



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

LUZINALDO CORREIA COSTA

**COMPORTAMENTO DA PALMA FORRAGEIRA 'GIGANTE' CULTIVADA EM
DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS EM ARRANJO MECANIZÁVEL**

GUANAMBI
BAHIA - BRASIL
2018



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

LUZINALDO CORREIA COSTA

**COMPORTAMENTO DA PALMA FORRAGEIRA ‘GIGANTE’ CULTIVADA EM
DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS EM ARRANJO MECANIZÁVEL**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de Mestre Profissional.

GUANAMBI
BAHIA - BRASIL
2018

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IFBaiano,
Campus Guanambi, com dados fornecidos pelo (a) autor (a).

C837 Costa, Luzinaldo Correia
Comportamento da palma forrageira 'Gigante' cultivada em
diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável.
/ Luzinaldo Correia Costa. -- Guanambi, 2018.
40 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dsc. João Abel da Silva.
Coorientador: Prof. Dsc. Sérgio Luiz Rodrigues Donato
Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal
no Semiárido) - Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, 2018.

1. Plantas forrageiras. 2. *Opuntia ficus-indica*. 3. Palma. 4.
Cultivo. 5. Semiárido. I. Título.

CDU 633.39



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETÁRIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO



TERMO DE APROVAÇÃO
DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**COMPORTAMENTO DA PALMA FORRAGEIRA 'GIGANTE' CULTIVADA SOB
DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS EM ARRANJO MECANIZÁVEL**

por

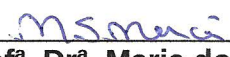
LUZINALDO CORREIA COSTA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado às 08 horas 00 min. do dia 07 de junho de 2018 como requisito para a conclusão do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:


Prof. Dr. Alessandro de Magalhães Arantes

Membro da Banca – IF Baiano


Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Mercês
Alves Aguiar

Membro da Banca – IF Baiano


Prof. Dr. Paulo Emílio Rodrigues Donato
Membro da Banca – IF Baiano


Prof. Dr. João Abel da Silva
Orientador – IF Baiano

AGRADECIMENTOS

Agradeço hoje e sempre a Deus pela minha vida e tudo que nela me proporcionou inclusive a oportunidade e possibilidade de cursar este Mestrado.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* de Guanambi - BA pela disponibilização de mais um importante curso para nossa região.

Aos meus familiares, minha mãe Luzia Correia Medeiros, pelo seu amor, entusiasmo e exemplo de luta, ao meu pai Reinaldo Pereira Costa, pela sua referência para mim quanto ao respeito, honestidade e ética. Aos meus irmãos Elinaldo, Ariadne, Milciades Júnior, Evanildo e Elaine, pela amizade e constante motivação.

A minha esposa Edmaria Lima Costa e aos meus filhos Emanuela Lima Costa e Fernando Gabriel Lima Costa, pelo convívio diário, o sentimento mútuo, a compreensão e paciência.

Ao meu orientador João Abel da Silva, pelo conhecimento transmitido e acima de tudo pela motivação, compreensão e paciência para comigo principalmente durante o período de coleta, análise e escrita do projeto.

Ao meu coorientador Sérgio Luiz Rodrigues Donato, também pela motivação, paciência e transmissão de conhecimento.

Aos professores Alessandro de Magalhães Arantes, Paulo Emílio Rodrigues Donato e Maria do Socorro Mercês Alves pela participação na banca de avaliação com valorosas sugestões.

Aos colegas da turma do Mestrado, Varley Fonseca, Geovane Azevedo, Helder Farias, Alynne Gomes, Jean Farley, Cleiton Brito, Alexandre Gabriel Oliveira, Pablo Alves da Rocha e Angel Caporale pela força, entusiasmo e espírito cooperativo em todo o período do curso.

Aos funcionários do IF Baiano – Campus Guanambi, em especial ao Sr. José Roberto Rosa Teixeira (Zé).

Aos alunos do curso de Agronomia pela ajuda nas épocas de levantamento de dados no campo, entre eles Evilásio dos Santos Souza.

A todos os docentes do Curso de Mestrado Profissional de Produção Vegetal no Semiárido, do Instituto Federal Baiano - *Campus* Guanambi.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

LUZINALDO CORREIA COSTA, nasceu em Iuiu - BA em 26/10/1971. Iniciou o curso de Técnico em Agropecuária em Montes Claros no Colégio Agrícola "Antônio Versiani Athayde" e posteriormente no curso de Técnico em Agropecuária no Colégio Luiz Viana Filho em Guanambi - BA. Engenheiro Agrônomo formado pela Escola Superior de Agricultura e Ciências de Machado, em Machado-MG (1994), onde foi tesoureiro, diretor e presidente do Diretório Acadêmico. Posteriormente especializou-se em Gestão Ambiental Municipal pela UNEB, em Salvador-BA (2005).

Trabalhou com assistência técnica e elaboração de projetos técnicos para financiamento bancário, tanto para agricultores familiares, quanto para grandes empresários rurais. Foi inspetor do CREA-BA por 03 vezes. Em 2002 ingressou no serviço público como Engenheiro Agrônomo concursado na Prefeitura Municipal de Guanambi - Ba, onde está empregado até o presente momento, trabalhando principalmente com o pequeno agricultor e na área ambiental.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Precipitação, temperatura máxima e mínima, umidade relativa e velocidade do vento durante o período de 2014 a 2016. Estação automática (IF Baiano – <i>Campus Guanambi</i>)..... | 20 |
| Figura 2. Croqui da área experimental..... | 21 |
| Figura 3. Croqui detalhando a parcela e a área útil..... | 22 |
| Figura 4. Determinação do comprimento (A) e largura (B) do cladódio de palma forrageira ‘Gigante’. IF Baiano - <i>Campus Guanambi</i> , 2016..... | 23 |
| Figura 5. Colheita e acomodação dos cladódios em caixas para pesagem e determinação da produção de massa verde de palma forrageira ‘Gigante’. IF Baiano - <i>Campus Guanambi</i> , 2016..... | 24 |
| Figura 6. Serra copo acoplada a furadeira para coleta do tecido do cladódio (A) e tecidos após coleta sendo acondicionados em sacos plásticos (B). IF Baiano - <i>Campus Guanambi</i> , 2016. | 25 |
| Figura 7. Resultados médios das análises químicas do solo referente às áreas ocupadas pelos blocos 1, 2, 3 e 4..... | 26 |
| Figura 8. Número de cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - <i>Campus Guanambi</i> , 2016.... | 28 |
| Figura 9. Índice de área do cladódio de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - <i>Campus Guanambi</i> , 2016.... | 28 |
| Figura 10. Produtividade de massa verde de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - <i>Campus Guanambi</i> , 2016..... | 30 |
| Figura 11. Produtividade de matéria seca de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - <i>Campus Guanambi</i> , 2016..... | 30 |
| Figura 12. Extração/exportação de fósforo em tecido de cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - <i>Campus Guanambi</i> , 2016. | 31 |
| Figura 13. Extração/exportação de potássio em tecido de cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - <i>Campus Guanambi</i> , 2016. | 32 |
| Figura 14. Extração/exportação de cálcio em tecido de cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - <i>Campus Guanambi</i> , 2016. | 32 |
| Figura 15. Extração/exportação de enxofre em tecido de cladódios de palma forrageira | |

'Gigante' cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2016. 33

Figura 16. Extração/exportação de boro em tecido de cladódios de palma forrageira 'Gigante' cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2016. 34

Figura 17. Extração/exportação de cobre em tecido de cladódios de palma forrageira 'Gigante' cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2016. 34

Figura 18. Acidez potencial do solo cultivado com palma forrageira 'Gigante' em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2016... 35

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 14 |
| 2. 1. Palma forrageira | 14 |
| 2. 2. Região semiárida | 15 |
| 2. 3. Mecanização..... | 17 |
| 2. 4. Densidade de plantio | 18 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 20 |
| 3. 1. Descrição das condições experimentais | 20 |
| 3. 2. Delineamento, instalação e condução do experimento..... | 21 |
| 3. 3. Variáveis analisadas | 22 |
| 3. 4. Análise estatística..... | 26 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 27 |
| 5. CONCLUSÕES..... | 35 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 36 |

COSTA, Luzinaldo Correia, M.Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, Junho de 2018. **Comportamento da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável.** Orientador: João Abel da Silva. Coorientador: Sérgio Luiz Rodrigues Donato.

RESUMO: A palma forrageira é uma cultura adaptada às condições climáticas do semiárido brasileiro, por isso tem contribuído para o desenvolvimento socioeconômico dessa região. Objetivou-se avaliar o comportamento da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com seis densidades populacionais: 22.857; 34.286; 51.428; 62.857; 80.000 e 95.000 plantas ha⁻¹ e quatro repetições totalizando 24 unidades experimentais. Foram avaliadas: altura da planta, número de cladódios, comprimento, largura e índice de área do cladódio, produção de massa verde e seca, extração/exportação de nutrientes e as características químicas do solo. O número de cladódios decresceu linearmente enquanto os valores de índice de área cladódio cresceram linearmente em resposta ao aumento da densidade plantio. As características de produção, a extração/exportação de nutrientes e a acidez potencial do solo ajustaram-se de forma quadrática em função das densidades de plantio. O aumento da densidade populacional em arranjo mecanizável promove redução no número de cladódios e incremento no índice de área do cladódio. A máxima produção de massa verde e seca da palma cultivada em arranjo que permite a mecanização é esperada quando se utiliza respectivamente a população de 69.111,79 e 64.445,91 plantas ha⁻¹. Valores máximos de extração/exportação de nutrientes em tecido de palma cultivada em arranjo que permita a mecanização são esperados em densidades populacionais intermediárias (62.721,52 - 74.741,93 plantas ha⁻¹). A acidez potencial do solo apresenta valor máximo quando utilizada a densidade populacional de 64.525,51 plantas ha⁻¹.

Palavras-chaves: *Opuntia fícus*, produtividade, manejo.

COSTA, Luzinaldo Correia, M. Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, June 2018. **Behavior of the forage cactus 'Giant' cultivated in different population densities in a mechanizable arrangement.** Adviser: João Abel da Silva. Co-adviser: Sérgio Luiz Rodrigues Donato.

ABSTRACT: The forage cactus is a crop adapted to the climatic conditions of the Brazilian semiarid, so it has contributed to the socioeconomic development of this region. The objective of this study was to evaluate the behavior of forage cactus 'Giant' cultivated in different population densities in a mechanizable arrangement. The experimental design was in randomized blocks, with six population densities: 22,857; 34,286; 51,428; 62,857; 80,000 and 95,000 plants ha⁻¹ and four replicates totaling 24 experimental units. The following were evaluated: plant height, number of cladodes, length, width and index of cladode area, green and dry mass production, extraction / export of nutrients and soil chemical characteristics. The number of cladodes decreased linearly while the cladode area index values increased linearly in response to the increase in planting density. The characteristics of production, extraction / export of nutrients and the potential acidity of the soil adjusted in a quadratic way as a function of the planting densities. The increase in population density in a mechanizable arrangement promotes a reduction in the number of cladodes and an increase in the cladode area index. The maximum production of green and dry mass of the palm cultivated in arrangement that allows the mechanization is expected when the population of 69,111.79 and 64,445.91 plants ha⁻¹ are used respectively. Maximum values of extraction / export of nutrients in palm tissue grown in an arrangement that allow for mechanization are expected at intermediate population densities (62,721.52 - 74,741.93 plants ha⁻¹). The potential acidity of the soil presents a maximum value when the population density of 64,525.51 plants ha⁻¹ is used.

Key words: *Opuntia ficus*, productivity, management.

1. INTRODUÇÃO

A palma tem contribuído para o desenvolvimento socioeconômico do semiárido brasileiro, por ser uma cultura forrageira adaptada às condições climáticas da região. O semiárido brasileiro apresenta temperaturas médias elevadas e precipitações médias anuais de 300-700 mm, extremamente concentradas. Nesse cenário, a produção de palma forrageira é uma das estratégias de apoio à convivência da pecuária regional com a seca (SILVA et al. 2012).

A Microrregião de Guanambi localizada no Sudoeste da Bahia, no Semiárido Nordestino, ou seja, no Polígono das Secas, experimenta os mesmos problemas relacionados à alimentação de ruminantes durante os longos períodos de estiagem (DONATO, 2011). Tal situação também tem provocado a diminuição da produção de leite e carne, devido a falta de alimentos para os animais, quer seja, na forma de pastejo ou de reservas estratégicas (silagem, feno, farelo, etc). Diante de tantas dificuldades para a produção de alimentos na região semiárida, o plantio da palma forrageira vem sendo pouco a pouco difundido como uma alternativa viável, devido às suas características produtivas e de resistência à seca e seus efeitos.

A palma forrageira 'Gigante' (*Opuntia ficus-indica* Mill) constitui alternativa comprovada para os rebanhos das regiões semiáridas. Seu sistema de cultivo, 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 (BARROS et al., 2016).

Por apresentar características morfofisiológicas de adaptação às condições de semiárido, a palma é cultivada em larga escala em vários estados do nordeste e, mais recentemente, teve seu cultivo ampliado na Bahia, região em que o sistema de produção e a utilização da palma ainda são caracterizados pela baixa adoção de tecnologias que levam à obtenção de uma produtividade inferior ao potencial da cultura (SILVA et al., 2013).

O estudo de novas técnicas de produção, levando-se em consideração as peculiaridades da região semiárida e também de plantas que melhor se adaptam, tem dado esperança aos produtores rurais que moram no nordeste brasileiro.

A palma forrageira tem sido de grande importância para alimentação dos rebanhos, não só como forma de manutenção, mas também como alimento voltado para o aumento da

produção. Apesar de ser uma cultura adaptada e produtiva, ainda existem áreas cultivadas de forma tradicional, com pouca ou nenhuma adoção das tecnologias atuais de produção. Esse aspecto impossibilita a exploração de todo o seu potencial produtivo com reflexo em menores produtividade e qualidade nutricional da forragem produzida.

Nas regiões Semiáridas as atividades agrícolas devem ser manejadas de maneira que o sistema de produção seja o mais sustentável possível. Para isto, é essencial o uso de espécies adaptadas às condições climáticas reinantes com destaque para as que suportam altas temperaturas e déficit hídrico (OLIVEIRA et al., 2010; PINHEIRO et al., 2014). A palma forrageira (*Opuntia* sp. e *Nopalea* sp.); por ser uma cactácea, possui boa adaptação às regiões áridas e semiáridas, apresentando tolerância a períodos longos de estiagem e alta eficiência no uso de água (FLORES-HERNÁNDEZ et al., 2004; DUBEUX JÚNIOR et al., 2006; BISPO et al., 2007; PINHEIRO et al., 2014; SILVA et al., 2015).

Segundo Inglese et al. (1995) as *Opuntias* se converteram numa fonte inesgotável de produtos e funções, inicialmente como uma planta selvagem e posteriormente como uma planta cultivada. No Brasil, estima-se que há, atualmente, aproximadamente 600.000 ha cultivadas com palma, mas, apesar dos recentes esforços governamentais para diversificar o uso da cultura, a maioria das áreas plantadas ainda é dedicada à produção de forragem (DUBEUX JÚNIOR et al., 2013).

Enquanto o crescimento de outras plantas forrageiras é limitado pelo baixo índice pluviométrico, a palma suporta grande período de estiagem, por sua fisiologia especial quanto à absorção, aproveitamento e perda de água (ROMO et al., 2006, CAVALCANTE & RESENDE, 2007). A eficiência no uso da água de até 11 vezes mais do que a observada nas plantas de mecanismo C3 torna a palma, dentre as forrageiras cultivadas, uma das espécies mais adaptadas ao semiárido (ALVES et al., 2007).

O espaçamento de plantio na cultura da palma forrageira pode afetar a interceptação da luz e a eficiência fotossintética, influenciando no desenvolvimento e na produtividade da cultura. Plantios menos adensados facilitam os tratos culturais e reduzem os riscos de pragas, como a cochonilha do carmim, espécie do gênero *Dactylopius* (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2009).

De acordo com Donato et al., (2011), a escolha do espaçamento e arranjo a ser utilizado no plantio da palma forrageira varia de acordo com a fertilidade do solo, quantidade de chuvas, finalidade de exploração e com sua utilização ou não em consórcio com outras culturas. O cultivo da palma forrageira em espaçamento adensado tem sido mais utilizado recentemente. Nesses, os tratos culturais e a colheita são dificultados, aumentando os gastos com a mão de obra. Além desses aspectos, neste caso, ocorre uma maior quantidade de nutrientes extraídos

do solo, considerando que em espaçamento 2,0 m x 1,0 m tem-se 5.000 plantas ha⁻¹, enquanto no espaçamento 1,0 m x 0,25 m a quantidade de plantas é oito vezes maior, ou seja, 40.000 plantas ha⁻¹, sendo necessário um maior cuidado com as adubações (TELES et al., 2002).

A depender do arranjo de plantio utilizado no cultivo, teremos o mesmo número de plantas por área, sendo que em determinados arranjos, será possível o uso da mecanização agrícola, que entre outras vantagens temos o impacto direto nos custos, com a sua redução e maximização das atividades realizadas.

Adicionalmente, alterações no arranjo de plantas podem facilitar a mecanização da cultura, para realização de práticas culturais, por exemplo, aplicação de fertilizantes, controle fitossanitário e, principalmente colheita, operação mais onerosa do cultivo (PADILHA JÚNIOR et al., 2016).

Neste contexto, objetivou-se avaliar o comportamento da palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2. 1. Palma forrageira

A palma forrageira é uma cactácea de origem mexicana (DATAMETRICA, 2004) introduzida no Brasil por volta de 1880, em Pernambuco, através de sementes vindas do Texas, nos Estados Unidos, onde demonstraram grande utilidade. Possui ampla distribuição geográfica, sendo cultivada na América do Sul, na África, e na Europa (SOUZA et al., 2008).

A palma forrageira pertence à divisão: Embryophyta, subdivisão: Angiospermea, classe Dicotyledoneae, subclasse Archiclamideae, ordem Opuntiales e família das Cactáceas (SILVA & SANTOS, 2006). No Nordeste do Brasil, são cultivadas duas espécies, conhecidas como *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill e *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm Dyck (FARIAS et al., 2005).

A palma possui cladódios obovalados com 30-60 cm de comprimento, 20-40 cm de largura e 19-28 mm de espessura, verde escuro, cobertos com uma camada de cera. As aréolas estão dispostas em 8-9 séries espirais, piriformes, os espinhos são quase ausentes, raramente um em poucas aréolas, aproximadamente com 1 cm de comprimento e cor cinza, translúcidos. As flores são da cor laranja ou amarela, a fruta é doce, suculenta, comestível, com 5-10 cm de comprimento e 4-8 cm de largura, piriforme, ligeiramente curvada, amarela, laranja, vermelha ou púrpura com muita polpa e uma casca fina. As sementes vão de ovaladas a discóides com 3-4 mm de diâmetro (SCHEINVAR, 1995).

Assim como boa parte das plantas xerófilas e de ambientes semiárido a desérticos, as palmas apresentam o metabolismo ácido crassuláceo, conhecido como mecanismo fotossintético CAM. A grande diferença entre estas e as plantas C₄, está no processo de fechamento dos estômatos durante o período diurno, para evitar a perda excessiva de água, e a abertura durante o período noturno. Assim, as plantas CAM absorvem CO₂ durante a noite, transformando em ácidos orgânicos, onde se decompõe e liberam no dia seguinte o CO₂, que é assimilado pelo ciclo de carbono (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A resistência à seca envolve aspectos de sua morfologia, fisiologia e bioquímica. Sendo considerados três mecanismos relacionados à seca: resistência, tolerância e escape. A resistência esta relacionada à sua própria condição xerofítica; o escape, através de um sistema radicular superficial e ramificado que lhe possibilita um eficiente aproveitamento das chuvas pouco intensas; a tolerância está relacionada a fatores bioquímicos, como a diminuição do metabolismo (OLIVEIRA et al., 2011).

Não toleram umidade excessiva e em solos profundos apresentam extraordinária

capacidade de extração de água a ponto de possuir cerca de 90-93% de umidade, o que torna crucial para a região do polígono das secas (PUPO, 1985).

Os cladódios da palma forrageira apresentam células viscosas, cutículas espessas ou cerosidade, que protegem os estômatos fazendo com que a taxa de transpiração seja minimizada (PORTO et al., 2011).

É uma cultura que responde bem a adubação, independentemente da cultivar utilizada, promovendo incremento da área foliar e de matéria seca, refletindo no crescimento da planta e, conseqüentemente, na produtividade, o que acontece também para o plantio adensado e para a adubação orgânica associada à adubação química (ALMEIDA, 2012).

Nos plantios mais adensados, recomenda-se utilizar no mínimo 30 t ha⁻¹ de esterco a cada dois anos. No estado da Bahia, Donato et al. (2014a) avaliaram a adubação orgânica com esterco bovino (0, 30, 60 e 90 t ha⁻¹) e verificaram que o incremento das doses melhorou o valor nutritivo da forragem

Silva et al. (2015), definem a palma como uma cultura rústica, de fácil propagação e alta longevidade. Apesar de sua composição química variar conforme a espécie, a idade, a época do ano e o manejo, ela é considerada como fonte de água, minerais, alto valor energético e aceitabilidade pelo animal.

Galvão Júnior et al. (2014) afirmaram que a palma representa uma alternativa alimentar para vacas leiteiras, desde que não seja oferecida como única fonte de volumoso, devido seu baixo conteúdo de matéria seca, fibra e proteína bruta. A inclusão da palma a dietas com silagem de sorgo e concentrado em até 400 g kg⁻¹ mostrou melhores resultados em novilhas leiteiras, quanto ao desempenho e ao aspecto econômico (AGUIAR et al., 2015).

A palma forrageira representa grande parte dos alimentos que compõem a dieta dos ruminantes no período de estiagem em muitas partes do semiárido no Nordeste brasileiro, principalmente nos estados da Bahia, Alagoas, nos agrestes de Pernambuco e da Paraíba, além de Minas Gerais, na região Sudoeste do Brasil.

2. 2. Região semiárida

O Semiárido brasileiro inclui municípios da Região Nordeste e também do estado de Minas Gerais. Apesar de existir grande heterogeneidade de norte a sul no Semiárido brasileiro, essa região constitui uma identidade natural muito próxima que rompe as fronteiras interestaduais, caracterizadas pela baixa quantidade e irregularidade das chuvas, excesso de radiação e temperaturas elevadas, que restringem o desenvolvimento normal de atividades

econômicas tradicionais, como agricultura e pecuária, com reflexos nos aspectos identitários da cultura dos sertões secos (DONATO et al., 2017).

De acordo com a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE (2017), atualmente o Semiárido Brasileiro é composto por 1.262 municípios, dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. Os critérios para delimitação do Semiárido foram aprovados pelas Resoluções do Conselho Deliberativo da SUDENE de nº 107, de 27/07/2017 e de nº 115, de 23/11/2017:

- Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm;
- Índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50;
- Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

A precipitação pluviométrica do Semiárido brasileiro é marcada pela variabilidade espaço-temporal, que, associada aos baixos índices de acumulação anuais sobre a região, resulta na frequente ocorrência de dias sem chuva, ou seja, veranicos, e conseqüentemente, em eventos de “seca”.

A precipitação pluviométrica do Semiárido brasileiro é marcada pela variabilidade espaço-temporal, associada aos baixos índices de acumulação anuais sobre a região, isso resulta na frequente ocorrência de dias sem chuva, ou seja, veranicos, e conseqüentemente, em períodos mais longos caracterizando períodos de seca. Sendo que ainda há grande homogeneidade térmica nessa região, que apresenta elevadas temperaturas durante praticamente todos os meses do ano (CORREIA et al., 2011).

A ocorrência de veranicos e a própria variabilidade interanual da precipitação são, em muitos casos, decorrentes de fenômenos meteorológicos de grande escala, como o El Niño (SOUZA et al., 2001).

Há de se destacar que, pela grande variabilidade espacial da precipitação no semiárido brasileiro, pode haver locais nos quais os totais pluviométricos estejam dentro dos valores médios em um ano considerado seco, ou vice-versa, ou seja, podem existir áreas com valores de chuva superiores à média (CORREIA et al., 2011).

O valor total anual da precipitação pode não representar muito sobre a qualidade da estação chuvosa, uma vez que, para a agricultura e pecuária, mesmo em anos em que o total de chuva é próximo ou acima da média, podem ocorrer períodos prolongados de estiagem, que se intercalam com episódios de chuvas mais intensas. Esses eventos ocasionam a denominada

“seca verde”, que pode afetar a produção e a disponibilidade de forragem para os animais, especialmente no período sem chuvas (CORREIA et al., 2011).

No Semiárido brasileiro predominam solos rasos, pedregosos ou arenosos, com pouca matéria orgânica (MO), porém ricos em minerais solúveis com pH próximo de 7,0. As classes de solos mais comuns no Semiárido, utilizados com o plantio da palma forrageira, são Luvisolos Crômicos, Neossolos Litólicos, Latossolo Vermelho-Escuro, Argissolos Vermelho-Amarelo, na maioria eutróficos (LOPES et al., 2012), mas também distróficos, ou mesmo Latossolos Vermelho-Amarelo e Amarelo predominantemente cauliniticos e Neossolos Quartzârenicos distróficos (DONATO et al., 2017).

2. 3. Mecanização

Apesar da importância da palma para a convivência com as condições adversas da região semiárida, apresentando-se com boa adaptação e produção, o sistema de cultivo da palma é caracterizado pela baixa adoção de tecnologias, entre elas a mecanização, o que leva à obtenção de uma produtividade inferior à capacidade da cultura.

O uso da mecanização deve ser pensado em todas as operações necessárias para implantação, manutenção e colheita de uma área cultivada com palma.

O surgimento das máquinas e implementos para a agricultura no século XIX possibilitou ganhos de produtividade agrícola e do trabalho, mudando definitivamente a trajetória das técnicas de produção e elevando a oferta de produtos agrícolas no mundo. Por outro lado, este processo reduziu a necessidade de envolvimento de mão de obra na produção agrícola (VIAN et al., 2014).

Com a constante evolução técnica do setor, foi gerada uma crescente oferta de equipamentos que utilizam tecnologias cada vez mais avançadas, contribuindo para o aumento da produtividade no campo, diminuindo consideravelmente os custos e a necessidade de mão-de-obra, principalmente nas regiões de baixa oferta deste tipo de serviço.

A dependência destas máquinas e equipamentos é cada vez maior, já que o benefício principal da mecanização é o aumento da produtividade. A mecanização agrícola deixa de ser opção e torna-se regra para os países que desejam competir em âmbito global, pois é a forma que permite maior aproximação entre a dinâmica da oferta e da demanda por produtos agrícolas.

Pelas características da agricultura, as máquinas precisam ser adaptadas para as condições de cada região do mundo, levando-se em consideração as suas peculiaridades em relação a

solo, clima, tipo de exploração e também a cultura regional.

Para a cultura da palma forrageira, alguns fabricantes tem percebido o mercado consumidor de máquinas que vendo surgindo, principalmente com a disseminação do plantio de áreas onde antes não eram exploradas. Alguns protótipos para colheita da palma já estão em fase de testes e, em estado mais avançado de desenvolvimento algumas plantadeiras já estão inclusive sendo utilizadas por produtores rurais do estado de Alagoas.

Para Donato et al. (2017), o índice de mecanização para implantação e manutenção de um palmar é um dos fatores que podem fazer variar os custos de produção desta cultura.

2. 4. Densidade de plantio

O espaçamento de plantio na cultura da palma forrageira pode afetar a interceptação da luz e a eficiência fotossintética, influenciando no desenvolvimento e na produtividade da cultura. Plantios menos adensados facilitam os tratos culturais e reduzem os riscos de pragas, como a cochonilha do carmim, espécie do gênero *Dactylopius* (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2009).

Plantas CAM são referidas como pouco produtivas, 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, alteram o seu comportamento fisiológico com conseqüente incremento no crescimento, na produtividade e na qualidade nutricional. Adicionalmente, alterações na configuração ou arranjo de plantas podem facilitar a mecanização da cultura, para realização de práticas culturais, por exemplo, aplicação de fertilizantes, controle fitossanitário e, principalmente colheita, operação mais onerosa do cultivo (PADILHA JUNIOR et al., 2016).

Assim como vem sendo observados por produtores rurais, pesquisadores têm testado várias combinações de espaçamentos, arranjos populacionais visando a implantação da palma forrageira. Para Donato et al. (2017), essas variações são em função da fertilidade do solo, quantidade de chuvas, finalidade da exploração, consórcio com outras culturas, necessidade de mecanização, dentre outras.

A prática de plantio adensado é a tecnologia mais utilizada recentemente para obtenção de maior produtividade e alternativa para aumentar a produção de massa seca da palma forrageira no semiárido brasileiro. A escolha do arranjo de plantas é uma das mais importantes decisões de manejo do sistema de produção da forrageira.

A maioria das propriedades do Nordeste brasileiro é de pequena extensão, sendo mais indicado o cultivo adensado e adubado para aumentar a produtividade da palma e atender a

necessidade de forragem para alimentar o rebanho (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010). O sistema adensado resulta em maiores produtividades, devido o aumento da densidade populacional, mas, há redução de massa verde e seca por planta, devido à redução do comprimento, da largura e do número de cladódios por planta, proporcionados por uma provável competição das plantas por luz, água e nutrientes na solução do solo (SILVA et al., 2014). Em contrapartida, plantios menos adensados facilitam os tratos culturais e reduzem os riscos de pragas (CAVALCANTE et al., 2014).

Silva et al. (2013) estudando diferentes espaçamentos (1,00 x 0,50; 2,00 x 0,25 e 3,00 x 1,00 x 0,25 m) na palma cultivar Gigante, no semiárido baiano, observaram que no espaçamento 1,00 x 0,50 m, resultou em maior produção de matéria seca.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3. 1. Descrição das condições experimentais

O experimento foi realizado em palmar implantado em novembro de 2014, com a cultivar Gigante na área do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, localizada no Distrito de Ceraíma, Município de Guanambi, Estado da Bahia, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, tipo A fraco, textura média, fase Caatinga hipoxerófila, relevo plano à suave ondulado.

O Município de Guanambi pertencente à micro região Guanambi, localiza-se no Sudoeste Baiano, com latitude 14°13'30" sul, longitude de 42°46'53" oeste de Greenwich, altitude de 525 m, com clima semiárido do tipo Aw, segundo a Classificação Köppen, e as seguintes médias anuais: precipitação 680,00 mm, temperatura 26 °C. Dados compilados a partir de medições do posto meteorológico de Ceraíma (CODEVASF, 2007) com média de vinte e seis anos para precipitação.

Durante o experimento os dados climáticos foram acompanhados por uma estação meteorológica automática, instalada em área próxima ao experimento. Os dados de precipitação, temperatura máxima e mínima, velocidade do vento e a umidade relativa do ar estão apresentados na figura 1.

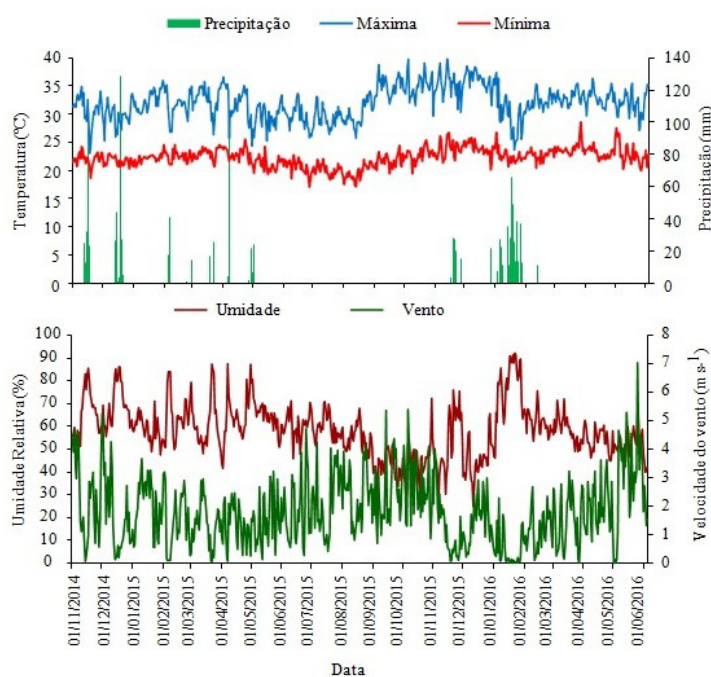


Figura 1. Precipitação, temperatura máxima e mínima, umidade relativa e velocidade do vento durante o período de 2014 a 2016. Estação automática (IF Baiano – *Campus* Guanambi).

3. 2. Delineamento, instalação e condução do experimento

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com seis densidades populacionais: 22.857, 34.286, 51.428, 62.857, 80.000 e 95.000 plantas ha⁻¹ e quatro repetições totalizando 24 unidades experimentais.

O preparo da área foi realizado em outubro de 2014, com operações de limpeza, subsolagem, gradagem, seguido de abertura dos sulcos com sulcador regulado para profundidade média de 0,30 m. O espaçamento entre fileiras de plantas foi de um metro, dispostas em fileiras quádruplas, espaçadas quatro metros uma da outra, arranjo utilizado para permitir a mecanização. As diferentes densidades populacionais foram obtidas com variações no espaçamento entre plantas dentro das fileiras sendo eles: 25,00; 16,70; 11,10; 9,00; 7,10 e 6,00 cm, respectivamente, para cada população descrita anteriormente.

Cada unidade experimental foi constituída de quatro fileiras com 15 m de comprimento, em que as plantas úteis foram às localizadas nas quatro fileiras e nos 11 metros centrais, conforme apresentado nas figuras 2 e 3.

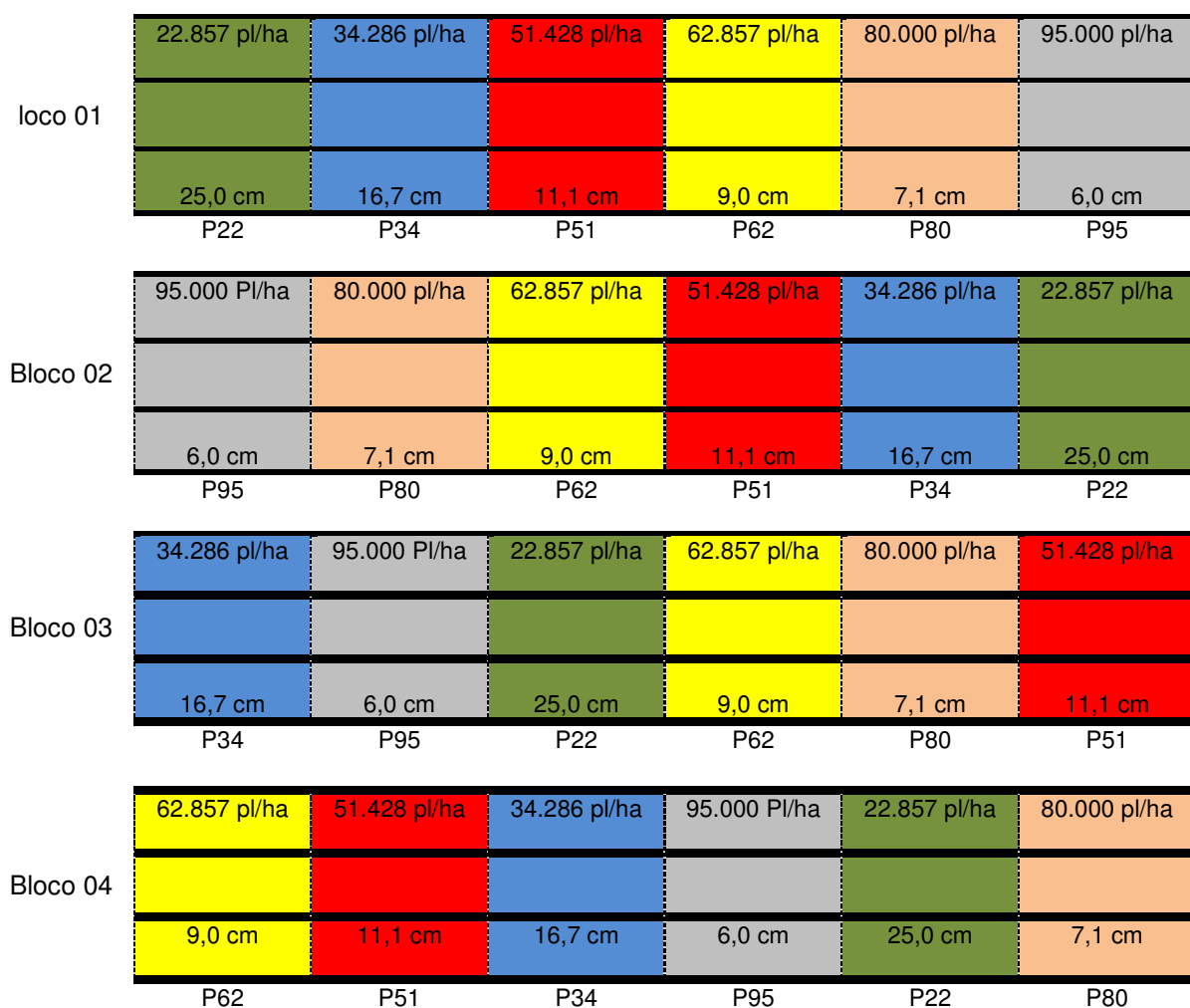


Figura 2. Croqui da área experimental.

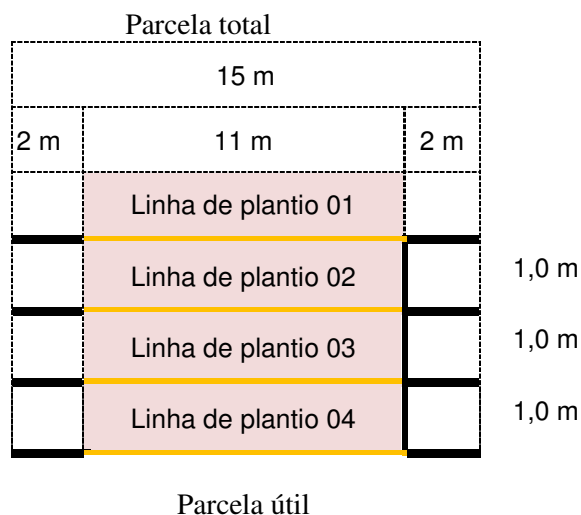


Figura 3. Croqui detalhando a parcela e a área útil.

O plantio da palma forrageira ‘Gigante’ foi realizado no início de novembro de 2014, utilizando um cladódio, na posição vertical, com a parte cortada voltada para o solo, a uma profundidade onde a metade do cladódio ficou enterrada. As mudas foram oriundas da área de palma implantada no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus Guanambi*, em condições satisfatórias de tamanho e peso (700 a 1000 g), livre de pragas e doenças. Após o corte no campo, o material foi colocado em repouso, à sombra, por um período de dez dias, para cicatrização dos cortes feitos no processo de colheita e também para que ocorresse desidratação do material a ser plantado.

Durante o plantio foi realizada a adubação fosfatada, aplicando 270 kg ha⁻¹ de P₂O₅ utilizando como fonte o superfosfato simples. Também foi realizada adubação potássica, com aplicação de 600 kg ha⁻¹ de K₂O utilizando o cloreto de potássio parcelado em duas aplicações.

Foi realizada adubação orgânica na fundação com aplicação de 30 Mg ha⁻¹, de esterco bovino e adubação de cobertura após o plantio com a dose de 60 Mg ha⁻¹, totalizando 90 Mg ha⁻¹, de esterco bovino, no primeiro ano da cultura. Durante a condução do experimento além das adubações foram executadas práticas de manutenção da cultura como controle de plantas daninhas e pragas.

3. 3. Variáveis analisadas

Aos 540 dias após o plantio (DAP) foram realizadas avaliações das características morfológicas, sendo mensurada a altura da planta, número de cladódios, comprimento, largura

e determinação do índice de área do cladódio; características produtivas: produção de massa verde (PMV), teor de matéria seca e também produção de matéria seca (PMS), extração/exportação de nutrientes e as características químicas do solo.

Para avaliações morfométricas foram tomadas oito plantas, ao acaso, de cada parcela útil, totalizando 192 plantas avaliadas. A determinação da altura da planta, comprimento e largura do cladódio foi realizada com o auxílio de uma fita métrica (Figura 4). Na medição da altura considerou-se desde o solo até o cladódio mais alto na planta.



Figura 4. Determinação do comprimento (A) e largura (B) do cladódio de palma forrageira ‘Gigante’. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2016.

Os dados de comprimento e largura obtidos foram utilizados para estimar o índice de área do cladódio. Para determinação da área do cladódio foi utilizada a metodologia descrita por Pinto et al., (2002), (Equação 1).

$$ACL = CCL \times LCL \times 0,693 \quad (1)$$

em que:

ACL é a área do cladódio (cm²)

CCL é o comprimento do cladódio (cm);

LCL é a largura do cladódio (cm); e

0,693 é o fator de correção em função da forma de elipse do cladódio.

Após obtenção da área dos cladódios da planta foi calculado o índice de área do cladódio (IAC). O IAC mensura a área total dos cladódios da planta, levando em consideração os dois lados do cladódio e divide pela área ocupada pela planta no solo (m^2 de área de cladódio m^{-2} de solo), determinando dessa maneira a área fotossinteticamente ativa da planta.

A avaliação da produtividade ocorreu após avaliação das características morfológicas, em que foram colhidas todas as plantas da parcela útil. A colheita foi realizada com faca preservando os três cladódios primários por planta. O corte foi realizado na junção entre os cladódios com a finalidade de não provocar danos nos cladódios preservados. Todos os cladódios colhidos foram acondicionados em caixas para a realização da pesagem e determinação da PMV ($Mg\ ha^{-1}$), (Figura 5).



Figura 5. Colheita e acomodação dos cladódios em caixas para pesagem e determinação da produção de massa verde de palma forrageira 'Gigante'. IF Baiano - *Campus* Guanambi, 2016.

Em cada parcela experimental foram coletadas amostras de tecido do cladódio para determinação do teor de matéria seca e composição nutricional. Para coleta foi utilizada a metodologia proposta por Donato (2011), a qual consiste na retirada do tecido com auxílio de uma serra copo com 5,00 cm de diâmetro por 4,00 cm de profundidade, acoplada a uma furadeira à bateria (Figura 6 A). A amostragem foi realizada em diferentes cladódios distribuídos na planta.

Foram retirados cerca de 1 kg de amostras de tecido do cladódio em cada parcela, que após coletadas foram devidamente identificadas, acondicionadas em sacos plásticos e levadas para o laboratório de Nutrição Animal do IF Baiano, *Campus* Guanambi, onde foram fatiadas e

colocadas para secar em estufa de circulação forçada a 65 °C por 72 horas (Figura 6B). Uma parte da amostra foi pesada antes e após o processo de secagem para determinação do teor de matéria seca. A PMS (Mg ha^{-1}) foi calculada em função do teor de matéria seca do tratamento, multiplicado pela produção de massa verde.



Figura 6. Serra copo acoplada a furadeira para coleta do tecido do cladódio (A) e tecidos após coleta sendo acondicionados em sacos plásticos (B). IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2016.

Após secagem, as amostras foram pesadas em balança de precisão, moídas em moinho tipo Willey, utilizando a peneira com crivos de um mm, posteriormente identificadas, acondicionadas em potes plásticos e analisadas no laboratório da EPAMIG Norte (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - Unidade Norte de Minas). Nas amostras retiradas dos cladódios, foram determinados os teores dos seguintes nutrientes: Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), expresso em dag kg^{-1} ; boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e sódio (Na) expressos em mg kg^{-1} . As determinações analíticas foram procedidas de acordo com Malavolta et al. (1989); em que para N utilizou-se a digestão sulfúrica com o método Kjeldahl, para o P, K, S, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, e Na utilizou-se a digestão nítrico-perclórica e para B digestão via seca. A extração/exportação dos nutrientes (kg ha^{-1}) foi calculada a partir da produção de massa seca e dos seus teores no cladódio.

Também foram coletadas amostras de solo em cada parcela experimental na profundidade de 0-20 cm a uma distância de 20 cm da planta. Foram enviadas ao laboratório da EPAMIG Norte (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - Unidade Norte de

Minas), para análise química conforme Embrapa (1997). Abaixo os resultados da análise de solo (Figura 7).

| Parâmetros | Unidade | Bloco 1 | Bloco 2 | Bloco 3 | Bloco 4 |
|------------------|--|---------|---------|---------|---------|
| pH | | 5,47 | 5,23 | 5,48 | 5,67 |
| P | mg dm ⁻³ | 91,17 | 64,25 | 76,10 | 121,20 |
| K ⁺ | mg dm ⁻³ | 188 | 181 | 200,17 | 205,83 |
| Na ⁺ | cmol _c dm ⁻³ de solo | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Ca ²⁺ | cmol _c dm ⁻³ de solo | 2,23 | 1,78 | 1,98 | 2,67 |
| Mg ²⁺ | cmol _c dm ⁻³ de solo | 0,95 | 0,80 | 0,78 | 0,83 |
| Al ³⁺ | cmol _c dm ⁻³ de solo | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| H ⁺ | cmol _c dm ⁻³ de solo | 2,05 | 2,53 | 2,11 | 2,00 |
| S.B. | cmol _c dm ⁻³ de solo | 3,77 | 3,10 | 3,38 | 4,12 |
| t | cmol _c dm ⁻³ de solo | 3,78 | 2,12 | 3,40 | 4,13 |
| T | cmol _c dm ⁻³ de solo | 5,83 | 5,67 | 5,50 | 6,15 |
| V | % | 63,33 | 54,33 | 60 | 65,67 |
| m | % | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,67 |
| M.O. | dag/kg ³ | - | - | - | - |
| B | mg dm ⁻³ | 0,37 | 0,43 | 0,43 | 0,50 |
| Cu ⁺ | mg dm ⁻³ | 0,42 | 0,35 | 0,47 | 0,55 |
| Fe ⁺⁺ | mg dm ⁻³ | 20,05 | 20,75 | 22,03 | 20,97 |
| Mn ⁺⁺ | mg dm ⁻³ | 63,82 | 64,67 | 60,95 | 60,68 |
| Zn ⁺⁺ | mg dm ⁻³ | 3,90 | 3,22 | 3,10 | 4,03 |

Figura 7. Resultados médios das análises químicas do solo referente às áreas ocupadas pelos blocos 1, 2, 3 e 4.

3. 4. Análise estatística

Foram feitos os teste de normalidade para atender as pressuposições da ANOVA, ou seja, para ver se os dados apresentam distribuição normal.

Depois de constatado a distribuição normal dos dados, os mesmos foram submetidos à análise de variância. As variáveis que apresentaram diferença significativa foram submetidas à análise de regressão. Para escolha dos modelos considerou-se a significância dos coeficientes *beta* pelo teste *t*; a magnitude do coeficiente de determinação, a significância do quadrado médio da regressão, a menor diferença entre o R² e R² ajustado e a adequação do modelo ao fenômeno biológico estudado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as características morfométricas apresentaram diferença significativa com as densidades de populacionais utilizadas somente o número de cladódios ($P < 0,10$) e o índice de área do cladódio ($P < 0,01$). A produtividade de massa verde e seca apresentou diferença significativa ($P < 0,01$) e ($P < 0,05$) respectivamente, com as densidades populacionais.

A extração dos macronutrientes: fósforo, potássio, cálcio e enxofre apresentaram diferença significativa ($P < 0,10$) enquanto a extração dos micronutrientes: boro e cobre apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) entre as diferentes densidades populacionais estudadas. Os demais nutrientes não apresentaram diferença significativa com as densidades populacionais. Quanto às características químicas do solo, a acidez potencial foi a única que apresentou diferença significativa ($P < 0,10$) entre as densidades populacionais estudadas.

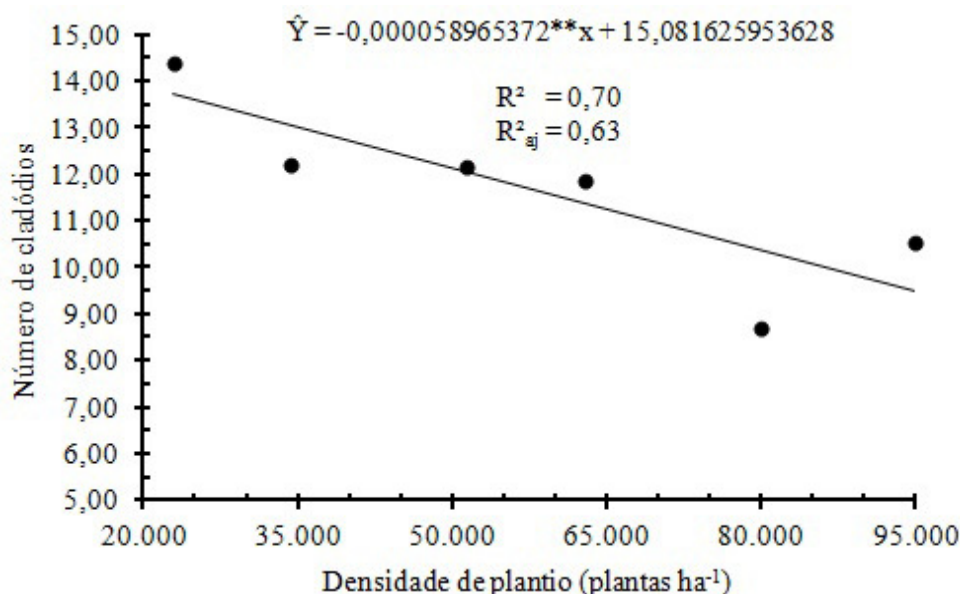
O número de cladódios decresceu linearmente em resposta ao aumento da densidade de plantio (Figura 8). Estima-se uma redução 30,97% do número de cladódios da menor densidade (22.857 plantas ha^{-1}) para a maior (95.000 plantas ha^{-1}). Este resultado provavelmente está relacionado ao menor espaço para desenvolvimento da planta nas maiores densidades de plantio, o que reflete no aumento da competição das plantas por nutrientes e luz, e conseqüentemente na redução da emissão de cladódios.

Resultados semelhantes foram encontrados por Cavalcante et al. (2014), em que observaram em estudo com genótipos de palma, que com o aumento da densidade de plantio, houve um efeito linear negativo no número de cladódios por planta, possivelmente devido à maior competição entre as plantas por espaço, promovendo diminuição na emissão de cladódios.

Os valores de índice de área cladódio cresceram linearmente em resposta ao aumento da densidade de plantio (Figura 9). Estima-se um incremento de 223,07% do IAC da menor para a maior densidade de plantio. Tendo-se que o comprimento e a largura do cladódio não apresentaram diferença significativa e que houve uma redução do número de cladódios por planta com o aumento da densidade de plantio, este resultado está relacionado ao menor espaçamento entre plantas nas maiores densidades, considerando que o IAC é uma razão da área total dos cladódios da planta pela área ocupada pela planta no solo.

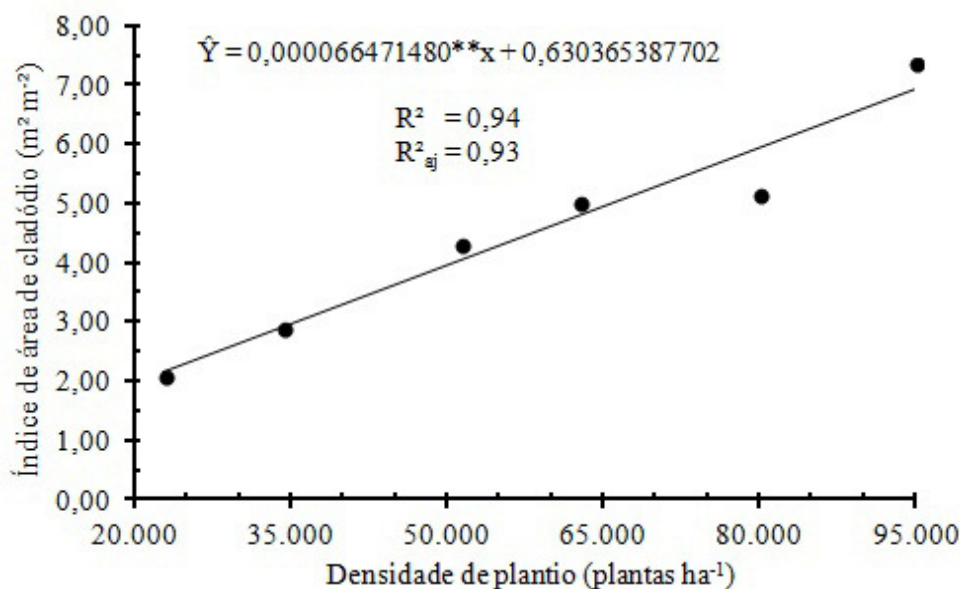
Dubeux Junior et al. (2006), estudando populações de 5.000 a 40.000 plantas ha^{-1} , também verificaram que maiores densidade de plantio promovem aumento do IAC. Ruiz-Espinoza et al. (2008), relatam que maiores densidades populacionais contribuem para o aumento da taxa de assimilação líquida, e esta possui estreita relação com o índice de área foliar.

O IAC é uma característica importante do ponto de vista fisiológico da planta, pois indica uma maior área para captação da radiação fotossinteticamente ativa e consequentemente reflete em maior rendimento da cultura.



**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 8. Número de cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2016.



**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 9. Índice de área do cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2016.

A produtividade de massa verde ajustou-se de forma quadrática em função das densidades de plantio (Figura 10). O modelo ajustado estima que 69.111,79 plantas ha⁻¹, proporciona máxima PMV (159,62 Mg ha⁻¹). A produtividade de matéria seca também se ajustou de forma

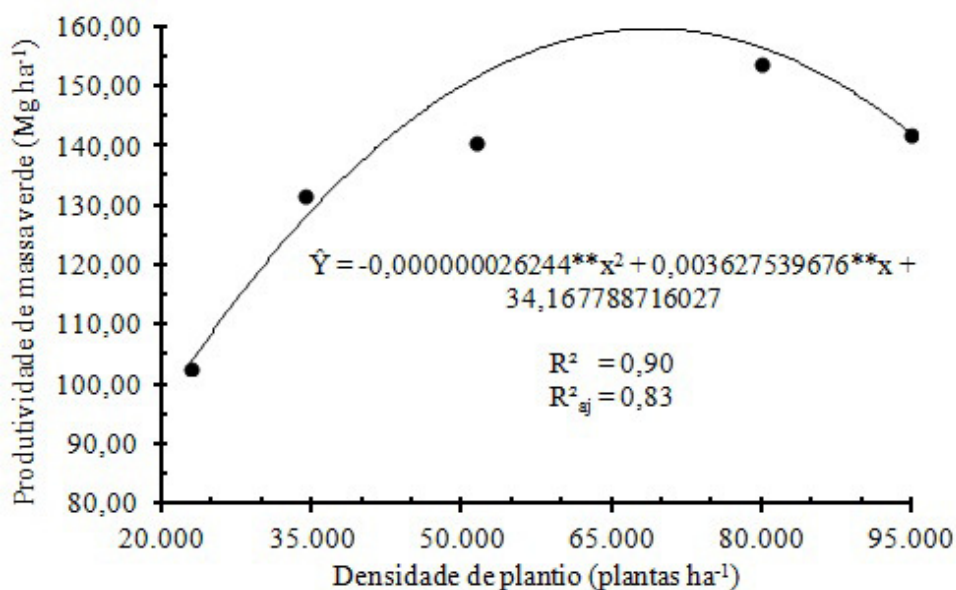
quadrática em função das densidades de plantio (Figura 11). O modelo ajustado estima que 64.445,91 plantas ha⁻¹, proporciona máxima PMS (13,74 Mg ha⁻¹).

A resposta quadrática positiva para produtividade de massa verde e seca da palma está diretamente relacionada ao aumento do número de plantas por hectare, chegando-se a uma produtividade máxima, para posteriormente diminuição conforme se aumenta a densidade de plantio. Dubeux Júnior et al., (2006), relatam que o adensamento permite maior rentabilidade econômica quando comparados a plantios convencionais, devido a uma maior eficiência das práticas de manejo da cultura e pela maximização da capacidade de uso da terra. No entanto, ao atingir certos níveis populacionais ocorre a competição entre plantas por luz e nutrientes, o que não reflete mais em aumento no rendimento da cultura.

Menezes et al., (2005), destacam que maiores densidades populacionais possibilita maior interceptação de luz por aumento do IAC, o que resulta em maiores produtividades. No presente trabalho o IAC aumentou de forma linear até a maior densidade de plantio testada, atingindo o valor de 7,36 m² m⁻², porém as máximas produtividades foram obtidas em densidades intermediárias, o que reforça a competição existente entre plantas em maiores populações de plantas. Conforme Nobel (2001), IAC entre 4 e 5 promove máxima produtividade, no entanto quando ultrapassa esses valores a produtividade é reduzida

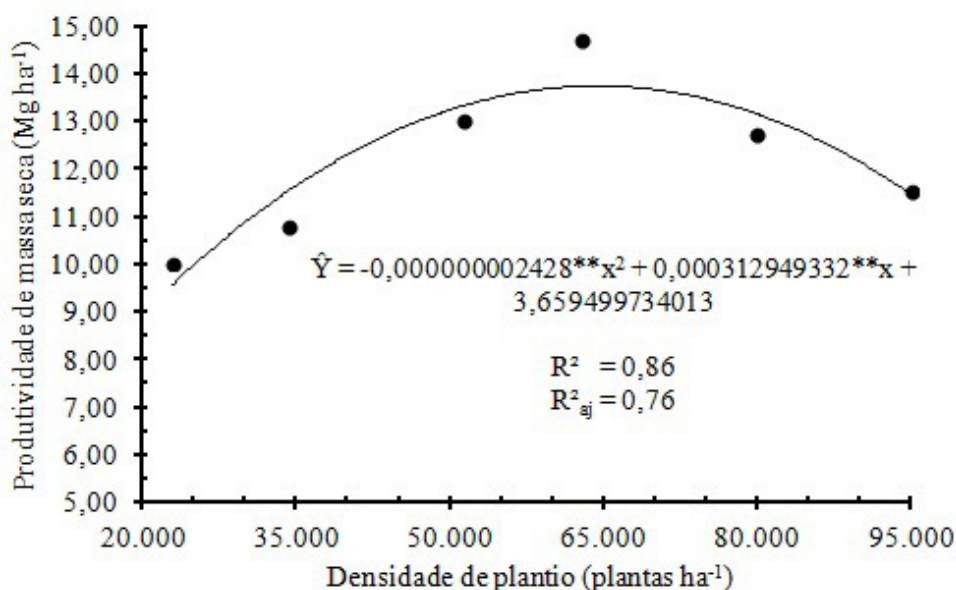
Silva et al., (2014), avaliando genótipos de palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio encontraram resposta quadrática positiva com aumento da produtividade de massa verde e seca da palma ‘Gigante’ até a maior densidade (80.000 plantas ha⁻¹). Este resultado difere dos obtidos no presente estudo, porém vale ressaltar o arranjo de plantas utilizado, o qual permite a mecanização e que promoveu um menor espaçamento entre plantas e conseqüentemente maior competição por luz e nutrientes e assim a máxima produtividade foi obtida em densidades inferiores.

Em estudo com palma ‘Gigante’ Donato et al., (2014b), utilizando a mesma população de plantas, no entanto modificando a sua distribuição na área de cultivo, verificaram que o arranjo que promoveu menor espaço para desenvolvimento da planta (3,0 x 1,0 x 0,25 m) apresentou a menor produção de matéria seca em comparação aos arranjos com maior espaço (1,0 x 0,5 m e 2,0 x 0,25 m) . O que corrobora com os resultados obtidos no presente trabalho, pois indica a influência do espaço requerido pela planta de palma forrageira para otimização no uso da luz e nutrientes e conseqüentemente obtenção de rendimento superiores.



**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 10. Produtividade de massa verde de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - *Campus* Guanambi, 2016.



**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 11. Produtividade de matéria seca de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - *Campus* Guanambi, 2016.

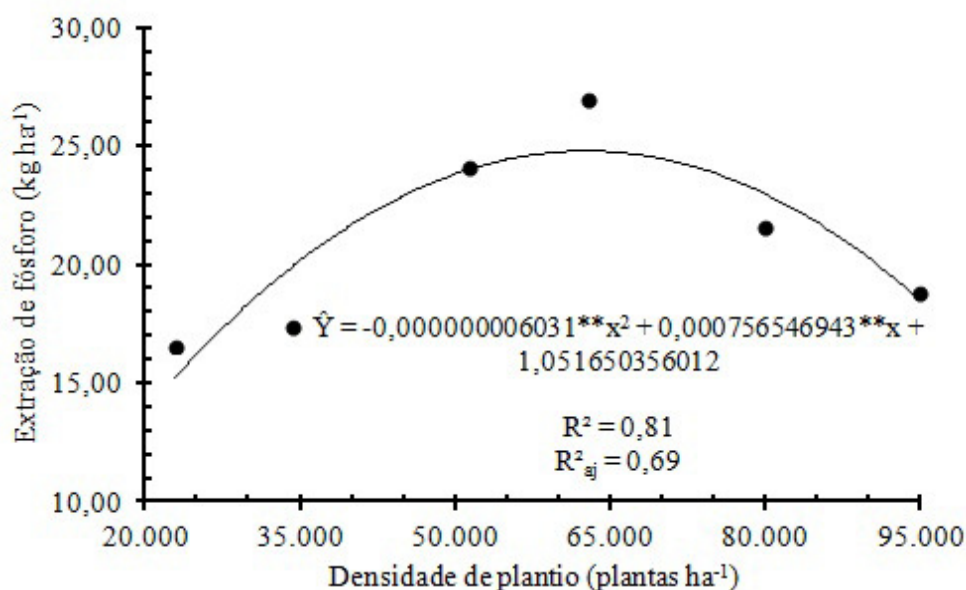
A extração/exportação de fósforo, potássio, cálcio e enxofre ajustaram-se de forma quadrática em função das densidades de plantio (Figuras 12, 13, 14 e 15).

As máximas extração/exportação de fósforo e potássio (24,78 e 500,53 kg ha⁻¹) foram estimadas respectivamente nas densidades de 62.721,52 e 64.964,24 plantas ha⁻¹. Enquanto as

máxima extração/exportação de cálcio e enxofre (357,70 e 22,36 kg ha⁻¹) foram estimadas respectivamente nas densidades de 74.741,93 e 64.256,41 plantas ha⁻¹.

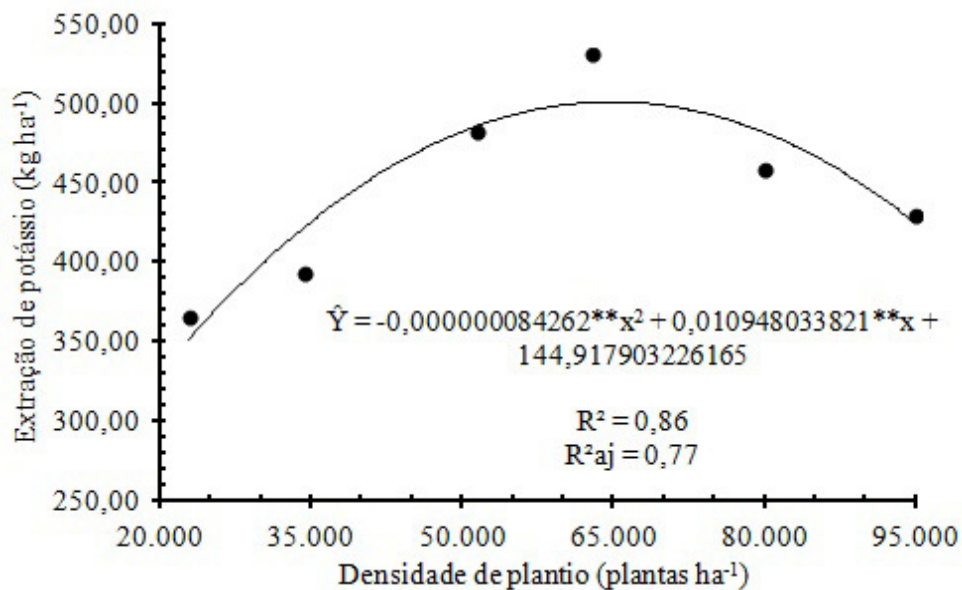
Os valores de extração/exportação dos nutrientes estão de acordo aos obtidos por Silva et al., (2016) e Donato et al. (2017), os quais relatam que os nutrientes mais extraídos/exportados são os fósforo e o potássio. Apesar da adubação orgânica e química realizada na implantação e condução da cultura, as maiores densidades de plantio estudadas não apresentaram máxima extração/exportação. Estes resultados estão de acordo com os níveis de produtividade obtidos, ou seja, a faixa de densidade de plantio que promoveram a máxima produtividade de massa verde e matéria seca são praticamente as mesmas que promoveram a máxima extração/exportação dos nutrientes. Isso indica que em densidades de plantio elevadas ocorre a competição por nutrientes no solo, o que promove restrição no desenvolvimento da planta e não há mais resposta em nível de rendimento da cultura.

A competição das raízes das plantas por nutrientes ocorre no caso daqueles que apresentam transporte preferencialmente por fluxo de massa como cálcio com o aumento da população de plantas ou com a diminuição da distância entre plantas ou então quando as raízes de duas plantas vizinhas entram em contato no caso de nutrientes imóveis (NOVAIS et al., 2007).



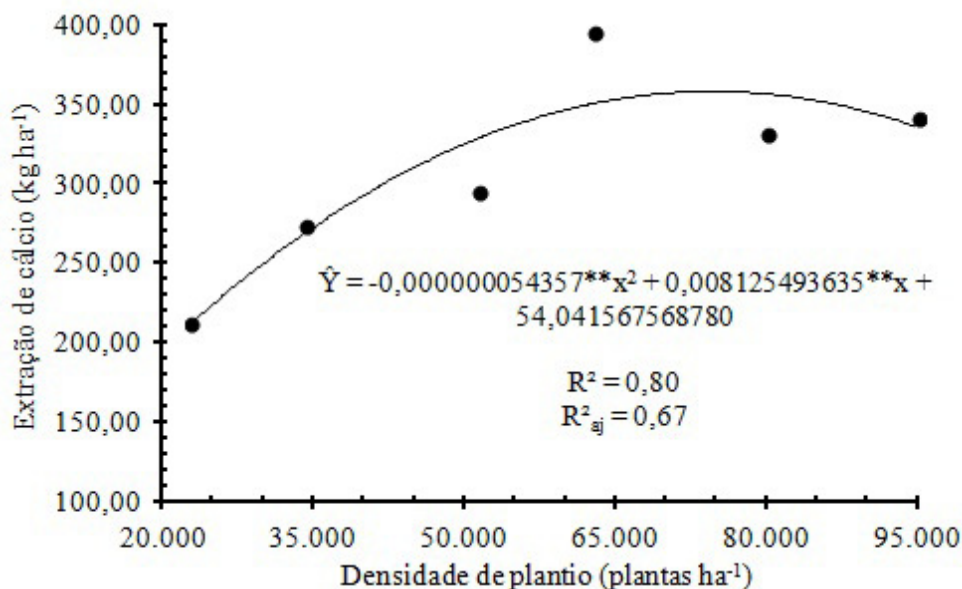
**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 12. Extração/exportação de fósforo em tecido de cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - Campus Guanambi, 2016.



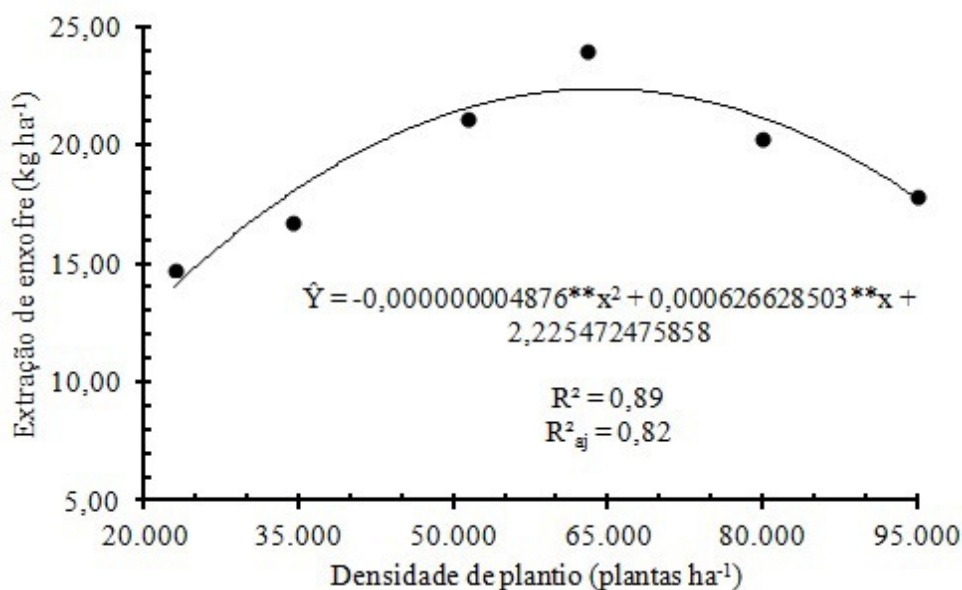
**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 13. Extração/exportação de potássio em tecido de cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - *Campus* Guanambi, 2016.



**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 14. Extração/exportação de cálcio em tecido de cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - *Campus* Guanambi, 2016.

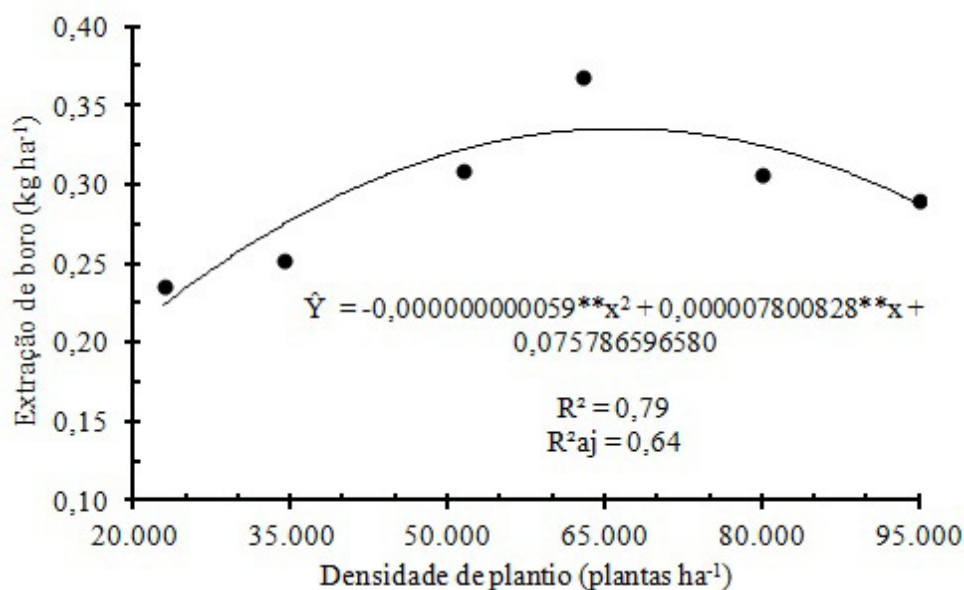


**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 15. Extração/exportação de enxofre em tecido de cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - Campus Guanambi, 2016.

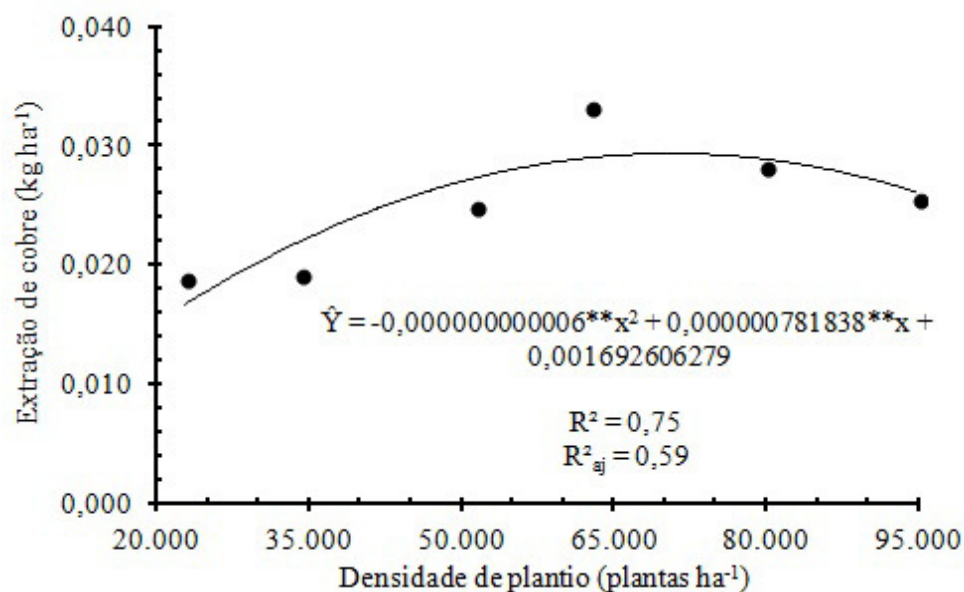
A extração/exportação de boro e cobre ajustaram-se de forma quadrática em função das densidades de plantio (Figuras 16 e 17). A máxima extração/exportação de boro (0,33 kg ha⁻¹) foi estimada na densidade de 66.108,71 plantas ha⁻¹. Já para o micronutriente cobre a máxima extração/exportação (0,0271 kg ha⁻¹) foi estimada na densidade de 65.153,17 plantas ha⁻¹.

Silva et al. (2016) em trabalho com diferentes formulações de adubação química (NPK) em palma forrageira ‘Gigante’, verificaram que todos os micronutrientes apresentaram um balanço negativo, indicando a necessidade da aplicação destes nutrientes, a fim de preservar as reservas do solo e garantir uma oferta ideal para a cultura para expressar sua produção potencial. Da mesma forma que ocorreu para os macronutrientes, verifica-se o efeito da competição por micronutrientes em densidades superiores. Os resultados obtidos estão de acordo aos de Silva et al. (2012), que observaram uma redução do teor de cobre no tecido do cladódio de palma quando se utilizou um menor espaçamento entre plantas.



**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 16. Extração/exportação de boro em tecido de cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - Campus Guanambi, 2016.

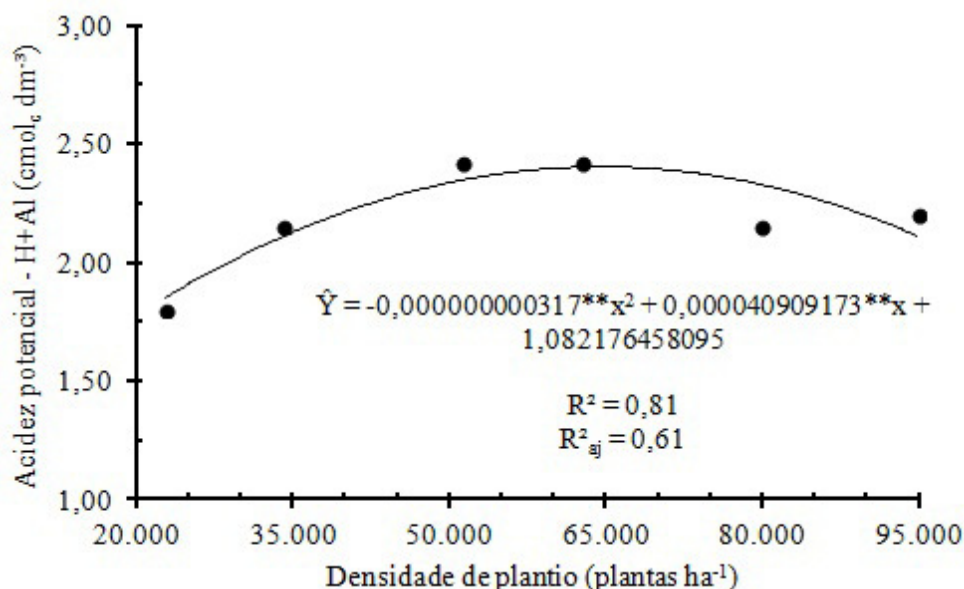


**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 17. Extração/exportação de cobre em tecido de cladódios de palma forrageira ‘Gigante’ cultivada em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - Campus Guanambi, 2016.

A acidez potencial do solo ajustou-se de forma quadrática em função das densidades de plantio (Figura18). A máxima acidez potencial (2,40 cmol_c dm⁻³) foi estimada na densidade de 64.525,51 plantas ha⁻¹. Observa-se que essa característica do solo também apresentou resultados semelhantes as demais avaliadas quanto ao máximo valor alcançando em densidade

de plantio intermediária. Isso possivelmente está relacionada ao processo de absorção dos nutrientes pela planta, em que as raízes liberam secreções ácidas (H^+) para substituir o cátion absorvido, aumentando dessa forma, a acidez próxima à região da rizosfera.



**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 18. Acidez potencial do solo cultivado com palma forrageira ‘Gigante’ em diferentes densidades populacionais em arranjo mecanizável. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2016.

5. CONCLUSÕES

O aumento da densidade populacional em arranjo mecanizável promove redução no número de cladódios e incremento no índice de área do cladódio.

A máxima produção de massa verde e seca da palma cultivada em arranjo que permite a mecanização é esperada quando se utiliza respectivamente a população de 69.111,79 e 64.445,91 plantas ha⁻¹.

Valores máximos de extração/exportação de nutrientes em tecido de palma cultivada em arranjo que permita a mecanização são esperados em densidades populacionais intermediárias (62.721,52 - 74.741,93 plantas ha⁻¹).

A acidez potencial do solo apresenta valor máximo quando utilizada a densidade populacional de 64.525,51 plantas ha⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M.S.M.A.; SILVA, F. F.; DONATO, S. L. R.; RODRIGUES, E. S. O.; COSTA, L. T.; MATEUS, R. G.; SOUZA, R. D.; SILVA, V. L.. Palma forrageira em dietas de novilhas leiteiras confinadas: desempenho e viabilidade econômica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 1013-1030, 2015.

ALMEIDA, R. F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 08-14, 2012.

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

BARROS, J. L, DONATO, S. L. R., GOMES, V. M., DONATO, E. R. D., SILVA, J. A., JUNIOR, M. C. P. Palma forrageira ‘gigante’ cultivada com adubação orgânica. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.7, n.1, p.53-65, 2016.

BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VERAS, A. S. C.; BATISTA, A. M. V.; PESSOA, R. A. S.; BLEUEL, M. P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e característica de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1902-1909, 2007.

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014.

CAVALCANTE, N. de B.; RESENDE, G. M. de. Consumo do xiquexique (*Pilocereus gounellei* (A. weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl) por caprinos no semiárido da Bahia. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 1, p. 22-27, 2007.

CODEVASF. Dados meteorológicos. 2ª Superintendência Regional, Núcleo Avançado de Guanambi, Estação Agrometeorológicos de Ceraíma. Disponível em: Núcleo Avançado de Guanambi (2ª NGU). Guanambi, Bahia. 2007.

CORREIA, R. C.; KILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B.; CUNHA, J. F. C.; JUNIOR, L. A. J.; ARAUJO, J. L. P. A região semiárida do Brasil. **Produção de caprinos e ovinos no Semiárido**. Petrolina, v.1, n.1, p.21-48, 2011.

DATAMETRICA. **Projeto Palma: relatório técnico**. 2004. 108p.

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, Área de Concentração em Produção de Ruminantes). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

DONATO, P. E. R.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; PIRES, A. J. V.; SILVA JUNIOR, A. A. Extraction/exportation of macronutrients by cladodes of ‘Gigante’ cactus pear under

different spacings and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.21, n.4, p.238-243, 2017.

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**. Recife, v.9, n.1, p.151-158, 2014b.

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**. v.27, n.1, p.163-172, 2014a.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIMA, L. E.; FERREIRA, R. L. C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L) Miller under different N and P fertilization and plant population in north- east Brasil. **Journal of Arid Enviroments**, v.67, p.357-372, 2006.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; FILHO, J. T. A.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n.1, p. 129-135, jan.- mar., 2010.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B., DOS SANTOS, M. V. F, CAVALCANTE, M. & DOS SANTOS, D. C. Potential of cactus pear in South America. **Cactusnet Newsletter**, Santiago del Estero, v. 13, ed. esp., p. 29-40, 2013.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. 2. ed. rev. Atual. EMBRAPA, 1997. 212p.

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

FLORES-HERNÁNDEZ, A.; CASTILLO, I. O.; AMADOR, B. M.; HERNÁNDEZ, J. L. G.; TROYO-DIEGUEZ, E. Yield and physiological traits of prickly pear cactus 'nopal' (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v.70, p.97- 107, 2004.

GALVÃO JÚNIOR, J. G. B. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v.8, n.2, p.78-85, 2014.

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

KÖPPEN, W. Das geographische system der climate. Handbuch der klimatlogie. Berlin: Borhtraeger, 1938.

LOPES, E. B.; SANTOS, D. C.; VASCONCELOS, M. F. Cultivo da palma forrageira. In:

LOPES, E. D. (Org.). **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no Semiárido nordestino**. João Pessoa: EMEPA, 2012. Cap. 1, p.21-60.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado Nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba; Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no nordeste do Brasil – conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife, PE: Ed. Universitária, UFPE, 258 p. 2005.

NOBEL, P. S. Biologia ambiental. In: **Agroecologia, cultivo e uso da palma forrageira**. FAO, 1995. SEBRAE-PB. p. 36-48. 216 p. 2001.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, L. E. F.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.133-204.

OLIVEIRA, E. A.; JUNQUEIRA, S. F.; MASCARENHAS, R. J. Caracterização físico-química e nutricional do fruto da palma (*Opuntia fícus indica* L. Mill) cultivada no sertão do Sub-médio São Francisco. **HOLOS**, ano 27, v. 3, p. 113-119, 2011.

OLIVEIRA, F. T.; SOUTO, J. S.; SILVA, R. P.; ANDRADE FILHO, F. C.; PEREIRA JÚNIOR, E.B. Palma forrageira: Adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, p.27-37, 2010.

OLIVEIRA JUNIOR, S.; NETO, M.B.; RAMOS, J.P.F. et al. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica*) em função do 129 espaçamento no Semi- Árido Paraibano. **Tecnologia & Ciências Agropecuária**, v.3, n.1, p.7-12. 2009.

PADILHA JUNIOR, M. C; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. S. Características morfológicas e rendimento da planta forrageira ‘Gigante’ sob diferentes adubações e configurações de plantio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Pombal, v. 11, n.1, p. 67-72, 2016.

PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S.; SANTOS, J. E. O.; MORAIS, J. E. F.; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfológicas e produtivas da palma forrageira. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.939-947, 2014.

PINTO, M. S. C.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ANDRADE, A. P.; PIMENTA FILHO, E. C.; ANDRADE, M. V. M.; FIGUEIREDO, M. V. 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 - PE, 2002. **Anais...** Recife-PE: SBZ, v.1. p. 54-64. 2002.

PORTO, E. R.; SILVA, A. S.; BRITO, L. T. L. Conservação e uso racional de água na agricultura dependente de chuvas. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. (Eds.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande,

PB: Instituto Nacional do Semiárido-INSA, 2011. p.59-85.

PUPO, N. I. H. **Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação e utilização.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 343 p., 1985.

ROMO, M. M.; ESTRADA, G. T.; HARO, I. M.; SOLÍS, I. C.; CRUZ-VÁSQUEZ, C. Digestibilidad in situ de dietas con harina de nopal deshidratado conteniendo un preparado de enzimas fibrolíticas exógenas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 7, p. 1173-1177, 2006.

RUIZ-ESPINOZA, F. H.; ALVARADO-MENDOZA, J. F.; MURILLO-AMADOR, B.; GARCIA-HERNÁNDEZ, L.; PARGAS-LARA, R.; DUARTE-OSUNA, J. de D.; BELTRANI-MORALES, F.A.; FENECH-LARIOS, L. Rendimiento y crecimiento de nopalitos de cultivares de nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes densidades de plantación. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, p. 22-35, 2008.

SCHEINVAR L. **In: Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira.** Roma: FAO, Produção e Proteção Vegetal, 1995. Tradução (SEBRAE/PB,2001.), Paper 132, p.12-14.

SILVA, C. C. F. da; SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.

SILVA, J. A. DA.; 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 químicas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, 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 palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.2, p.342-350, 2013.

SILVA, D. S.; ANDRADE, A. P. A Caatinga como suporte forrageiro. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (Eds.). **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros.** Jaboticabal, SP: UNESP, 2013. p.187-199.

SILVA, L. M. FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 2064-2071, 2014.

SILVA, A. P. G.; SOUZA, C. C. E.; RIBEIRO, J. E. S.; SANTOS, M. C. G.; PONTES, A. L. S.; MADRUGA, M. S. Características físicas, químicas e bromatológicas de palma gigante (*Opuntia ficus-indica*) e miúda (*Nopalea cochenillifera*) oriundas do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Paraná, v. 9, n. 2, p. 1810-1820, 2015.

SILVA, J. A. DA.; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. DOS S.; PADILHA JÚNIOR, M. C. SILVA JUNIOR, A. A. Extraction/export of nutrients in *Opuntia ficus-indica*

under different spacings and chemical fertilizers. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.20, n.3, p.236–242, 2016.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v.28, p.10-18, 2015.

SOUZA, S. S.; TOMASELLA, J.; GRACIA, M. G.; AMORIM, M. C.; MENEZES, P. C. P.; PINTO, C. A. M. O Programa de monitoramento climático em tempo real na área de atuação da SUDENE – PROCLIMA. **Boletim da Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25 n. 1, p. 15-24, 2001.

SOUZA, L. S. B. de; MOURA, M. S. B. de; SILVA, T. G. F. da; SOARES, J. M.; CARMO, J. F. A. do; BRANDÃO, E. O. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira (*Opuntia* sp.). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 3, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, Documentos, 210, p. 23-28, 2008.

SUDENE, 2017 - Delimitação do semiárido. Disponível em: <http://sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>. Acesso: 06 de dezembro de 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JR., J. C. B. NETO, E. B.; FERREIRA, R. L. C.; LUCENA, J. E. C.; LIRA, M. DE A. Efeito 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.

VIAN, C. E. F.; JUNIOR, A. M. A.; BARICELO, L. G.; SILVA, R. P. Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba-SP, v. 51, n. 4, p. 719-744, 2014.