 0,50	98,75 B	177,50 B	131,75 B
2,00 x 0,25	102,47 B	206,17 A	142,50 AB
3,00 x 1,00 x 0,25	112,59 A	193,92 AB	150,67 A
CV (%)	7,68	13,71	12,51

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

O teor de proteína bruta na palma forrageira 'Gigante' foi maior no espaçamento (3,00 x 1,00 x 0,25 m), comparado aos espaçamentos (2,00 x 0,25 m), (1,00 x 0,50 m) (Tabela 1). A maior proximidade das plantas naquele arranjo, apesar da ausência de efeito de espaçamento, provavelmente conduz a um autossombreamento e consequente estiolamento, o que favorece a permanência das brotações em estado mais tenro.

O teor de proteína bruta da palma forrageira 'Gigante' variou de forma linear crescente em função das diferentes doses de esterco bovino (Figura 2C). Para cada Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco, o modelo estima um aumento de 0,38 g kg⁻¹ de PB. O aumento do teor de proteína bruta para a maior dose de esterco (90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) em comparação à ausência foi de 44,43%, 83,45 para 120,53 g kg⁻¹ de PB. Donato et al. (2014b), na mesma área, no primeiro corte, também constataram aumento linear do teor de PB em função das doses de esterco bovino, independentemente dos espaçamentos, com valor de 120,31 g kg⁻¹ para a maior dose de esterco, semelhante ao do presente trabalho.

Silva et al. (2013), em palmar do cv. Gigante de primeiro corte, implantado numa área vizinha à do presente trabalho, constataram efeito de adubações químicas, independentemente do espaçamento. Maiores teores de PB ocorreram em 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). Esses teores de PB em plantas adubadas com NP e NPK correspondem aos valores relatados por Donato et al. (2014b) para a dose de 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

A palma forrageira é referida como alimento de baixo teor de proteína bruta, 51,0 g kg⁻¹ (MELO et al., 2003), 48,3 g kg⁻¹ (TOSTO et al., 2007). Valores superiores foram observados por Silva et al. (2013), 120 g kg⁻¹, no presente trabalho e por Donato et al. (2014b). Dubeux et

al (2006) detectaram aumento do teor de PB de 42 g kg⁻¹ para 87 g kg⁻¹ com adubação nitrogenada de 300 kg ha⁻¹.

A aplicação de esterco ao solo aporta muito N e P. Como discutido em Silva et al. (2013), quando se aplicam NP e NPK, a interação N e P favorece a absorção de ambos; P e N interagem de forma sinérgica, ambos os nutrientes em doses adequadas promovem aumentos na produção, maiores que aqueles obtidos com aplicações isoladas, pois são importantes nas reações fotossintéticas e no metabolismo do carbono, fundamentais para a assimilação do N (MARSCHNER, 2012). As reações bioquímicas para assimilação de NH₄⁺ são energeticamente intensas, e seus processos determinam o balanço de energia e de carbono de uma planta, tal como sua provisão de N. A maior disponibilidade de ATP propiciada pela adubação com P fornece energia para a assimilação de N em aminoácidos e consequente síntese proteica, pois o N integra aminoácidos, proteínas, enzimas, DNA e RNA, clorofila, coenzimas, colina e ácido indolilacético.

O teor de fibra em detergente ácido (FDA) da palma forrageira 'Gigante' foi maior no espaçamento 2,00 x 0,25 m (206,17 g kg⁻¹), comparado ao 1,00 x 0,50 m (177,50 g kg⁻¹) (Tabela 2). O teor de FDA da palma forrageira 'Gigante' variou de forma linear (P<0,01) crescente em função das diferentes doses de esterco bovino aplicadas ao solo (Figura 2D). Para cada Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco adicionado, o modelo estima um aumento de 0,54 g kg⁻¹ de FDA. O aumento do teor de FDA para a maior dose de esterco (90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) em comparação à 0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ foi de 31,22%, 164,44 para 215,78 g kg⁻¹.

Os teores de fibra em detergente ácido e em detergente neutro em palma forrageira são baixos comparados aos alimentos como o sorgo, por exemplo, (AGUIAR et al., 2015; WANDERLEY et al., 2002). Os valores de FDA registrados no presente trabalho superaram os reportados por Donato et al. (2014b), cujas

médias dos teores de FDA, 170,60 g kg⁻¹, não diferiram entre si para os fatores doses de esterco e espaçamentos.

O teor de cinzas da palma forrageira 'Gigante' foi maior no espaçamento 3,00 x 1,00 x 0,25 m (150,67 g kg⁻¹), comparado ao espaçamento (1,00 x 0,50 m) (131,75 g kg⁻¹) (Tabela 1). Donato et al. (2014b) encontraram efeito de espaçamento para o teor de cinzas da palma forrageira cv. Gigante, independentemente das doses de esterco bovino adicionadas, com menor teor registrado no espaçamento (1,00 x 0,50 m) (132 g kg⁻¹), enquanto o maior foi observado no espaçamento 2,00 x 0,25 m (149 g kg⁻¹). Melo et al. (2003) e Souza et al. (2010) obtiveram valores médios para teor de cinza de 142,0 g kg⁻¹, da mesma magnitude do presente trabalho e do de Donato et al. (2014b).

O teor de matéria seca (MS) da palma forrageira 'Gigante' decresceu ($P < 0,01$) com o incremento das doses de esterco bovino (Figura 2A). O modelo estima um decréscimo de 0,098 g kg⁻¹ no teor de matéria seca para cada Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco bovino adicionado. O decréscimo do teor de matéria seca para a maior dose de esterco (90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) em comparação à 0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ foi da ordem de 14,27%, de 68,89 para 58,89 g kg⁻¹. Donato et al. (2014b) verificaram interação entre espaçamentos de plantio e doses de esterco bovino aplicadas ao solo para teor de MS avaliado aos 600 DAP, em palma forrageira, no primeiro corte, na mesma área. No espaçamento 3,0 x 1,0 x 0,25 m foi ajustado um modelo quadrático em função das doses, que estima o menor teor de matéria seca em 93,0 g kg⁻¹ para 55,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco, enquanto para os espaçamentos 1,00 x 0,50 m e 2,00 x 0,25 m, não houveram ajustamentos de modelo.

Silva et al. (2013), em palmar do cv. Gigante do primeiro corte, implantado em área vizinha à do presente trabalho, constataram que independentemente do espaçamento, a palma forrageira sem adubação apresentou maior teor de MS (95,00 g kg⁻¹) em comparação à palma

adubada com P, NP e NPK (em média 78,00 g kg⁻¹). Os autores argumentam que as adubações condicionaram melhor crescimento das plantas favorecendo o surgimento de cladódios, pois o número de cladódios foi maior para as plantas que receberam NP e NPK em comparação com as não adubadas e, provavelmente, esses cladódios apresentam menores proporções de tecidos estruturais, parede celular pouco espessa e elevado teor de água, com menores teores de MS.

Os resultados do presente trabalho, de Silva et al. (2013) e de Donato et al. (2014b), obtidos no mesmo local, atestam o decréscimo do teor de matéria seca com a adubação. O teor de matéria seca em tecidos de cladódios de palma forrageira varia de acordo com a idade da planta e dos cladódios. Cladódios mais novos apresentam menores teores de matéria seca e os mais velhos, maiores teores. A adubação orgânica ou química, com grande aporte de nitrogênio e fósforo induz o crescimento da planta promovendo o aparecimento de novos cladódios, o que pode justificar a diminuição do teor de MS, pois as plantas sem aplicação de esterco no presente trabalho e no de Donato et al. (2014b), e sem adubação química (SILVA et al., 2013) expressaram menor crescimento (altura da planta, número de cladódios) e maior teor de MS, quando comparadas às plantas adubadas com doses crescentes de esterco, como no presente trabalho ou com adubações NP e NPK (SILVA et al., 2013).

O menor crescimento da palma forrageira possibilita um maior teor de MS, devido ao efeito de diluição, uma vez que a produção de massa fresca propiciada pelo crescimento em período (precipitação) ou condição favorável (adubação) é bem mais intensa proporcionalmente à produção de massa seca. Plantas de locais secos, como a palma forrageira, possuem camadas de células especializadas com grande volume e órgãos como os cladódios para estocar água, com capacidade de manter um balanço hídrico favorável, que reflete o grau de suculência da espécie.

A produção de massa seca das plantas depende da intensidade das trocas gasosas, mas muito mais do balanço de CO₂ e do padrão específico de alocação de assimilados. A partição de assimilados em plantas que experimentam dificuldade para aquisição de carbono, em função de mecanismos ante estresse, como as plantas CAM, favorece a formação de uma rede de suporte e xilema bem desenvolvido em vez de formação de um lenho bem desenvolvido e maciço, o que culmina com baixo teor de matéria seca. A taxa de assimilação líquida expressa o aumento da matéria seca em relação à área de cladódios. Durante a estação seca, os mecanismos que asseguram a sobrevivência das plantas são acionados em detrimento do trabalho de produção de matéria seca (LARCHER, 2000). Essas plantas excluem o estresse por seca também de forma temporal, por meio da promoção de um crescimento intenso durante o período que possibilita condições favoráveis, a exemplo da estação chuvosa, com maior disponibilidade hídrica e de nutrientes. Nessas condições, a palma forrageira experimenta elevado crescimento da área de cladódios, com grande acúmulo de água, como mecanismo de sobrevivência em preferência à assimilação líquida de CO₂ e acúmulo percentual de matéria seca.

O baixo teor de matéria seca da palma forrageira afeta o consumo deste componente pelos animais, necessitando de um aumento na quantidade fornecida para atender o requerimento de consumo de matéria seca. Aguiar et al (2015) constataram decréscimo de 0,004 kg dia⁻¹ no consumo de matéria seca em relação à porcentagem de peso corporal de novilhas 3/4 holandês-zebu alimentadas com teores crescentes de palma forrageira na dieta (0, 200, 400 e 600 g kg⁻¹).

CONCLUSÃO

O incremento das doses de esterco bovino até 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ melhora as características estruturais e o rendimento da palma forrageira 'Gigante', expressos pelo aumento da quantidade de cladódios por planta, altura da planta, índice

de área de cladódios, produção de massa verde e de matéria seca, teores de proteína bruta e fibra em detergente ácido, e decresce os teores de matéria seca, independentemente dos espaçamentos utilizados.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. D. S. M. A., SILVA, F. F., DONATO, S. L. R., OLIVEIRA RODRIGUES, E. S., COSTA, L. T., MATEUS, R. G., SOUZA, D. R.; SILVA, V. L. Palma forrageira em dietas de novilhas leiteiras confinadas: desempenho e viabilidade econômica. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 1013-1030, 2015.
- BLANCO-MACÍAS, F.; MAGALLANES-QUINTANAR, R.; VALDEZ-CEPEDA, R. D.; VÁZQUEZ-ALVARADO, R.; OLIVARES-SÁENZ, E.; GUTIÉRREZ-ORNELAS, E.; VIDALES-CONTRERAS, J. A.; MURILLO-AMADOR, B. Nutritional reference values for *Opuntia ficus-indica* determined by means of the boundary-line approach. **Journal of Plant Nutrition Soil Science.**, v.173, p.927-934, 2010.
- CAVALCANTE, L. A. D.; DE ARRUDA SANTOS, G. R.; DA SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; DA SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.4, p.424-433, 2014.
- 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 postplantación. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.4, n. 93, p.104, 2001.
- DONATO, P. E. R., PIRES, A. J. V., DONATO, S. L. R., BONOMO, P., SILVA, J. A.; AQUINO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes

- espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 151-158, 2014a.
- DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; AQUINO, A. A. Valor nutritivo da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 163–172, 2014b.
- DUBEUX JR., 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 northeast Brasil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006.
- 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 Zootécnica**, v. 32, n. 6, p. 1560-1568, 2003.
- FIALHO, J. S., AGUIAR, M. I., MAIA, L. S., MAGALHÃES, R. B., ARAUJO, F. C., CAMPANHA, M. M.; OLIVEIRA, T. S. Soil quality, resistance and resilience in traditional agricultural and agroforestry ecosystems in Brasil's semiarid region. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, p. 5020-5031, 2013.
- GALIZZI, F. A.; FELKER, P.; GONZÁLEZ, C.; GARDINER, D. Correlations between soil and cladode nutrient concentrations and fruit yield and quality in cactus pears, *Opuntia ficus-indica* in a traditional farm setting in Argentina. **Journal of Arid Environments**, v.59, p.115–132, 2004. LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 529 p.
- MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Third Edition. London: Elsevier, 2012.
- MELO, A. A. S., FERREIRA, M. A., VÉRAS, A. S. C., LIRA, M. A., LIMA, L. E., VILELA, M. S., MELO, E. O. S.; ARAÚJO, P. R. B. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. I. Desempenho 1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 727-736. 2003.
- MONDRAGÓN-JACOBO, C.; PÉREZ-GONZÁLEZ, S. Germplasm resources and breeding *opuntia* for fodder production. In: MONDRAGÓN-JACOBO, C.; PÉREZ-GONZÁLEZ, S. **Cactus (*Opuntia* spp) as forage**. Romi: FAO, p. 21-28, 2001.
- PADILHA JUNIOR, M. C.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A. S.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E.S. Características morfométricas e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes adubações e configurações de plantio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, p. 67-72, 2016.
- PINTO, M. S. C., MENEZES, R. S. C., SAMPAIO, E. V. S. B., ANDRADE, A. P., PIMENTA FILHO, E. C. P., 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. **Anais...** da Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Recife, 2002.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV. (3a ed), 4ª reimpressão, 2009.
- SILVA, J. A., BONOMO, P., DONATO, S. L. R., PIRES, A. J. V., ROSA, R. C. C.; DONATO, P. E. R. Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, supl., p. 866-875, 2012.
- SILVA, J. A., BONOMO, P., DONATO, S. L. R., PIRES, A. J. V., SILVA, F. F.;

- DONATO, P. E. R. Composição bromatológica de cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações químicas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8 n. 2, p. 342-350, 2013.
- SILVA, J. A.; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. S.; PADILHA JUNIOR, M.C.; SILVA JUNIOR, A. A. E. Extraction/export of nutrients in *Opuntia ficus-indica* under different spacings and chemical fertilizers. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 236-242, 2016a.
- SILVA, J. A.; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. S.; PADILHA JUNIOR, M. C.; SILVA JUNIOR, A. A. E. Yield and vegetative growth of cactus pear at different spacings and under chemical fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 564-569, 2016b.
- SILVA, L. M., FAGUNDES, J. L., VIEGAS, P. A. A., MUNIZ, E. N., RANGEL, J. H., MOREIRA, A. L.; BACKES, A. C. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v. 44 n. 11, p. 2064-2071, 2014.
- SOUZA, C. M. S., MEDEIROS, A. N., FURTADO, D. A., BATISTA, A. M. V., PIMENTA FILHO, E. C.; SILVA, D. S. Desempenho de ovelhas nativas em confinamento recebendo palma-forrageira na dieta na região do semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 5, p. 1146-1153, 2010.
- 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.
- 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.
- WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. DE A.; ANDRADE, D. K. B.; VÉRAS, A. S. C.; LIMA, L. E.; DIAS, A. M. A. Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em Substituição à Silagem de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na Alimentação de Vacas Leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n. 1, p. 273-281, 2002.