



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**FERTILIZAÇÃO NITROGENADA E ORIENTAÇÃO DE
PLANTIO EM PALMA FORRAGEIRA**

JOÃO RICARDO AVELAR LEITE

2014

JOÃO RICARDO AVELAR LEITE

**FERTILIZAÇÃO NITROGENADA E ORIENTAÇÃO DE PLANTIO
EM PALMA FORRAGEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientadora:

Prof^ª. DSc. Eleuza Clarete Junqueira de Sales

**UNIMONTES-MG
MINAS GERAIS – BRASIL
2014**

Leite, João Ricardo Leite.
Fertilização nitrogenada e orientação de plantio em palma
forrageira

[manuscrito] / João Ricardo Avelar Leite. – 2014.
54 p.

Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros-Janaúba,
2014.

Orientadora: D.Sc. Eleuza Clarete Junqueira de Sales.

1. Morfometria. 2. Rendimento forrageiro. 3. Composição bromatológica. 4.
Opuntia ficus-indica. I. Sales, Eleuza Clarete Junqueira de. II. Universidade
Estadual de Montes Claros. III. Título

JOÃO RICARDO AVELAR LEITE

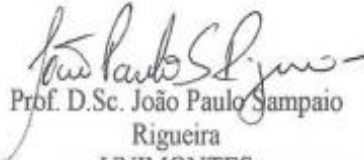
**FERTILIZAÇÃO NITROGENADA E ORIENTAÇÃO DE PLANTIO EM
PALMA FORRAGEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.


APROVADA em 03 de JULHO de 2014.


Prof. D.Sc. Eleuza Clarete Junqueira de
Sales
UNIMONTES
(Orientadora)


Prof. D.Sc. Virgílio Mesquita Gomes
UNIMONTES


Prof. D.Sc. João Paulo Sampaio
Rigueira
UNIMONTES


Prof. D.Sc. Dorismar David Alves
UNIMONTES


D.Sc. Leonardo David Tuffi Santos
UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS

JANAÚBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

AGRADECIMENTOS

Ao senhor meu Deus, que sempre me guia;

À UNIMONTES e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudo;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB), pelo apoio financeiro em projetos de pesquisa e concessão de bolsas;

Ao Pesquisador MSc. Adriano Guimarães da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pela amizade, intenso apoio, dedicação e atenção, mesmo estando longe, em toda execução desse projeto e durante esses cinco anos convivência;

À DSc. Poliana Mara, José Mauro, e aos demais funcionários da EPAMIG, por me receberem tão bem na instituição;

À Professora DSc. Eleuza Clarete Junqueira de Sales, pela amizade, dedicação, conselhos e incentivos por todo período de pós-graduação;

Ao Professor DSc. João Paulo Sampaio Rigueira, pela colaboração e orientação na realização das análises bromatológicas;

Ao Professor DSc. Dorismar David Alves, pela colaboração e apoio nas análises estatísticas;

Ao Professor DSc. Virgílio Mesquita Gomes, pelos ensinamentos e valiosa colaboração nesta dissertação;

Ao Professor DSc. Leonardo David Tuffi Santos, pela colaboração nesta dissertação e por ter aceitado participar desta banca;

Aos Professores do curso de Mestrado em Zootecnia, pela dedicação e ensinamento transmitidos em sala de aula;

Aos meus pais Ricardo e Eliana, e minhas irmãs Rianna, Júlia e Anna Luiza, pelo apoio atenção e incentivos constantes durante todos esses anos;

À minha noiva Fernanda pela intensa demonstração de apoio e, principalmente, companheirismo;

Ao amigo de turma Flávio Pinto Monção (Bichão), pela colaboração, atenção e amizade constante;

Aos colegas de República desse período, Carlos Cesar, Zaqueu, João Pedro, Adélio, Claudio, Lucas e Luiz Fernando, e as meninas das repúblicas adjuntas da vila, Carina e Suzana, pelos momentos bons vividos;

A todos os colegas de turma da Pós-graduação pelos momentos bons compartilhados;

Aos estagiários e companheiros Anselmo, Weudes, Jéssica, Hugo, que foram fundamentais para a realização dessa pesquisa;

Aos amigos do GVM (Grupo Vocacional de Misericórdia), pelos momentos de oração que se tornaram essenciais durante esse período;

A todos que contribuíram diretamente e indiretamente por essa conquista.

Meu muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Caracterizações da palma forrageira.....	3
2.1.1 Origem e difusão.....	3
2.1.2 Características botânicas.....	5
2.1.3 Palma forrageira gigante.....	5
2.2 Palma forrageira no semiárido e características adaptativas.....	7
2.3 Fertilização nitrogenada.....	13
2.4 Orientação de plantio.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5. CONCLUSÕES.....	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

RESUMO

LEITE, João Ricardo Avelar. **Fertilização nitrogenada e orientação de plantio em palma forrageira**. 2014. 54 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.¹

Este estudo objetivou avaliar a produção de palma forrageira submetida à adubação nitrogenada e orientações de plantio. O delineamento utilizado foi o de blocos completos casualizados sob esquema fatorial de 5 x 2 (cinco doses de nitrogênio - 0, 150, 300, 450, 600 kg de N ha⁻¹ e duas orientações de plantio – leste/oeste e norte/sul). As avaliações foram realizadas em amostras coletadas do segundo ano em palmar com cortes anuais. Para os parâmetros morfológicos, foi encontrado efeito de dose de nitrogênio para espessura do broto secundário (P < 0,05), que apresentou efeito quadrático, com maior valor na dose de 300 kg de nitrogênio ha⁻¹ com acréscimo de 67,11% em relação às parcelas não adubadas. Para as variáveis áreas de cladódio e números de cladódios, não foram encontrados efeitos significativos, independente da ordem de cladódio (P > 0,05). Para altura de planta houve efeito (P < 0,05) para doses de 600 kg ha⁻¹ com acréscimo de 22,35% em relação às parcelas não adubadas. Já em relação à produção de MS t ha⁻¹, não houve interação (P > 0,05) em relação doses de nitrogênio x orientações de plantio, com média de 37,19 t de MS ha⁻¹ ano⁻¹. Entretanto, verificou-se que a produção aumentou linearmente com o incremento das doses. Assim, houve aumento de 40 kg ha⁻¹ para cada unidade de N aplicado no palmar. A variação marginal com a aplicação, o N entre a maior e menor dose foi 103,15%. Em relação a composição química observou que o incremento das doses de N não afetou (P>0,05) o teor de proteína bruta. O incremento das doses de nitrogênio até 600 kg ha⁻¹ aplicadas ao solo melhora a produção de biomassa, as características estruturais do dossel e o valor nutritivo da palma forrageira cv. Gigante e as orientações de plantio pouco influenciam o valor nutricional e produção de massa da palma forrageira, sendo recomendada a orientação de plantio Leste/Oeste.

Palavras-chave: Morfometria, Rendimento forrageiro, Composição bromatológica, *Opuntia fícus-indica*.

¹ **Comitê de Orientação:** Profª D.Sc. Eleuza Clarete Junqueira de Sales – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientadora) – Prof. D.Sc. Sidnei Tavares dos Reis – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Co-orientador).

ABSTRACT

LEITE, João Ricardo Avelar. **Nitrogen fertilization and guidance of the planting in forage cactus**. 2014. 54 p. Dissertation (Master's Degree in Animal Science) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brazil.¹

This study aimed to evaluate the production of spineless cactus submitted to nitrogen fertilization and planting guidelines. The design used was a complete block randomized in factorial scheme of 5 x 2 (five doses of nitrogen - 0, 150, 300, 450, 600 kg of n ha⁻¹ and two planting directions - east/west and north/south). The evaluations were performed on samples collected from the second year in palmar with annual cuts. For the morphological parameters, it was found nitrogen dose effect for the thickness of the secondary bud ($P < 0,05$), which showed quadratic effect with higher value at a dose of 300 kg of nitrogen ha⁻¹ with 67,11% increase in relation to others not fertilized. For the variables areas of cladodes and cladodes numbers, there are no significant effects, independent of the cladodes order ($P > 0,05$). For plant height there was no effect ($P < 0,05$) to doses of 600 kg ha⁻¹ with 22,35% increase compared to unfertilized plots. In relation to production of MS t ha⁻¹, there was no interaction ($P > 0,05$) in relation nitrogen levels x planting guidelines, with an average of 37,19 t de MS ha⁻¹ year⁻¹. However, it was verified that the yield increased linearly with the increase of the doses. Thus, there was an increase of 40 kg ha⁻¹ for each unit of N applied in the palmar. The marginal change with the application, the N between the highest and lowest dose was 103,15%. Regarding the chemical composition observed that the increasing of the N doses did not affect ($P > 0,05$) the crude protein content. The increase in nitrogen levels until 600 kg ha⁻¹ applied to the soil improves the production of biomass, the structural characteristics of the canopy and the nutritional value of spineless cactus cv. Giant and the planting guidelines little influence the nutritional value and mass production of the spineless cactus being recommended the guidance of East/West planting.

Keywords: Morphometry, Forage yield, Bromatologic composition, *Opuntia ficus-indica*.

¹ **Guidance committee:** Prof. PhD. Eleuza Clarete Junqueira de Sales – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Adviser), Prof. PhD. Sidnei Tavares dos Reis – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Co-adviser).

1. INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas compreendem em torno de 55% das superfícies do planeta, envolvendo quase um bilhão de pessoas. No Brasil, cerca de 10% do território nacional é de clima semiárido, destes, 89% encontram-se no Nordeste e, 11% no Estado de Minas Gerais (LEITE, 2009). Nessas regiões, o clima é caracterizado por um regime pluviométrico com estações definidas em chuvosa, que tem duração de três a cinco meses e estação seca, que tem duração de sete a nove meses, sendo que essas estações se apresentam com chuvas torrenciais e irregulares e com ocorrências de estiagens prolongadas (NIMER, 1972).

Em períodos de chuvas se encontra oferta de forragem em quantidade e qualidade satisfatórias para a alimentação animal. Nos períodos secos, ou seja, na maior parte do ano, além da escassez de forragens, o que se encontra é um alimento de baixa qualidade nutricional. Com isso, os prejuízos na cadeia pecuária pela desuniformidade na produção de leite e carne provocam grande variação de preço ao longo do ano. Pela constância de ocorrências dos anos secos faz-se necessário um planejamento alimentar que se enquadre como estratégico para esses períodos. O elevado teor de umidade, ao redor de 90%, apresenta-se como reservatório de água aos animais, sendo fundamental para a sobrevivência destes em períodos prolongados de estiagem (SANTOS, 2002).

Métodos incorretos de manejo da palma forrageira são encontrados com frequência no sistema de cultivo tradicional da palma forrageira, como espaçamentos largos e, na maioria das vezes, ausência de adubação, resultando em uma baixa produtividade dessa cultura nas regiões semiáridas. No entanto, a palma forrageira responde à adoção de práticas benéficas em seu cultivo, tecnologias como controle de plantas daninhas, espaçamentos adensado, adubação e utilização de cultivares selecionada devem ser realizados de forma

conjunta, com objetivo de aumentar a produtividade da cultura (DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2002).

Segundo Jarvis (1995), o nitrogênio está entre os elementos minerais de maior importância no crescimento e desenvolvimentos das forrageiras, por permitir maiores incrementos na produção e qualidade dessas forragens, além de estar presente na constituição de proteínas, enzimas, clorofilas, ácidos nucleicos, nucleotídeos e outros compostos importantes no metabolismo celular. Entretanto, o entendimento da utilização do nitrogênio pelas culturas é de suma importância para determinação das doses a serem fornecidas para minimizar o custo de produção.

Neste contexto, objetivou-se avaliar a composição nutricional, os componentes morfométricos e a produção de biomassa da palma forrageira *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. cultivar gigante em quatro doses de nitrogênio e duas orientações de plantio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterizações da palma forrageira

2.1.1 Origem e difusão

Existem várias histórias da introdução da palma forrageira *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. no Brasil. Uma delas, mais conhecida, seria que a cultura foi trazida na época da colonização do México pelos portugueses e introduzida no país, com intuito de hospedar a cochonilha do carmim [*Dactylopius coccus* (Homóptera, Dactylopiidae)], para produção de um corante natural, vermelho “carmim”, utilizados em tecidos. Posteriormente utilizada como planta ornamental, quando por acaso se despertou a curiosidade de cultivá-la em larga escala e utilizá-la como forrageira para animais de produção (SANTOS, 2002).

Para Hoffmann (2001), a palma forrageira é considerada como espécie de múltiplos usos desde o período pré-hispânico, dando amplitude ao seu valor para o México. Esta espécie foi considerada pelo império asteca como de suma importância.

Encontra-se atualmente distribuída em todo o continente americano, desde o Canadá (latitude 59° N) a Argentina (latitude 52° S), do nível do mar aos 5100 m de altitude no Peru. Da Europa, para onde foi levada desde 1520, esta cactácea mexicana se espalhou, a partir do Mediterrâneo, para a África, Ásia e a Oceania (LIRA *et al.*, 2006).

Há relatos que a palma forrageira foi introduzida no Rio de Janeiro pelos portugueses, tendo em vista quebrar o monopólio Espanhol sobre o vermelho carmim produzido no México. No século XIX, foi introduzida em Pernambuco por solicitação do governo do Estado. Inicialmente, o valor forrageiro da palma no Nordeste não foi reconhecido, só despertando interesse como forrageira em Pernambuco e Alagoas em 1902 (LIRA *et al.*, 2006).

A introdução da palma no Nordeste se deve ao sueco Herman Lundgren, em 1877, já há relatos de que a seca de 1930 foi a grande perscrora de sua utilização, e durante a seca de 1932, por uma campanha iniciada pelo Ministério da Viação e Obras Públicas, tendo seu cultivo disseminado do Piauí à Bahia, tratando-se do primeiro trabalho e difusão da cultura (DOMINGUES, 1963).

Assim, após a seca de 1932 foram plantadas com intuito de exibir campos de demonstração. A partir desse episódio a cultura foi expandindo por meio de incentivos advindos dos governos (LEITE, 2006). Enfim, a palma forrageira é cultivada em diversos países com finalidades distintas, sendo utilizada na alimentação humana (brotos e frutos), animal, paisagismo, conservação de solo, produção de corantes e outros produtos agroindustriais.

Santos *et al.* (2010), acreditam que a palma forrageira gigante é a mais utilizada no Nordeste, por ser dotada de mecanismos fisiológicos que a tornam uma das plantas mais adaptadas às condições ecológicas das zonas áridas e semiáridas do mundo.

2.1.2 Características botânicas

A palma forrageira pertence ao reino vegetal; subreino Embriophyta; divisão Spermatophyta; subdivisão Angiospermae; classe Liliatae; família Cactaceae; subfamília Opuntioideae; tribo Opuntiae; gênero *Opuntia* (SILVA, C. C. F; SANTOS, L. C., 2006).

A família cactácea possui por volta de 130 gêneros e 1500 espécies, tendo sido descritas cerca de 300 espécies de cactáceas pertencentes ao gênero *Opuntia*, distribuídas desde o Canadá até a Argentina. Os gêneros que tiveram mais sucesso nos processos de distribuição, dispersão e multiplicação são *Opuntia* e *Nopalea*, isto explica o seu vasto uso dentre os outros gêneros para o plantio e utilização no semiárido (OLIVEIRA, 2010).

As cactáceas geralmente possuem espinhos como mecanismo de defesa e diversas espécies de *Opuntia*, a exemplo, apresentam aréolas que são botões meristemáticos de onde emergem estruturas como espinhos de diversos tamanhos e formas, flores, frutos, novos artículos (segmentos do sistema caulinar articulado) e gloquídeos (minúsculos espinhos decíduos) (SCHEINVAR, 2001).

2.1.3 Palma forrageira gigante

Entre as espécies de palma forrageira, o gigante é a mais comum e tem mostrado maior rusticidade comparada à espécie miúda (SANTOS *et al.*, 2006), especialmente em condições de sequeiro.

O cultivar gigante é também conhecido como palma-graúda, palma-da-índia, palma-grande, palmatória, palma-santa, palma-sem-espinho, palma-azedo, cactus-burbank, figo-da-índia, figueira-da-barbaria, figueira-da-índia, figueira-do-inferno, figueira-moura e tuna-de-castilha (ARAÚJO FILHO, 2000).

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* L. Mill) cv. gigante é caracterizada como uma planta de porte bem desenvolvido, com caule de poucas ramificações, crescimento mais ereto, com cladódios pesando cerca de 1 kg (SILVA, C. C. F; SANTOS, L. C, 2006). Possui características de porte arborescente, com 3-5 metros de altura, coroa larga, 60-150 centímetros de largura da raquete, raquetes ovaladas com 30 a 60 centímetros de comprimento, e 20 a 40 centímetros de largura. Tem coloração verde escura, sendo cobertas de uma camada de cera, as flores tem coloração laranja ou amarela, o pericarpo é de 2 a 2,5 vezes mais comprido do que o perianto, o fruto possui sabor suculento, comestível, com cerca de 5 a 10 centímetros de comprimento e 4 a 8 centímetros de largura, coloração variável indo desde amarela, laranja e vermelha com muita polpa e casca fina. As sementes são ovaladas com 3 a 4 milímetros de diâmetro. As aréolas estão dispostas em 8-9 séries espirais, piriformes, com 2-4,5 mm de comprimento e cerca de 1-3 mm de largura, onde os espinhos são quase ausentes. Os estômatos aparecem uniformemente de ambos os lados da superfície do caule de 15 a 35 por mm². O sistema radicular é composto de raízes carnosas e superficiais, com uma distribuição horizontal, cuja distribuição pode depender do solo e do manejo da cultura. Estas raízes possuem características xeromórficas que garantem a sua sobrevivência por períodos longos de seca. Assim, podem ser observados quatro tipos de raízes na palma forrageira: as estruturais, as absorventes, em esporão e as desenvolvidas de aréolas. Em todos os tipos de solos, as raízes absorventes atingem uma profundidade máxima de 30 cm e uma dispersão de 4 a 8 cm (SCHEINVAR, 2001).

2.2 Palma forrageira no semiárido e características adaptativas

A região nordeste do Brasil possui uma área de 550.000 ha ocupada com a cultura da palma forrageira. Esta região é caracterizada por apresentar alto índice de evaporação anual, superior a 2000 mm e média anual de chuvas inferiores a 750 mm, mal distribuídos por 3 a 5 meses. No período das chuvas a oferta de forragem é satisfatória em qualidade e quantidade, entretanto, na seca, que representa a maior parte do ano, além da escassez de pastagem o seu valor nutricional é baixo, causando problemas na produção de carne e leite, resultando uma fragilidade na economia regional e, por conseguinte, êxodo das populações mais pobres, agravando os problemas socioeconômicos da região (ARAÚJO *et al.*, 2005)

As condições edafoclimáticas do semiárido são caracterizadas por solos rasos, arenosos ou pedregosos, com pouca matéria orgânica, porém, é um solo rico em minerais solúveis e com pH próximo de 7. Nesse espaço geográfico, as explorações agrícolas são concentradas em sistema sequeiro, criações de bovinos, caprinos e ovinos, logo em razão ao clima encontrado, resultam em estiagens constantes, o que implica em frequentes insucessos agrícolas (CHACCHIO, MESQUITA e SANTOS, 2006).

A disponibilidade de água para animais é um grave fator que incide sobre o semiárido brasileiro, logo o rebanho além de mal alimentado, passa por deficiência de água para atender suas necessidades básicas. Diante desse fator, a palma se apresenta como uma boa alternativa para amenizar essa situação, além de ser uma boa fonte de nutrientes, possui raquetes suculentas que auxiliam no suprimento hídrico para esses animais, enfatizando dessa maneira a sua importância como fonte de água e nutriente o que aumenta a sua importância para regiões nas quais o fator água é limitante (LEITE, 2009).

Segundo Araújo (1988), durante a época seca há visível deterioração da vegetação, que ao lado das deficientes práticas de manejo, quer das próprias pastagens, quer dos animais, concorre para baixos índices de natalidade, baixo desempenho dos animais em crescimento, baixa taxa de desfrute, bem como índices elevados de mortalidade.

Nos cultivos tradicionais no semiárido, observa-se desconhecimento de práticas de manejo por parte dos produtores de palma forrageira, o que faz com que a produção por área seja muito aquém do potencial desta cultura. Logo a adoção de práticas de manejo como controle de plantas daninhas, espaçamentos adensados, adubação e utilização de mudas selecionadas, devem ser realizados de forma conjunta, com objetivo de aumentar a produtividade da cultura (DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2002).

Segundo (OLIVEIRA, 2010), há uma forte influência do clima no crescimento e desenvolvimento da palma forrageira, estudos realizados no México demonstraram que existe uma correlação significativa entre as variáveis: temperatura, produção e absorção de nutrientes, concluindo que estes são fatores importantes para um sucesso no aumento de produção.

A portaria 292, de 3 de agosto de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, adota para o cultivo da palma forrageira, em condições de baixo risco climático, os seguintes critérios: temperatura média anual (16,0 a 27,0 °C), temperatura máxima (28,5 a 33,0 °C), temperatura mínima (8,5 a 22,0 °C) e precipitação média anual (360 a 800 mm ano⁻¹).

Para o cultivo da palma forrageira, algumas características climáticas devem ser consideradas e, por isso, sua disseminação por todo o semiárido deve ser vista com cautela. Por exemplo, localidades da caatinga situadas acima de 300 m de altura possuem maior potencial para o cultivo da palma, pois apresentam noites úmidas com temperaturas mais amenas (DUQUE, 2004). A quantidade de chuvas também deve ser levada em consideração, já que

precipitações acima de 400 mm ano⁻¹ favorecem seu crescimento. Algumas regiões do semiárido brasileiro não atendem essas exigências climáticas, sendo, portanto, caracterizadas por baixas precipitações associadas às baixas altitudes e elevadas temperaturas noturnas, que as classifica como áreas limitantes para o desenvolvimento da palma forrageira (FARIAS *et al.*, 2005).

Uma das características que viabilizam a produção animal com o uso da palma forrageira são suas características morfofisiológicas e principalmente pelo mecanismo fotossintético CAM. Por conseguinte, desenvolvem uma eficiência de uso de água (kg água/kg de MS) para mecanismos fotossintéticos C₃, C₄ e CAM de 400-1000; 250-500 e 50, respectivamente, que pode chegar até 11 vezes maior do que plantas de mecanismos C₃ (FISHER e TURNER, 1978).

A palma como boa parte das plantas xerófilas e de ambientes semiáridos a desérticos apresenta o metabolismo ácido crassuláceo, conhecido como mecanismo fotossintético CAM. Estas plantas têm como características marcantes, relacionadas ao processo fotossintético, a ausência de folhas e o aparelho fotossintético localizado no caule (cladódios ou raquetes). O cladódio é dominado por um tipo de célula chamada parênquima, que apresenta coloração esbranquiçada e possui o mais alto conteúdo de líquido. Acima do parênquima e abaixo da epiderme há o clorênquima, com espessura de aproximadamente 0,5 cm, que é esverdeado e contém os cloroplastos onde ocorre a fotossíntese. Na medida em que vai havendo perda de água, o parênquima vai secando, enquanto a hidratação é mantida no colênquima sem prejudicar a função fotossintética (ARRUDA *et al.*, 2005).

Na epiderme estão localizados os estômatos, que são estruturas formadas por duas células estomáticas, as quais delimitam uma fenda chamada botanicamente de “ostíolo” por onde são feitas as trocas gasosas entre as plantas e a atmosfera. Nas palmas os estômatos não são muito numerosos e estão

distribuídos uniformemente sobre ambos os lados da superfície de um cladódio (LEITE, 2009).

Há também um recurso muito importante utilizado pela palma forrageira e está no processo de fechamento dos estômatos durante o período diurno, para evitar a perda excessiva de água, e abertura durante o período da noite. Com esse mecanismo as plantas CAM absorvem o CO₂ durante a noite e os transformam em ácidos orgânicos, quando se decompõe e liberam no dia seguinte o CO₂ que é assimilado pelo ciclo do carbono (TAIZ e ZEIGER, 2009).

As células dos cladódios que entram em contato direto com a atmosfera formam a “epiderme” que é revestida por uma cutícula constituída por substâncias de natureza graxa, relativamente grossa em relação com a existente na maioria das outras plantas (8-20 µm em *O. ficus-indica*). Essa cutícula exerce importantes funções nos processos hídricos e térmicos, controlando a evaporação da água na superfície dos cladódios e refletindo parte da radiação solar, condição essa que resulta numa redução da temperatura do caule. Exerce também proteção contra fungos, esporos e insetos, visto que a química e a estrutura da cutícula é de difícil digestão para pequenos organismos. (SCHEINVAR, 2001)

A cutícula dos cladódios, que recobre as células epidérmicas, tem uma espessura até 50 vezes maior que a da maioria das plantas, sendo praticamente impermeável à entrada e saída de líquidos. Por ser branca, possui um alto poder de refletância, diminuindo consideravelmente a temperatura do cladódio, além de servir como uma importante barreira contra microrganismos. (SCHEINVAR, 2001)

Segundo Sampaio (2005), pode manter sua fotossíntese máxima até 15 dias depois de acabar o suprimento de água do solo e depois manter taxas decrescentes de fotossíntese, com períodos de abertura de estômatos cada vez

menores. Naturalmente, estes períodos dependem da temperatura e da umidade relativa do ar, principalmente à noite.

A luz é um fator que assume grande importância, e no caso da palma forrageira, os arranjos quase perpendiculares dos cladódios em relação ao solo dificultam a interceptação da luz incidente, o que resulta em um crescimento inicial lento, em função da baixa área fotossintética, mas constitui mecanismo de defesa contra o estresse por radiação (NOBEL, 2001).

O semiárido brasileiro possui uma grande incidência de insolação durante o ano, logo a quantidade de energia que chega sobre a superfície terrestre proporciona uma elevada demanda de evapotranspiração, encontrando assim um índice superior à quantidade precipitada de chuva (SILVA, 2007).

Na palma forrageira são encontradas raízes finas (< 1 mm), consideradas principais órgãos nos processos de absorção de água e nutrientes, sendo observada grande variação na sua distribuição no perfil do solo, dependendo do genótipo e da época de amostragem. Há relatos de que a sua extensão é uma característica hereditária, que tem relação com o fator nutricional, potencial produtivo e capacidade de adaptação ao estresse ambiental. Apresenta uma rede de finas raízes próximas da camada superficial do solo 10 - 20 cm, capacitada para aproveitar água de chuvas leves e até o orvalho (OLIVEIRA, 2010).

Segundo Hills (1995), as raízes diferem de outras plantas pelo fato de desenvolverem características xeromórficas que lhes permite sobreviver períodos prolongados de seca. Para evitar a perda de água em solo seco, as raízes finas se cobrem com uma camada relativamente impermeável à água ou, então, as raízes caem, formando uma camada de cicatrização. As raízes podem contribuir para suportar a seca de três maneiras: restringindo a superfície da raiz e reduzindo sua permeabilidade à água, absorvendo rapidamente a pequena quantidade de água fornecida por chuvas leves através de "raízes de chuva" ou

através da redução da superfície da raiz de onde flui a água, reduzindo a transpiração devido ao alto potencial negativo da raiz.

Oliveira (2010) relatou em seu experimento avaliando a espécie *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Gigante, no Estado da Paraíba, que 76% da distribuição radicular da espécie em questão encontravam-se nos primeiros 20 cm de profundidade do solo, independente do espaçamento utilizado, comprovando assim a superficialidade do seu sistema radicular. Já Oliveira (2008), relatou que analisando a mesma espécie aos 120, 240 e 360 dias após o plantio, a densidade do sistema radicular em até 10 cm, correspondeu a 71,34%, 65,96% e 66,96%, respectivamente.

Para Scheinvar (2001), poucos pesquisadores se dedicam a desvendar a taxonomia do gênero *Opuntia*. Devem-se orientar os estudos em razão às suas variedades fenotípicas reguladas por condições climáticas, pela poliploidia que ocorre em grande número de suas populações e pela alta capacidade de hidratação. Espécies do gênero *Opuntia* não suportam umidade elevada e em solos profundos apresentam considerável capacidade de absorver água do solo, assim demonstrando sua grande importância para as regiões semiáridas.

2.3 Fertilização nitrogenada

Devido aos processos pedogênicos dos solos do semiárido, os mesmos apresentam de maneira geral, baixos teores de matéria orgânica e, conseqüentemente, baixa disponibilidade de nitrogênio para as plantas. O nitrogênio participa da composição de diversas moléculas orgânicas no interior das plantas e é um dos controladores dos processos fotossintéticos (SILVA *et al.*, 2010).

Para Albuquerque (2000), a adubação é um dos pontos mais importantes no cultivo da palma forrageira, pois existe um aumento de produção quando se faz a adubação orgânica e/ou mineral, sendo recomendado que a adubação orgânica e mineral seja realizada dentro dos sulcos antes do plantio.

Moura (2011) relatou que para que as plantas consigam atingir a máxima produtividade é essencial à aplicação do nitrogênio, e tem-se observado sua carência em quase todos os solos, principalmente os denominados tropicais, logo, a palma forrageira como qualquer outra planta tem como principal fator para aumento da produtividade de massa verde, o uso de adubações, principalmente em áreas de plantio adensado. A adubação com nitrogênio tem sido fator de bastante interesse, por ser limitante nos solos e pela sua alta disponibilidade, resultando em estudos que possam esclarecer qual a dose necessária para que se consiga maximizar a eficiência do seu uso. Esses estudos são essenciais para que se esclareça a forma racional desse elemento, com o objetivo de aumentar a produtividade das culturas, reduzir os custos de produção e reduzir os riscos de poluição ambiental.

Além disso, deve-se salientar que o nitrogênio é considerado como elemento que tem altos riscos de lixiviação, desnitrificação e volatilização. O manejo considerado ideal para adubação nitrogenada é fornecer a planta na quantidade que permite satisfazer a cultura, com mínimo de risco ambiental, ou

seja, mais exata possível, evitando déficits que comprometem o rendimento da cultura (AMADO *et al.*, 2002).

A adubação pode ser orgânica e/ou mineral. Em caso de se optar pela adubação orgânica, pode ser utilizado estrume bovino e caprino, na quantidade de 10 a 30 t ha⁻¹ na época do plantio, e a cada dois anos, no período próximo ao início da estação chuvosa. O emprego da adubação orgânica associada à adubação química pode propiciar aumentos de mais de 100 % na produção de palma (SANTOS *et al.*, 2002).

Santos (1996) relata que adubação química, na produção de palma forrageira, promoveu um aumento de 29% na produção de matéria seca, em relação à testemunha.

Nobel (2001) estudando combinação de níveis de 0, 40 e 160 kg ha⁻¹ de N e 0, 20 e 80 kg ha⁻¹ de P em palma forrageira no plantio, obteve aumento de 75, 95 e 110 % para o número cladódio, área de superfície e peso de cladódio, quando os níveis de N e P foram os mais altos em relação à testemunha, e os cladódios tiveram aumento linear para os níveis de nitrogênio de 0 e 160 kg ha⁻¹.

2.4 Orientação de plantio

A principal fonte de energia para as plantas é a luz solar, que é utilizada para a síntese de ligações químicas altamente energéticas e compostos de carbono, sendo um fator fundamental ao crescimento e desenvolvimento vegetal, através de processos fotossintéticos (LAWLOR, 2001).

Segundo Leite (2009), o fator orientação de plantio é muito divergente na influência da produção de cladódio, o qual há autores que encontram um incremento na produção de matéria seca das raquetes oriundas da orientação de plantio no sentido norte/sul, ou seja, faces voltadas para o sentido leste-oeste.

Segundo Rodriguez *et al.*, (1975), a posição da muda no plantio pode influenciar na produção do palmar, observando incremento na produção de matéria seca nas raquetes orientadas nos arranjos norte-sul (faces voltadas para leste-oeste), por consequência do aumento da radiação incidida sobre a planta.

Entretanto, Inglese (1995), em latitudes inferiores a 27°, não encontrou diferenças significativas entre as diferentes disposições de plantio. No entanto, sugere que em latitudes superiores pode-se efetuar plantios na orientação leste/oeste devido à menor intensidade luminosa.

Sendo assim, o importante é que as posições de plantio obedçam às curvas de nível do solo para efeito de controle da erosão, ou seja, que as faces dos artículos sejam voltadas para o lado da inclinação do terreno, uma vez que, após algum período de crescimento, as novas brotações irão ocupar diferentes posições, formando uma arquitetura própria, buscando sempre a maior eficiência na interceptação da luz, minimizando desta forma, o efeito da posição inicial de plantio do cladódio (FARIAS *et al.*, 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Gorutuba (FEGR), a qual pertence à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), no município de Nova Porteirinha, no Estado de Minas Gerais. O clima segundo classificação de Köppen é do tipo Aw (clima quente de caatinga), com chuvas de verão e períodos secos bem definidos no inverno (Antunes, 1986) a precipitação pluvial média anual é em torno de 877 mm irregularmente distribuída entre os meses de novembro a abril, com temperatura média anual de 26 °C e máxima de até 40 °C (BRASIL, 1992). Na Figura 1 e 2 são apresentadas as médias pluviométricas dos meses nos quais foram conduzido o experimento.

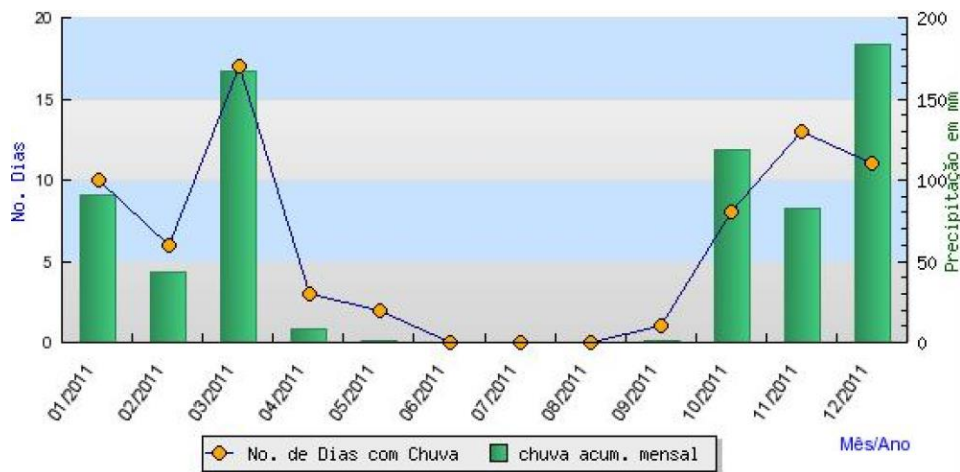


FIGURA 1 - Índices pluviométricos e número de dias com chuva no município de Janaúba – MG, no ano de 2011.

Fonte: INMET (2014)

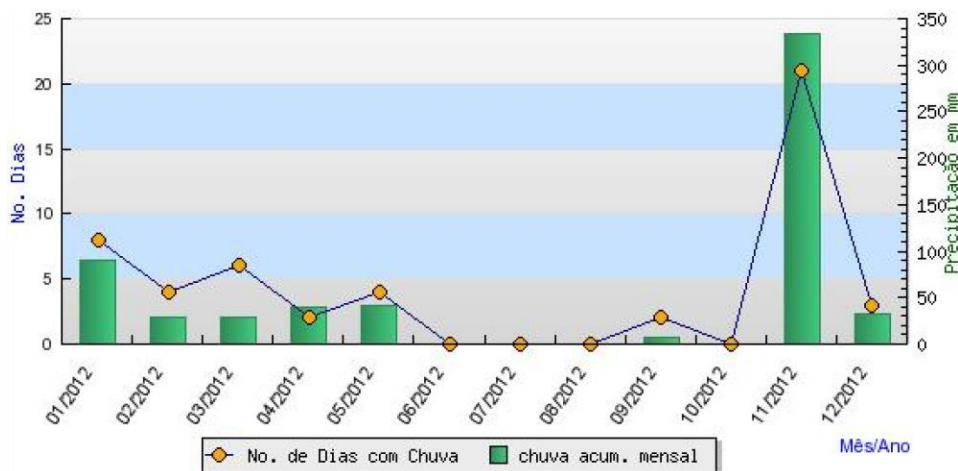


FIGURA 2 - Índices pluviométricos e número de dias com chuva no município de Janaúba – MG, no ano de 2012.

Fonte: INMET (2014)

De acordo com as figuras acima foram registrados índices pluviométricos de 270 mm, no período de dezembro de 2011 a fevereiro de 2012, época essa que foram realizadas o parcelamento das adubações em três aplicações.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico com textura arenosa (EMBRAPA, 2006), com as seguintes características químicas na camada de 0 a 20 cm: pH em H₂O: 6,0; fósforo e potássio (Melich-1) 65,7 e 207 mg/dm³, respectivamente; cálcio, magnésio e alumínio (extrator KCl 1 mol/L), 3,1; 1,6 e 1,6 cmolc/dm³, respectivamente; matéria orgânica, 1,3 dag/kg, saturação por bases, 77 % e CTC, 6,8 cmolc/dm³. Em virtude dessa análise química não foi necessário realizar a correção da acidez e adubação para implantação do palmar.

As mudas da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) cv. gigante foram adquiridas de uma propriedade particular em condições satisfatórias de cultivo, localizada no município de Janaúba, no Estado de Minas

Gerais. Após a coleta, os cladódios foram levados a FERG onde foram armazenados em um galpão, à sombra, para cicatrização da ferida deixada pelo corte por um período de 15 dias.

Utilizou-se um delineamento em blocos completos casualizados em esquema fatorial de 5 x 2 (cinco doses de nitrogênio - 0, 150, 300, 450 e 600 Kg de N ha⁻¹), tendo como fonte a ureia e duas orientações de plantio (leste/oeste e norte/sul), com três repetições.

O palmal foi plantado em agosto de 2010, o plantio foi realizado de forma manual, o espaçamento utilizado foi de 1 m entre linhas e 0,5 m entre plantas e, após o primeiro corte em agosto de 2011, o experimento foi instalado.

Os cladódios foram plantados na posição vertical, com a região do corte voltada para baixo e em profundidade suficiente de enterrio até a metade. Cada parcela foi composta por 4 linhas, estabelecendo-se as duas linhas centrais como área útil, para fins de coleta de dados.

As parcelas foram dimensionadas em 4 x 4 m, resultando numa área de 16 m²/parcela. A área de cada bloco foi de 320 m² e a área total do experimento foi de 960 m². A condução da lavoura foi manual, mantendo-se a área livre de plantas daninhas por meio de capinas e na forma de sequeiro.

Em agosto de 2013, foram avaliadas as seguintes características, após o segundo ano de plantio e segunda colheita, nos cladódios primários, secundários e terciários: comprimento (cm), largura (cm), espessura (mm), área de cladódio (cm²), contagem do número de cladódios totais e altura de planta (cm). Para as medições de comprimento e largura foi utilizada uma régua graduada em cm, para determinação espessura foi utilizado um paquímetro digital, (Figura 3) e para determinação altura de planta foi utilizada uma régua métrica, sendo considerada a medida desde a base do solo até o ápice do último cladódio.



Figura 3 - Posição dos cladódios primário, secundário e terciário na planta (A), largura (B), comprimento (C) e espessura (D).

A área de cladódio (AC) foi determinada segundo a metodologia proposta por Pinto *et al.*, (2002), por meio da seguinte expressão:

$AC = \text{Comprimento} \times \text{Largura} \times 0,632$, expressa em cm^2 , sendo 0,632 o fator de correção em função da forma de eclipse do cladódio.

Para produção de massa verde foi realizado o corte de quatro plantas na área útil de cada parcela, pesadas em balança pendular digital, sendo o valor extrapolado para o número de 20.000 plantas ha^{-1} .

Para a amostragem foram colhidos aleatoriamente 2 kg de cladódios por parcela. As amostras foram picadas e pré-secas em estufa de ventilação forçada com temperatura de 55°C até peso constante. Na sequência, o material pré-seco foi moído em moinho tipo Willey com peneiras de crivo de 1 mm e armazenadas

em potes plásticos devidamente identificados. Os cladódios pré-secos foram então analisados quanto aos teores de matéria seca (MS) utilizando estufa a 105 ° C, proteína bruta (PB) conforme AOAC, (1990) e os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) pelo método sequencial, conforme procedimentos descritos por (DETMANN *et al.*, 2012). Nas análises de FDN, as amostras foram tratadas com alfa-amilase termoestável (MERTENS, 1992).

Os dados foram submetidos à análise estatística com auxílio do software, Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 2000) para avaliação dos resultados, que foram submetidos à análise de variância em nível de 5% de probabilidade e posterior análise de regressão. Foram selecionadas as equações de regressão que apresentaram maior coeficiente de determinação (R^2) e com as estimativas dos parâmetros significativas em nível de 5% de significância pelo teste Student Newman keuls (SNK).

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Não foi observada interação entre as doses de nitrogênio aplicadas e as orientações de plantio para todas as variáveis. Efeito isolado de doses de nitrogênio foi verificado ($P < 0,05$) para a variável espessura de cladódio secundário (ESPCS) com apresentados na TABELA 1.

TABELA 1: Resumo da análise de variância para espessura de cladódio primário (ESPCP), espessura de cladódio secundário (ESPCS) e espessura de cladódios terciário (ESPCT), de palma forrageira plantadas em duas orientações de plantio e doses crescentes de nitrogênio e seus respectivos coeficientes de variação (CV)

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		ESPCP	ESPCS	ESPCT
Dose	4	104,61 ^{ns}	111,76*	42,00 ^{ns}
Orientação de plantio	1	87,59 ^{ns}	8,15 ^{ns}	0,4357 ^{ns}
Dose x Orientação de plantio	4	69,67 ^{ns}	17,08 ^{ns}	4,96 ^{ns}
Bloco	2	25,87 ^{ns}	120,15*	90,24 ^{ns}
Erro	18	55,12	31,05	25,55
Total	29	---	---	---
CV (%)	---	18,74	28,42	35,93

Na tabela 2, é observado um valor médio de 39,61 mm, para a variável ESPCP em relação às outras variáveis, isso se deve ao fato de que, os cladódios primários são mais velhos e são responsáveis pelas funções de sustentação dos demais cladódios flores e frutos, além de transportarem nutrientes e substâncias orgânicas para o abastecimento de toda planta.

As variáveis ESPCP e ESTER apresentaram médias de 39,61 e 14,06 mm, respectivamente, valores similares às encontrados por Ferreira (2003), de 34,9 e 18,0 mm, respectivamente, em experimento utilizando adubação orgânica e química em palmal com dois anos de plantio.

TABELA 2: Valores médios (mm) espessura de cladódio primário (ESPCP), espessura de cladódio secundário (ESPCS), e espessura de cladódios terciário (ESPCT), de palma forrageira plantadas em duas orientações de plantio e doses crescentes de nitrogênio

Orientação de plantio	Doses de nitrogênio					\bar{Y}	ER
	0 kg ha ⁻¹	150 kg ha ⁻¹	300 kg ha ⁻¹	450 kg ha ⁻¹	600 kg ha ⁻¹		
ESPCP (mm)							
Norte/sul	34,67	35,94	29,95	46,03	42,92	37,90	---
Leste/Oeste	36,66	39,33	39,79	40,25	47,05	41,32	---
\bar{Y}	35,66	37,63	36,63	43,14	44,985	39,61	$\hat{Y} = \bar{Y}$
ESPCS (mm)							
Norte/sul	14,72	14,38	27,85	23,51	20,16	20,12	---
Leste/Oeste	15,15	17,75	22,06	22,43	18,00	19,08	---
\bar{Y}	14,93	16,06	24,95	22,97	19,08	19,6	1
ESPCT (mm)							
Norte/sul	10,78	11,30	18,00	17,21	13,22	14,10	---
Leste/Oeste	10,76	13,04	15,72	15,71	14,90	14,03	---
\bar{Y}	10,77	12,17	16,86	16,46	14,06	14,06	$\hat{Y} = \bar{Y}$

^A Letras maiúsculas idênticas na coluna, não diferem entre si pelo teste F em nível de 5% de probabilidade.

\hat{Y} = valor estimado; \bar{Y} = média geral.

ER = Equação de Regressão

$$1: \hat{Y}^2 = 217,7782 + 9,9539 * X^{0,5}; R^2 = 0,42$$

Onde: X = dose de nitrogênio; * significativo em nível de 5% pelo teste t.

Foi observado um comportamento quadrático conforme acréscimo das doses de nitrogênio para a variável ESPCS. Sendo o valor máximo encontrado na dose 300 kg/ha⁻¹ de N com aumento de 67,11% em relação às parcelas não adubadas.

Segundo Amorim (2011), a espessura tem influência direta sobre o volume dos cladódios, fator este que apresentou altos coeficientes de correlação com a produtividade de biomassa pela planta, relatando que o fator espessura pode ser utilizado como preditora dentre outros fatores para seleção de plantas produtivas.

Cunha *et al.* (2012), avaliando níveis crescentes de nitrogênio, relatam que estudos de adubação com palma forrageira só tem efeito em características morfológicas e bromatológicas a partir do terceiro ano de plantio se considerando, cortes com intervalos de dois anos, pelo fato do tempo de estabelecimento e crescimento da palma forrageira ser considerado lento. No presente experimento as coletas foram realizadas no corte do segundo ano de plantio, diante disso pode-se explicar o fato de não encontrar diferenças significativas nos resultados encontrados.

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) para interação entre doses de nitrogênio e OP para as variáveis: área de cladódio primário (ACP), área de cladódio secundário (ACS) e área de cladódio terciário (ACT). Os tratamentos também não influenciaram nos resultados tanto para orientação de plantio quanto para doses de nitrogênio para as variáveis de área de cladódio, independente de sua ordem (TABELA 3).

TABELA 3: Resumo da análise de variância para área de cladódio primário (ACP), área de cladódio secundário (ACS) e área de cladódio terciário (ACT), da palma forrageira cultivadas em duas OP e doses crescentes de nitrogênio e seus respectivos CV

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		ACP	ACS	ACT
Dose	4	18727,56 ^{ns}	10162,16 ^{ns}	3076,15 ^{ns}
Orientação de plantio	1	6900,38 ^{ns}	127,67 ^{ns}	2239,20 ^{ns}
Dose x Orientação de plantio	4	17662,36 ^{ns}	6587,65 ^{ns}	1075,74 ^{ns}
Bloco	2	11950,84 ^{ns}	41302,04*	1653,86 ^{ns}
Erro	18	17689,29	4816,22	3333,20
Total	29	---	---	---
CV (%)	---	36,36	13,93	14,30

*significativo em nível de 5% pelo teste F; ^{ns}não significativo.

O valor médio de cladódios foi de 422,5 cm² (Tabela 4), valor superior ao encontrado por Oliveira Júnior (2009), utilizando o mesmo espaçamento e adubação orgânica, em palmal com 330 dias de plantio, com valor médio de

379,00 cm². Viana (2008) também encontrou valor médio de 307,8 cm² utilizando adubação orgânica e mineral em palmar com 1000 dias pós-plantio.

Essa variável de crescimento vegetativo é uma indicadora do potencial fotossintético da planta, já que o processo fotossintético ocorre nos cladódios que absorve energia solar e o transforma o CO₂ em compostos orgânicos, logo se pode assimilar que plantas que possuem cladódios de maior área, têm um potencial produtivo mais elevado (SAMPAIO, 2005).

TABELA 4: Valores médios da área de cladódio primário (ACP), área de cladódio secundário (ACS) e área de cladódio terciário (ACT) da palma forrageira cultivada em duas orientações de plantio e doses crescentes de nitrogênio

Orientação de plantio	Doses de nitrogênio					\bar{Y}	ER
	0 kg ha ⁻¹	150 kg ha ⁻¹	300 kg ha ⁻¹	450 kg ha ⁻¹	600 kg ha ⁻¹		
ACP							
Norte/sul	347,30	378,54	389,13	362,50	275,15	350,52	---
Leste/Oeste	550,07	294,73	355,82	383,82	319,84	380,86	---
\bar{Y}	448,68	336,63	372,47	373,16	297,49	365,69	$\hat{Y} = \bar{Y}$
ACS							
Norte/sul	455,64	496,63	584,31	538,10	405,82	496,10	---
Leste/Oeste	462,07	492,57	532,83	493,86	519,78	500,22	---
\bar{Y}	458,85	494,60	558,57	515,98	462,80	498,16	$\hat{Y} = \bar{Y}$
ACT							
Norte/sul	402,36	392,77	430,33	387,88	407,97	395,01	---
Leste/Oeste	432,06	368,40	439,35	413,67	361,72	412,29	---
\bar{Y}	417,21	380,58	434,84	400,77	384,84	403,65	$\hat{Y} = \bar{Y}$

*significativo em nível de 5% pelo teste F; ^{ns}não significativo.

ER = Equação de Regressão; \hat{Y} = valor estimado; \bar{Y} = média geral,

Na Tabela 5 são apresentados os resultados das análises de variância do número de cladódios primários (NCP), secundários (NCS) e terciários (NCT), onde não foi encontrada interação ($P > 0,05$) entre orientação de plantio e doses de nitrogênio para número de cladódios primários, secundários e terciários, não

foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$) para os tratamentos isolados.

TABELA 5: Resumo da análise de variância para número de cladódios primários (NCP), número de cladódios secundário (NCS) e número de cladódios terciário (NCT), da palma forrageira cultivada em duas orientações de plantio e doses crescentes de nitrogênio e seus respectivos coeficientes de variação

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
		NCP	NCS	NCT
Dose	4	1,4598 ^{ns}	3,666 ^{ns}	10,4876 ^{ns}
Orientação de plantio	1	3,8521 ^{ns}	5,0020 ^{ns}	2,2687 ^{ns}
Dose x Orientação de plantio	4	1,8110 ^{ns}	1,3307 ^{ns}	4,2010 ^{ns}
Bloco	2	2,7197 ^{ns}	5,8447 ^{ns}	11,5863 ^{ns}
Erro	18	2,0915	4,2806	4,1640
Total	29	---	---	---
CV (%)	---	60,33	22,48	22,58

*significativo em nível de 5% pelo teste F; ^{ns}não significativo.

As médias do número de cladódios primários, secundários e terciários (Tabela 6), foram de 2,39, 9,20 e 9,03, respectivamente, valores estes superiores aos encontrados por Silva *et al.* (2010), trabalhando com clones de palma forrageira, encontraram valores médios de 2,8, 6,8, 2,9, respectivamente, sob adubação orgânica com esterco bovino, em palmal com dois anos e espaçamento de 1,0 x 0,5 m. Estes autores reportam que um maior número de cladódios secundários se explica porque são provenientes dos cladódios primários, e tendem a serem mais expansivos e produtivo pela área de ocupação ser maior que os demais cladódios.

Segundo Amorim (2011), o baixo número de cladódios emergidos dos cladódios matriz, ou seja, cladódios primários podem indicar um mecanismo de prevenção a possíveis competições intraespecíficas entre os cladódios primários, não somente por fatores de crescimento (água, luz e nutrientes), mas também por espaço físico.

TABELA 6: Valores médios do número de cladódios primários (NCP), número de cladódios secundários (NCS) e número de cladódios terciários (NCT), da palma forrageira cultivada em duas orientações de plantio e doses crescentes de nitrogênio.

Orientação de plantio	Doses de nitrogênio					\hat{Y}	ER
	0 kg ha ⁻¹	150 kg ha ⁻¹	300 kg ha ⁻¹	450 kg ha ⁻¹	600 kg ha ⁻¹		
NCP							
Norte/sul	1,75	2,00	2,64	2,00	1,80	2,03	---
Leste/Oeste	2,47	2,25	2,17	4,50	2,39	2,75	---
\bar{Y}	2,11	2,12	2,40	3,25	2,09	2,39	$\hat{Y} = \bar{Y}$
NCS							
Norte/sul	9,00	8,83	8,78	9,25	8,11	8,79	---
Leste/Oeste	10,27	10,83	8,50	10,33	8,11	9,61	---
\bar{Y}	9,63	9,83	8,63	9,79	8,11	9,20	$\hat{Y} = \bar{Y}$
NCT							
Norte/sul	6,91	9,17	7,27	9,67	10,78	8,76	---
Leste/Oeste	6,89	10,08	10,00	10,67	8,91	9,31	---
\bar{Y}	6,90	9,62	8,64	10,17	9,84	9,03	$\hat{Y} = \bar{Y}$

^A Letras maiúsculas idênticas na coluna, não diferem entre si pelo teste F em nível de 5% de probabilidade.

\hat{Y} = valor estimado; \bar{Y} = média geral.

Diversos autores descreveram, ao avaliar o crescimento da palma forrageira, um lento crescimento inicial em relação à evolução do número de cladódios na planta, logo o menor número de cladódios no início leva a uma menor área de cladódio, aumentando essa área a partir da incorporação de novos cladódios e conseqüentemente a área fotossintética ativa da planta (DONATO, 2011).

Variações na quantidade de cladódios podem ser encontradas na literatura quando se testa diferentes espaçamentos, pode-se então encontrar, uma maior ou menor quantidade de brotações, diferença essa pode ser explicada por

concorrência por nutrientes, água e radiação solar. Dubeux Junior *et al.* (2006), constatou em sua pesquisa que houve influencia do espaçamento na produção de cladódios, onde foi observada uma redução em função de um espaçamento onde as plantas se encontravam mais adensada.

Na Tabela 7 podem ser observados os resultados das análises de variância de altura de planta (ALT) e a produção de matéria seca (PMS) em kg/ha^{-1} , onde foi encontrada influencia de doses de nitrogênio para a ALT, sem interferência da OP ($P > 0,05$).

TABELA 7: Resumo da análise de variância para altura de planta (ALT) e produção matéria seca (PMS) da palma forrageira cultivada em duas orientações de plantio (OP) e doses crescentes de nitrogênio e seus respectivos CV

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		ALT	PMS
Dose	4	1527,60*	2336,38*
Orientação de plantio	1	47,7120 ^{ns}	13,18 ^{ns}
Dose x Orientação de plantio	4	289,5599 ^{ns}	172,79 ^{ns}
Bloco	2	74,2145 ^{ns}	51,00 ^{ns}
Erro	18	254,3427	469,07
Total	29	---	---
CV (%)	---	10,37	13,72

Para a altura da planta, observa-se que o crescimento foi de 19,63 e 25,61% em relação às plantas que não receberam adubação, para orientação de plantio norte/sul e leste/oeste, respectivamente, onde as plantas cultivadas com orientação da face do cladódio leste/oeste com média de 155,01 cm encontraram superiores ao sentido norte/sul com média de 152,49 cm, isso pode ter ocorrido em decorrência da maior captação de luz, e possivelmente uma taxa de fotossintética maior, contribuindo pelo maior desenvolvimento da planta (TABELA 8).

TABELA 8. Valores médios da ALT (cm) e produção de matéria seca (t/ ha⁻¹), da palma forrageira cultivada em duas orientações de plantio e doses crescentes de nitrogênio.

Orientação de plantio	Doses de nitrogênio					\hat{Y}	ER
	0 kg ha ⁻¹	150 kg ha ⁻¹	300 kg ha ⁻¹	450 kg ha ⁻¹	600 kg ha ⁻¹		
ALT (cm)							
Norte/sul	134,00	131,33	169,14	167,67	160,31	152,49 ^B	---
Leste/Oeste	130,97	152,67	152,58	174,92	163,92	155,01 ^A	---
\bar{Y}	132,49	142,00	160,86	171,29	162,11	153,75	1
PMS (t ha ⁻¹)							
Norte/sul	27,50	31,44	38,51	44,22	47,61	37,85	---
Leste/Oeste	18,18	34,70	36,34	48,22	45,20	36,53	---
\bar{Y}	22,84	33,07	37,42	46,22	46,40	37,19	2

^{A,B} Letras maiúsculas distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste SNK em nível de 5 % de probabilidade. ER = Equação de Regressão: \hat{Y} = valor estimado; \bar{Y} = média geral 1: $\hat{Y} = 130,9191 + 1,5165*X$; $R^2 = 0,83$;

2 $\hat{Y} = 25,13 + 0,0402*X$

Onde: X = dose de nitrogênio; * significativo em nível de 5% pelo teste t.

Entretanto Sampaio (2005), ressalta que a capacidade fotossintética depende de uma adequada disponibilidade de água e nutrientes, onde a falta causa um efeito inibidor e destaca que cada órgão das plantas de palma possui adaptações de extrema eficiência no aproveitamento da água, principalmente o sistema radicular e os cladódios, onde é localizado o aparelho fotossintético.

A falta de água tem um efeito inibitório no processo fotossintético, porque afeta diretamente, os processos bioquímicos, como o transporte de elétrons, as atividades das enzimas, a regulação da abertura estomática, além de diminuir o transporte de minerais que afetam a fotossínteses (LAMBERS *et al*, 2008).

Observou-se diferença ($P > 0,05$) na ALT de plantas (cm), ajustando ao modelo linear crescente segundo a equação $\hat{Y} = 130,9191 + 1,5165*X$. Observa-se que para cada quilograma de N adicionado, independente da

disposição, houve incremento de 1,51 cm na ALT da planta. A variação marginal observada entre a maior e menor dose de N aplicado sobre a ALT foi de 22,35%.

Silva *et al.* (2010) avaliaram o efeito da adubação orgânica de esterco bovino, em espaçamento de 1,0 x 0,5 m, em palmal com dois anos sobre a ALT da planta verificaram média de 90,1 cm, para a mesma variedade nesta pesquisa. Já Donato (2011), encontrou altura média de 115,8 cm testando espaçamento 1,0 x 0,5 m e adubações orgânicas e relata diferenças somente quando testou espaçamentos diferentes, fato relatado por Silva (2009), onde cita que, a altura de planta varia de acordo com a competição por luz, reduzindo seu alongamento lateral e aumentando o comprimento do cladódio.

Já em relação à produção de MS t ha⁻¹, não houve interação (P > 0,05) em relação doses de nitrogênio x orientações de plantio, com média de 37,19 t de MS ha⁻¹ ano⁻¹, valor este que corrobora ao encontrado por Santos *et al.*, (2000) que avaliaram os efeitos da adubação nitrogenada em palma da espécie *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. cv gigante observaram PMS de 40 t MS ha⁻¹. Entretanto, os resultados observados nesta pesquisa foram abaixo dos encontrados por Santos *et al.*, (2011) que analisaram um palmal com cortes a cada 2 anos verificaram PMS de 55 t de MS ha⁻¹. Essas oscilações podem ser justificadas em função de variações edafoclimáticas, manejo de solo durante o plantio e manutenção do palmal ao longo do ano.

Em relação ao efeito das doses de N, verificou-se que a produção aumentou linearmente com o incremento das doses. Houve aumento de 40 kg ha⁻¹ para cada unidade de N aplicado no palmal. A variação marginal com a aplicação o N entre a maior e menor dose foi 103,15%. Essa variação é um fator importante neste contexto, uma vez que, a mesma é um indicador de retorno econômico. Quanto maior a variação marginal, mais diluído torna os custos adicionais com a aplicação do nutriente que nesse caso em questão é o N. O

incremento da PMS observada nesta pesquisa permite inferir que as plantas apresentavam um enraizamento bem distribuído no solo que possibilitou maior eficiência no momento de absorver o N disponível, visto que a ureia é uma fonte passível de perdas por volatilização, além da lixiviação, o sistema radicular da palma foi capaz de absorver grande parte do nitrogênio, aplicado via adubação, antes que o mesmo seja perdido para o meio ambiente (GONZALEZ, 1989).

Entretanto, a absorção de N pela planta não depende apenas das raízes, mas também da umidade, bactérias fixadoras de N e das características higroscópicas do produto aplicado. A ureia nesse sentido pode apresentar perdas por volatilização na forma de amônia (NH_3) para a atmosfera o que é um dos principais fatores responsáveis pela baixa eficiência da ureia aplicada sobre a superfície do solo (SANGOI *et al.*, 2003). O solo utilizado nessa pesquisa é de textura arenosa, o que pode ter influência no processo de lixiviação, visto que solos argilosos possuem maior capacidade de retenção de nitrogênio, do que solos arenosos. A maior capacidade de armazenamento de água dos solos argilosos reduz a percolação da água pelo perfil e, conseqüentemente, o arraste de nitrato para camadas inferiores do solo, o que não ocorre em solos arenosos (BORTOLINI, 2000). Esse fator também pode ter influenciado com comportamento biológico plausível para as condições experimentais.

Em relação as características nutricionais da palma forrageira estudada, constatou-se interações significativas ($P < 0,05$) entre as doses de N x orientação, para as variáveis FDN e FDA, em função de doses de nitrogênio e orientações de plantio. O contrário foi observado para as variáveis PB e MS, onde não foram observadas interações significativas ($P > 0,05$) e nenhum efeito isolado ($P > 0,05$) para as variáveis analisadas (TABELA 9).

TABELA 9: Resumo da análise de variância para teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB) e matéria seca (MS) da palma forrageira cultivada em duas orientações de plantio e doses crescentes de nitrogênio e seus respectivos CV.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		FDN	FDA	PB	MS (%)
Dose	4	33,3608*	22,3517*	14,2578 ^{ns}	33,53*
Orientação de plantio	1	557,2107*	11,7569 ^{ns}	0,2968 ^{ns}	14,33*
Dose x Orientação de plantio	4	110,0092*	35,9330*	9,2632 ^{ns}	14,15*
Bloco	2	7,0708*	6,2362 ^{ns}	4,7106 ^{ns}	2,28 ^{ns}
Erro	18	3,2467	4,2898	7,8106	16,53
Total	29		---	---	---
CV (%)	---	5,097	12,90	29,91	7,24

*significativo em nível de 5% pelo teste F; ^{ns}não significativo,

Para a variável FDN foram encontradas médias de 39,66 e 31,04% para a orientação de plantio norte/sul e leste/oeste, respectivamente, (Tabela 10); valores estes 29,3, 26,2 e 29% acima dos encontrados por Donato (2011), Wanderley *et al.* (2002) e Tosto *et al.* (2007) independente da orientação de plantio.

Já em relação a variável FDA, foram encontradas médias de 16,68% e 15,43% para orientação de plantio norte/sul e leste/oeste, respectivamente. Esse valor é inferior ao valor encontrado por Donato (2011), de 17,0%; Pessoa *et al.* (2009) de 22,5%, e por Tosto *et al.* (2007) de 25,8% (Tabela 10).

Dubeux Junior *et al.* (2006) concluíram que a fertilização com nitrogênio pode aumentar o teor de proteína da palma forrageira cv. Gigante, e mostraram que o teor de nitrogênio aumentou de 6,7% (palma sem adubação) para 13,9% (com adubação de 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio) e completa que o teor de proteína está diretamente relacionado ao teor de nitrogênio nos cladódios da palma forrageira, e está ligado a disponibilidade de nitrogênio no solo. Os valores encontrados nesse trabalho tiveram média geral de 9,34%. Embora sem apresentar significância, mas com tendência linear crescente para doses crescentes de

nitrogênio, para valores absolutos, pode se inferir que a adubação nitrogenada melhora o estado nutricional da planta com incremento nas taxas fotossintéticas e consequentemente, no valor nutritivo da forragem produzida (DONATO *et al.* 2014).

TABELA 10: Valores médios (%) para teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB) e matéria seca (MS), da palma forrageira cultivada em duas orientações de plantio e doses crescentes de nitrogênio.

Orientação de plantio	Doses de nitrogênio					\bar{Y}	ER
	0 kg ha ⁻¹	150 kg ha ⁻¹	300 kg ha ⁻¹	450 kg ha ⁻¹	600 kg ha ⁻¹		
FDN							
Norte/sul	36,14	37,59 ^A	48,55 ^A	39,29	36,73 ^A	39,66	1
Leste/Oeste	35,34	27,27 ^B	26,05 ^B	36,36	30,18 ^B	31,04	2
\bar{Y}	35,74	32,43	37,30	37,83	33,46	35,35	---
FDA							
Norte/sul	14,28	12,90	17,09 ^A	23,64 ^A	15,67	16,68	3
Leste/Oeste	17,32	15,61	13,50 ^B	15,04 ^B	15,48	15,43	4
\bar{Y}	15,80	14,26	15,30	19,34	15,58	16,06	---
PB							
Norte/sul	9,24	7,86	10,42	10,07	13,13	9,44	---
Leste/Oeste	6,01	8,11	9,00	9,96	9,61	9,24	---
\bar{Y}	7,63	7,99	9,71	10,02	11,37	9,34	$\hat{Y} = \bar{Y}$
MS (%)							
Norte/sul	13,06	12,26	11,85	12,80	12,73	12,54	5
Leste/Oeste	15,04	14,36	10,50	14,75	14,98	13,92	6
\bar{Y}	14,05	13,31	11,17	13,77	13,85	13,23	$\hat{Y} = \bar{Y}$

^{AB} Letras maiúsculas diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste F em nível de 5% de probabilidade.

\hat{Y} = valor estimado; \bar{Y} = média geral.

ER = Equação de Regressão

1; 2; 3; 4: Não foram encontradas equações de regressão com comportamento biológico plausível e com os parâmetros da regressão significativos.

5. $\hat{Y} = 3E-05x^2 - 0,0187x + 15,291$, $R^2=0,47$

6. $\hat{Y} = -8E-05x + 12,564$, $R^2= 0,0016$

Santos (2006), descreve que quando é realizada a adição de nitrogênio ao solo, as respostas são benéficas por acarretam diminuição da fibra, condição essa dentro de uma mesma idade e um mesmo gênero.

O perfil aminoacídico das proteínas é um dos componentes mais exigidos pela microbiota ruminal para síntese de proteína no rúmen. A deficiência deste nutriente (abaixo de 7%) na MS da dieta provoca redução do consumo, em decorrência do não atendimento das exigências mínimas dos microrganismos ruminais como fonte de amônia e energia limitando a degradação da fração fibrosa (VAN SOEST, 1994).

A palma forrageira tradicionalmente é conhecida como uma planta de baixo teor protéico em média com 4,8 % (Tosto *et al.*, 2007) e de 4,6% (SANTOS *et al.*, 2005). Esses valores são bem inferiores aos encontrados no presente trabalho. Com o uso da adubação nitrogenada pode ser possível enriquecer o teor de proteína associado com seu teor de fibra da palma forrageira e amenizar desta maneira o problema alimentar dos rebanhos do semiárido no período seco. Entretanto, dependendo do estágio do animal, a demanda de aminoácidos não é suprida apenas como o volumoso, mesmo adubado, sendo interessante o fornecimento de uma fonte de proteína verdadeira de baixa degradação ruminal como o farelo de algodão.

Em relação ao teor de MS das plantas estudadas, houve interação significativa ($P < 0,05$) entre as doses x orientação de plantio. As médias adequaram ao modelo quadrático e linear de regressão para a orientação Norte/Sul e Leste /Oeste, respectivamente. No sentido Norte/Sul, a dose de N que minimizou o teor de MS foi de 311,66 kg ha⁻¹. Essa oscilação no teor de MS com o incremento das doses é decorrente do efeito de diluição do N aplicado no interior da célula, mudando a relação de conteúdo celular com a parede celular, ou seja, na dose de 311,66 kg de N, a diluição do N da célula foi menor em

relação aos demais tratamentos. Isso é justificável em função de maior lixiviação, volatilização do N, devido a fonte de N e também pode ser relacionada com a distribuição das raízes e suas interações com bactérias fixadoras de N na mesma.

A redução na quantidade de umidade do solo, além do manejo do solo, são um dos fatores que contribuem para o menor desenvolvimento das raízes das plantas, o que é justificável em regiões de clima semiárido. Quando a palma forrageira foi plantada no sentido Leste/Oeste, também denominado de sentido convencional de plantio, observa-se que para cada unidade de N adicionada houve redução de 0,00008% no teor de MS, o que é muito baixo nessas condições. Entretanto, o teor médio de 13,26% encontrados nesta pesquisa corrobora os valores encontrados por Batista *et al.* (2003), de 14,4%; por Melo *et al.* (2002) de 12,6%. Segundo Donato (2011), 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 em relação aos cladódios mais velhos.

Em relação as orientações de plantio, ainda observa-se grandes variações de resposta da planta sobre os parâmetros estudados, o que seria interessante mais pesquisa com esse enfoque, principalmente em condições restrição hídrico prolongada. Em nível prático, provavelmente no primeiro ano de plantio da palma seja mais visível a resposta da planta as orientações. No entanto, alguns fatores podem ser compensado a medida que a planta atinge idade superiores. Nesse sentido, mais pesquisas se fazem necessárias.

CONCLUSÕES

O incremento das doses de nitrogênio até 600 kg ha⁻¹ aplicadas ao solo melhora a produção de biomassa, as características estruturais do dossel e o valor nutritivo da palma forrageira cv. Gigante e as orientações de plantio pouco influenciam o valor nutricional e produção de massa da palma forrageira, sendo recomendada a orientação de plantio Leste/Oeste.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, S. G. de **Cultivo da palma forrageira no sertão do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000. 6 p. Comunicado Técnico, n. 91.

AMADO, T. J. C. *et al.* Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.

AMORIM, P. L. de. **Caracterização morfológica e produtiva em variedades de palma forrageira**. 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2011.

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, jul. 1986.

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

ARAÚJO, A. B. Problemática da alimentação animal no Nordeste. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DOS RUMINANTES, 1., 1988. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, CE: SNPA, 1988. p. 21.

ARAÚJO, L. de F. *et al.* Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: Relação com a umidade ótima para fermentação sólida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 379-384, 2005.

ARRUDA, E. *et al.* Anatomia dos órgãos vegetativos de Cactaceae da caatinga pernambucana. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 589-601, jul./set. 2005.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC. **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington: AOAC, 1990.

BATISTA, A. M. V. *et al.* Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 83, n. 3, v. 83, p.440-445, 2003.

BORTOLINI, C. G. **Eficiência do método de adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho implantado em semeadura direta após aveia preta** 2000. 48 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, DF: Departamento Nacional de Meteorologia, 1992. 84 p.

CHIACCHIO, F. P. B.; MESQUITA, A. S.; SANTOS, J. R. dos. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o semi-árido baiano. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 3, p. 39-49, nov. 2006.

CUNHA, D. N. F. *et al.* Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 4, p. 1156-1165 out./dez. 2012.

DETMANN, E. *et al.* **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 214 p.

DOMINGUES, O. **Origem e introdução da palma forrageira no Nordeste**. Recife: Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais, 1963. 54 p.

DONATO, P. E. R. **Características morfológicas, de rendimento e nutricionais da palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco.** 2011. 135 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

DONATO, P. E. R. *et al.* 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, jan./mar. 2014.

DUBEUX JR., J. C. B. *et al.* Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., under different N and P fertilization and plant population in North-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, London, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. *et al.* Desempenho da palma forrageira CV. IPA-20 (*Opuntia ficus-indica*, Mill.) submetida a diferentes espaçamentos e adubações, no agreste e sertão de Pernambuco. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 2002, Recife-PE. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

DUQUE, G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas.** 4. ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 330 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FARIAS, I.; SANTOS, D. C.; DUBEUX JÚNIOR; J. C. B. Estabelecimento e manejo da palma forrageira. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Eds.) **A palma no Nordeste do Brasil:** conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: UFPE, 2005. p. 81-103.

FERREIRA, C. A. Utilização de técnicas multivariadas na avaliação da divergência genética entre clones de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 32, n. 6, p. 1560-1568, 2003.

FISHER, R. A.; TURNER, N. C. Plant productivity in the arid and semiarid zones. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 29, p. 277-397, 1978.

GONZALEZ, C. L. Potential of fertilization to improve nutritive value of prickly pear cactus (*Opuntia lindheimeri* Engelm.). **Journal of Arid Environments**, London, v. 16, n. 1, p. 87-94, 1989.

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

INGLESE, P.; BARBERA, G.; MANTIA, T. L. Research strategies for the improvement of cactus pear (*Opuntia fícus-índica*) fruit quality and production. **Journal of Arid Environments**, London, v. 29, n. 5, p. 455-468, 1995.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET. **Climatologia mapas online**. Disponível em:
<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>>. Acesso em: 10 abr. 2014.

JARVIS, S. C.; SCHOLEFIELD, D.; PAIN, B. **Nitrogen cycling in grazing systems**. New York: M. Dekker, 1995. p. 381-420.

LAMBERS, H. *et al.* **Plant physiological ecology**. New York: Springer, 2008. 604 p.

LAWLOR, D. W. **Photosynthesis**. 3. ed. Oxford: Bios, 2001. 386 p.

LEITE, M. L. M. **Avaliação de clones de palma forrageira submetidos a adubações e sistematização de informações em propriedades do semiárido paraibano**. 2009. 209 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

LIRA, M. A. *et al.* Sistemas de produção de forragem: alternativas para a sustentabilidade da produção. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. p. 491-511.

MELO, A. A. S. *et al.* Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. 1. desempenho 1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 727-736, 2002.

MERTENS, D. R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p. 1-33.

MOURA, R. B. **Desempenho de um reator vertical de fluxo contínuo e leito estruturado com recirculação do efluente, submetido à aeração intermitente, na remoção de carbono e nitrogênio de um efluente sintético.** 2011. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

NIMER, E. Climatologia da região Nordeste do Brasil: introdução à climatologia dinâmica. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 4, p. 3-28, 1972.

NOBEL, P. S. Biologia ambiental. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMENTA-BARIOS, E. **Agroecologia, cultivo e uso da palma forrageira.** João Pessoa: SEBRAE-PB, 2001. p. 36-48.

OLIVEIRA JUNIOR, S. *et al.* Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido paraibano. **Tecnologia e Ciências Agropecuárias**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 7-12, fev. 2009.

OLIVEIRA, F. T. de *et al.* Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 4, p. 27-37, 2010.

OLIVEIRA, F. T. de. **Crescimento do sistema radicular da *Opuntia fícus-indica* (L.) Mill (palma forrageira) em função de arranjos populacionais e adubação fosfatada.** 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2008.

PESSOA, R. A. S. *et al.* Balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana em novilhas leiteiras alimentadas com palma forrageira, bagaço de cana-de-açúcar e uréia associados a diferentes suplementos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n. 5, p. 941-947, 2009.

PINTO, M. S. C *et al.* Estimativa do peso da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica*, Mill.) a partir de medidas dos cladódios. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. v. 1. p. 54-64.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fisiologia da palma. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Eds.). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso.** 2. ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p. 43-63.

SANGOI, L. *et al.* A volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipos de solo, em laboratórios. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 687-692, jul./ago. 2003.

SANTOS, D. C. dos. *et al.* Produtividade de cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 7., 2000, Teresina. **Anais...** Recife: SNPA, 2000. p. 121-123.

SANTOS, D. C. *et al.* Genótipos de palma forrageira para áreas atacadas pela Cochonilha do Carmim no sertão pernambucano. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Búzios.
Anais... Búzios: SBMP, 2011. 1 CD-ROM.

SANTOS, D. C. *et al.* **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco:** cultivo e utilização. Recife: IPA, 2002. 45 p.
Documentos IPA.

SANTOS, D. C. *et al.* Níveis de nitrogênio e fósforo em palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) clone IPA-20 sob dois espaçamentos. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 4., Petrolina.
Anais... Petrolina: Embrapa, 2006. 1 CD-ROM.

SANTOS, D. C. *et al.* Produção e Composição química da palma forrageira cv. gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) sob adubação e calagem, no agreste semiárido de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 9, p. 69-78, 1996.

SANTOS, D. C. *et al.* Produtividade de clones de palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Caruaru-PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 10., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ZOOTEC, 2005. 1 CD-ROM.

SANTOS, M. V. F. *et al.* Palma forrageira In: **Plantas forrageiras**. Viçosa: Editora UFV, 2010. p. 459-493.

SCHEINVAR, L. Taxonomia das opuntias utilizadas. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIETA-BARRIOS, E. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa: SEBRAE/PB, 2001. p. 20-27.

SILVA, C. C. F; SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus- Indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Electrónica de Veterinaria REDVET**, Málaga, v. 7 n. 10, p. 1-13, Oct. 2006.

SILVA, N. G. M. **Avaliação de características morfológicas e comparação de métodos de estimativas de índice de área de cladódio na palma forrageira.** 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SILVA, N. G. M. *et al.* Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 39, n. 11, p. 2389-2397, 2010.

SILVA, R. M. A. da. Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido: políticas públicas e transição paradigmática. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 38, n. 3, p. 466-485, jul./set. 2007.

SUDZUKI-HILLS, F. Anatomia e fisiologia. In: BARBERA, G.; INGLESE, P. (Eds.). **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira.** João Pessoa: SEBRAE/PB, 2001. p. 28-34.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 203-242.

TOSTO, M. S. L. *et al.* Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 8, n. 3, p. 239-249, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **SAEG Sistema de análises estatísticas e genéticas:** manual do usuário. versão 8.0. Viçosa, 2000. 142 p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VIANA, B. L. *et al.* Influência da adubação organo-mineral no índice de área de cladódio em variedades de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera*) no semi-árido paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

ZOOTECNIA, 2008, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABZ, 2008. 1 CD-ROM.

WANDERLEY, W. L. *et al.* 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**, Viçosa-MG, v. 31, n. 1, p. 273-281, 2002.