



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

PAULO ROBERTO FERNANDES COTRIM JUNIOR

**PALMA FORRAGEIRA ‘GIGANTE’ SUBMETIDA A DIFERENTES  
REPOSIÇÕES HÍDRICAS COM ÁGUA SALOBRA E DENSIDADES  
DE PLANTIO**

GUANAMBI  
BAHIA – BRASIL  
2019



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

PAULO ROBERTO FERNANDES COTRIM JUNIOR

**PALMA FORRAGEIRA ‘GIGANTE’ SUBMETIDA A DIFERENTES  
REPOSIÇÕES HÍDRICAS COM ÁGUA SALOBRA E DENSIDADES  
DE PLANTIO**

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.

Orientador: Dr. Marcelo Rocha dos Santos

GUANAMBI  
BAHIA – BRASIL  
2019

Catálogo: Roberta Pinheiro Ferraz - CRB-5/1596,  
IF Baiano, *Campus Guanambi*.

C845p Cotrim Junior, Paulo Roberto Fernandes

Palma forrageira 'Gigante' submetida a diferentes  
reposições hídricas com água salobra e densidades de plantio /  
Paulo Roberto Fernandes Cotrim Junior.-- Guanambi, Ba.,  
2019.

60 f.: il.

Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal  
no Semiárido) - Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Baiano, Campus Guanambi, 2019.

Orientador: Marcelo Rocha dos Santos.

Coorientador: João Abel da Silva.

1. Palma forrageira. 2. Sistema de cultivo. 3. Irrigação.  
Salinidade. 4. Semiárido baiano. I. Título.

CDU: 633.3



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

PAULO ROBERTO FERNANDES COTRIM JUNIOR

**PALMA FORRAGEIRA ‘GIGANTE’ SUBMETIDA A DIFERENTES  
REPOSIÇÕES HÍDRICAS COM ÁGUA SALOBRA E DENSIDADES  
DE PLANTIO**

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.

Orientador: Dr. Marcelo Rocha dos Santos

APROVADA: 27 de maio de 2019

  
Prof. Dr. João Abel da Silva  
Membro

  
Prof. Dr. José Alberto Alves de Souza  
Membro

  
Prof. Dr. Silvânio Rodrigues dos  
Santos  
Membro

  
Prof. Dr. Marcelo Rocha dos Santos  
Orientador

## AGRADECIMENTOS

À Deus por toda graça concedida, saúde e sabedoria.

Aos meus pais, Paulo Roberto Fernandes Cotrim e Zuleide Rosa de Souza por toda dedicação, afeto, conselhos e compreensão.

Aos meus familiares por sempre acreditarem e incentivarem o melhor de mim.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano - *Campus Guanambi*, por ter aberto as portas desde o curso técnico até o atual mestrado.

Ao Professor Marcelo Rocha dos Santos, pelos incentivos, paciência, ensinamentos e pelo exemplo de profissionalismo que sempre prega.

Aos professores Carlos Elízio Cotrim e Sérgio Luiz Rodrigues Donato, exemplos de humildade, caráter e profissionalismo.

Aos professores João Abel da Silva, José Alberto Alves de Souza e Silvânio Rodrigues dos Santos pela participação na banca e pelos grandiosos ensinamentos.

Aos demais docentes que fazem parte do corpo acadêmico dos cursos de graduação em Engenharia Agrônômica e Mestrado Profissional em Produção Vegetal, por tudo que agregaram durante essa minha caminhada profissional e pessoal.

Aos colegas de experimento Varley Andrade Fonseca e Carlos Mendes, os quais também participaram de todas as etapas de implantação, condução e avaliação.

Aos colegas de curso Aime, Evilásio, Felipe, Marcelo, Sabrina por serem e se tornarem verdadeiros amigos.

Agradeço a Alaine, Marineide, Romário, Wesley, por serem verdadeiros amigos e conselheiros.

A todos os funcionários do Setor de Agricultura do IF Baiano em especial a Zé e Branco por nunca medirem esforços no cumprimento de suas atividades.

Aos discentes do curso Técnico em Agricultura, pela ajuda em etapas importantíssimas desse trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB pela concessão da bolsa.

A PROPES/IF Baiano pelo auxílio financeiro para execução do projeto.

A todos aqueles que de alguma forma ajudaram ou torceram para que eu pudesse realizar mais essa etapa em minha vida.

Muito Obrigado!

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2. 1. Palma Forrageira.....	10
2. 2. Semiárido .....	13
2. 3. Sistema de Plantio.....	14
2. 4. Irrigação na palma forrageira.....	15
2. 4. 1. Irrigação com água salobra.....	16
2. 5. Produtividade .....	17
2. 6. Eficiência de uso da água.....	18
2. 7. Condutividade elétrica do extrato de pasta saturada.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3. 1. Descrição das condições experimentais.....	21
3. 2. Tratamentos e delineamento experimental .....	22
3. 3. Instalação e condução do experimento .....	23
3. 4. Variáveis analisadas.....	26
3. 4. 1. Avaliação do sistema de irrigação .....	26
3. 4. 2. Características morfológicas.....	27
3. 4. 3. Características produtivas e eficiência de uso da água.....	29
3. 4. 4. Condutividade elétrica do solo .....	30
3. 5. Análise estatística .....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4. 1. Avaliação do sistema de irrigação .....	32
4. 2. Características morfológicas.....	33
4. 3. Produtividade de massa verde (PMV) .....	44
4. 4. Eficiência de uso da água (EUA).....	47
4. 5. Condutividade elétrica do solo .....	50
5. CONCLUSÕES.....	53
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

## RESUMO

COTRIM JUNIOR, P.R.F, M.Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, Maio de 2019. **Palma forrageira ‘Gigante’ submetida a diferentes reposições hídricas com água salobra e densidades de plantio.** Orientador: Dr. Marcelo Rocha dos Santos. Coorientador: Dr. João Abel da Silva.

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) é considerada uma planta xerófila e adaptada às condições adversas do semiárido, assim, pode ser uma das melhores opções para a produção de forragem nesta região, com capacidade de atingir altas produtividades de biomassa por área, sendo a cultura mais estável ao longo do tempo. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento da palma forrageira cultivar ‘Gigante’ em combinações de diferentes turnos de rega, densidades de plantio e lâminas de irrigação com água salobra. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com parcelas subdivididas, sendo utilizado na parcela, dois turnos de rega (sete e 15 dias), na subparcela, quatro diferentes densidades de plantio (20, 40, 60 e 80 mil plantas por hectare) e na subsubparcela quatro lâminas de irrigação (0, 11, 22 e 33% da evapotranspiração de referência - ETo), perfazendo um total de 32 tratamentos, com três repetições, totalizando 96 unidades experimentais. Foram avaliadas a condutividade elétrica do extrato da pasta saturada; a eficiência do sistema de irrigação; a altura e largura da planta;; o número e o índice de área do cladódio; a produção de massa verde e a eficiência de uso da água. A utilização da irrigação com água salobra (2,91 dS m<sup>-1</sup>) em palma forrageira não promove a salinização do LATOSSOLO vermelho-amarelo após um ciclo de cultivo e período chuvoso. Sistema de irrigação por gotejamento com emissores tipo labirinto *in line*, utilizando água salobra não reduz a eficiência de aplicação de água. O incremento da lâmina de água salobra promove o aumento da largura, altura, índice de área do cladódio, produção de massa verde. A condição de aplicação de água salina de 22% da ETo promove a melhor EUA, o que, do ponto de vista da sustentabilidade da produção agrícola, é de suma importância. A densidade de 80 mil plantas ha<sup>-1</sup> promove os maiores valores para IAC, produtividade e EUA.

**Palavras-chave:** *Opuntia ficus*, semiárido, salinidade, sistema de cultivo.

## ABSTRACT

COTRIM JUNIOR, P.R.F, M.Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, Maio de 2019. **‘Gigante’ forage cactus pear subjected to different irrigation depths with saline water and planting densities.** Advisor: Dr. Marcelo Rocha dos Santos. Co-advisor: Dr. João Abel da Silva.

The forage cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) is a xerophytes highly adapted to adverse conditions found the semi-arid, thereby making its cultivation one the best options to produce forage in this region. As a forage crop, it is more stable over time than most crops, even reaching high yields of biomass per unit area. The objective of this study was to evaluate the growth of ‘Gigante’ forage cactus pear subjected to different irrigation intervals, planting densities and irrigation depths with saline water. A randomized block design (RBD) was used as treatments were arranged in split-split plots. Two irrigation intervals were assigned to the plots (seven and 15 days), four different planting densities to the split plots (20, 40, 60 and 80 thousand plants per hectare), and four irrigation depths to the split-split plots (0, 11, 22 and 33% id ETo), that is, 32 treatments with three replications, totaling 96 experimental units. The following evaluations were made: electrical conductivity of the saturated soil-paste; irrigation system efficiency; plant height and plant width; number of cladodes; cladode area index; biomass yield; and water use efficiency. Irrigation with saline water (2.91 dS m<sup>-1</sup>) applied to forage cactus pear does not cause salinization of a red-yellow LATOSOL after a production cycle and rainy season. The inline drip irrigation system using saline water increases plant width, plant height, cladode area index, biomass yield. When applying saline water with 22% of ETo, water use efficiency increases, which is, from a sustainability standpoint, of utmost importance. 80 thousand plants ha<sup>-1</sup> results in higher cladode area index, yield and water use efficiency.

**Keywords:** *Opuntial ficus*, semi-arid, salinity, cultivation system



## 1. INTRODUÇÃO

A área que hoje corresponde ao semiárido nordestino, já passou por várias denominações e tamanhos, sendo conhecido como: Polígono das Secas; Região Semiárida do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE) e também de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Atualmente, o Semiárido abrange 1.262 municípios com uma área de 1.128.697 Km<sup>2</sup> (BRASIL, 2017), abrangendo os seguintes estados: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia e mais a porção setentrional de Minas Gerais.

A região semiárida é marcada pela escassez e irregularidades das precipitações pluviométricas, constatadas a partir de uma série de dados climáticos. Essa característica restringe o desenvolvimento normal de atividades econômicas tradicionais, como a agricultura e pecuária, com reflexos nos aspectos de identidade da cultura dos sertões secos (DONATO et al., 2017). Como forma de buscar soluções para melhor convivência com o Semiárido, pesquisas vêm sendo realizadas para identificar espécies forrageiras adaptadas e promover técnicas de manejo mais eficientes para obtenção de maiores produtividades. Nesse contexto, a palma forrageira apresenta elevado potencial e importância para o desenvolvimento sustentável, principalmente de zonas áridas e semiáridas (DONATO et al., 2017).

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) é considerada uma planta xerófila e por isso apresenta adaptação às condições adversas do semiárido. Sua fisiologia é caracterizada pelo processo fotossintético denominado Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM), que resulta em economia hídrica, em virtude do fechamento estomático durante o dia e abertura à noite para a fixação de CO<sub>2</sub>. Apesar da adaptação, sua produtividade tem sido baixa, principalmente por falta de manejo adequado (DONATO et al., 2014a).

Nos sistemas tradicionais de produção de leite no Nordeste do Brasil, o desempenho dos rebanhos sofre grandes variações por causa do regime de chuvas da região. As principais bacias leiteiras estão localizadas no semiárido, onde a atividade é desenvolvida, basicamente, em estabelecimentos familiares (LIMA et al., 2017). Sendo assim, a palma forrageira se torna uma das fontes mais importantes para alimentação dos rebanhos no Semiárido nordestino, além de possuir alto valor energético e elevada produtividade, se bem manejada. De acordo com Silva et al. (2017), na produção de

ruminantes, o alimento mais usado como fonte de energia é o milho. Por se tratar de um ingrediente bastante usado na alimentação humana e de animais monogástricos, torna-se oneroso na dieta. A utilização da palma pode contribuir para a redução dos custos na alimentação animal.

Mesmo com a importância da palma no cenário de escassez hídrica e de alimentos do Semiárido, como relata Donato et al. (2017), seu cultivo, até recentemente, era considerado como “bodismo”, expressão popular de uso comum no Semiárido brasileiro, que significa que a planta, por ser rústica e adaptada às condições semiáridas, poderia ser cultivada sem necessidade de cuidados ou implementação de práticas culturais, para que houvesse produção, assim como era a criação de bodes à solta na Caatinga. Entretanto, diversos estudos têm comprovado o potencial de crescimento e produtividade da cultura quando submetida a manejos adequados. Dessa forma, é de suma importância a continuidade de pesquisas que desenvolvam novas tecnologias e reforcem esses resultados, elevando ainda mais o potencial da palma forrageira.

Nesse sentido, estudos que avaliam o uso de lâminas de irrigação na palma forrageira são de extrema relevância para melhor desenvolvimento e produtividade da cultura. Para a palma forrageira, estudos dessa natureza ainda se encontram em estágios iniciais, de modo que sua determinação contribui para o aperfeiçoamento do uso da água no âmbito agrícola.

O uso de recursos hídricos de natureza salina e salobra é uma alternativa a crise de abastecimento de água, especialmente em zonas áridas e semiáridas. O que ressalta a importância de se aproveitar a água de qualidade inferior para irrigar culturas que são adaptadas a essas regiões, como a palma forrageira. Tendo em vista o pequeno volume de água requerido na irrigação dessa forrageira, torna-se ainda mais importante avaliar o uso dessas fontes hídricas alternativas.

Neste contexto, objetivou-se avaliar o crescimento, desempenho agrônômico e efeitos da água sobre a qualidade da distribuição do sistema de irrigação da palma forrageira cultivar ‘Gigante’ em combinações de diferentes turnos de rega, densidades de plantio e lâminas de irrigação com água salobra.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2. 1. Palma Forrageira

A palma forrageira é originária do México, mas possui ampla distribuição geográfica, sendo cultivada na América do Sul, na África e na Europa (SOUZA et al., 2008). A palma foi introduzida no Brasil durante o século XVIII e teve seu uso difundido como planta forrageira durante o século XX (MENEZES et al., 2005). Por ser uma planta que apresenta metabolismo ácido, ou seja, que acumula CO<sub>2</sub> durante a noite e fixa, liberando água através da abertura estomática à noite, consegue elevada eficiência no uso de água e nutrientes, apresentando baixos valores de evapotranspiração, requerendo baixas temperaturas noturnas e uma certa quantidade de umidade relativa do ar (ROCHA, 2012).

A palma pertence à Divisão: *Embryophyta*, Sub-divisão: *Angiospermea*, Classe: *Dicotyledoneae*, Sub-classe: *Archiclamideae*, Ordem: *Opuntiales* e Família: *Cactaceae*. Nessa família, existem 178 gêneros, com cerca de 2.000 espécies conhecidas. Contudo, nos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, estão presentes às espécies de palma mais utilizadas como forrageiras (SILVA & SANTOS, 2007).

As principais variedades cultivadas na região Nordeste são a *Opuntia ficus-indica* Mill (Gigante), a *Opuntia Sp.* (Redonda) e a *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck (Miúda ou Doce), cultivares que têm contribuído significativamente para a alimentação dos rebanhos nos períodos de secas prolongadas, possuindo elevado valor energético, que pode chegar de 70 a 75% de nutrientes digestíveis totais (SANTOS et al., 2006). Apresenta alta rusticidade, resistência à seca, com elevada eficiência de uso de água e amplamente incorporada ao processo produtivo do Semiárido, mesmo apresentando valores relativamente baixos de proteína bruta e fibra em detergente neutro (RAMOS et al., 2014).

A palma Gigante, também conhecida como graúda, azeda ou santa apresenta porte bem desenvolvido, com caule menos ramificado, o que lhe transmite um aspecto mais ereto e crescimento vertical pouco frondoso. Sua raquete pesa cerca de 1 kg, apresentando até 50 cm de comprimento, forma oval ou sub-ovalada, coloração verde-fosco. As flores são hermafroditas, de tamanho médio, coloração amarela brilhante e cuja corola fica aberta na antese. O fruto é uma baga ovalada, grande, de cor amarela, passando à roxa quando madura. Essa palma é considerada a mais produtiva e mais

resistente às regiões secas, no entanto, é de menor aceitabilidade e menor valor nutricional (PUPO, 1979).

A palma forrageira apresenta grande vantagem por ser uma cactácea bem adaptada às adversidades climáticas da região, de fácil plantio e elevada produção de matéria seca por hectare (OLIVEIRA et al., 2007). Contudo, o bom rendimento dessa cultura está climaticamente relacionado a áreas com 400 a 800 mm anuais de chuva, umidade relativa acima de 40% (VIANA, 1969) e temperatura diurna/noturna de 25 a 15°C (NOBEL, 1995).

A palma forrageira é uma cultura relativamente exigente quanto às características físico-químicas do solo. Desde que sejam férteis, podem ser indicadas áreas de textura arenosa à argilosa, sendo, porém, mais frequentemente recomendados os solos argilo-arenosos. Além da fertilidade, é fundamental, também, que os mesmos sejam de boa drenagem, uma vez que áreas sujeitas ao encharcamento não são adequadas ao cultivo da palma. A adubação pode ser orgânica e/ou mineral. Em caso de se optar pela adubação orgânica, pode ser utilizado estrume bovino e caprino (SANTOS et al., 2006). Produtividades máximas de matéria seca são obtidas com aplicação de 71,8 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de esterco bovino (DONATO et al., 2014a).

O controle de plantas invasoras na palma, como na maioria dos cultivos, é fundamental, pois essas competem por luz, água e nutrientes, o que reduz a produtividade (SILVA & SAMPAIO, 2015). Diversos insetos ocorrem sobre as cactáceas forrageiras, tais como besouros (Coleoptera), formigas (Hymenoptera), gafanhotos (Orthoptera), lagartas (Lepidoptera), tripes (Thysanoptera), etc. Porém, o que realmente constitui praga da palma no Nordeste do Brasil é a cochonilha de escama *Diaspis echinocacti* (Hemiptera, Diaspididae), conhecida vulgarmente por escama, piolho ou mofo da palma, que causa danos e prejuízos à cultura (SANTOS et al., 2006).

A colheita se inicia de 1,5 a 2 anos após o plantio, dependendo do espaçamento e das condições de clima e solo. É realizada manualmente, como forma de preservar o palmal. Embora haja custo com mão de obra, essa é a forma recomendada de colheita (SILVA; SANTOS, 2006). Após colhida, a palma pode ser utilizada de imediato ou mantida à sombra por até 16 dias, para ser fornecida aos animais, sem que haja perda do valor nutritivo, representando uma redução dos custos com colheita e transporte (SANTOS et al., 2006).

A palma é uma planta forrageira de alta produtividade, consumida por várias espécies animais e o homem. Suas utilizações são inúmeras e variam desde o consumo

*in natura*, até a produção de farelos ou como emoliente, adicionada a restos culturais, palhadas e subprodutos industriais, compondo até 80% da dieta dos animais, sobretudo no período de estiagem (SOARES II & SILVA JÚNIOR, 2012). Por possuir até 90% de água em sua composição, a palma forrageira é uma alternativa para o aporte hídrico aos rebanhos, além de ser de fácil plantio e uso (ALMEIDA et al., 2012). A palma apresenta também a vantagem de poder ser armazenada no próprio campo, sendo colhida no momento necessário, sem perda significativa de qualidade da forragem (MENEZES et al., 2005).

A palma é considerada uma das melhores opções para a produção de forragem em sistema de sequeiro no semiárido, com capacidade de atingir altas produtividades de biomassa, sendo a cultura mais estável ao longo do tempo (MENEZES et al., 2005). Sua estabilidade está associada à disponibilidade ao consumo dos animais, mesmo em períodos de estiagem prolongada (SILVA & SANTOS, 2006). Esta característica de eficiência do uso da água pela palma forrageira em relação a outros vegetais possibilita aos criadores de animais que desenvolvam suas atividades em regiões com baixa precipitação e com distribuição irregular das chuvas, a possibilidade de desenvolver uma pecuária racional e economicamente viável, com geração de ocupação e renda.

O crescente interesse pela palma forrageira deve-se à sua segurança produtiva, associada a um conjunto de medidas necessárias à redução dos riscos de perda de produção, e que possibilita ao agricultor garantia de colheita. Isso assume maior importância diante da variabilidade climática, principalmente no Semiárido. Quando cultivada em um agroecossistema sustentável e de alta resiliência, mantém elevada produtividade em condições de déficit hídrico, pois apresenta alta eficiência de uso da água. Nas épocas favoráveis, as espécies de *Opuntia* alteram o padrão de captação de CO<sub>2</sub> (NOBEL, 2001; PIMIENTA-BARRIOS et al., 2005), com incremento no crescimento, acúmulo de reservas e aumento de produtividade. Isso contraria a ideia de que plantas com metabolismo ácido das crassuláceas (MAC) são pouco produtivas. Aliás, isso não se aplica as espécies de *Opuntia*, pois em condições ambientais e de manejo adequadas, sua produtividade de matéria seca (MS) ultrapassam 50 Mg ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>, próximas às das plantas C<sub>4</sub> mais produtivas (NOBEL, 2001).

## 2. 2. Semiárido

A região semiárida apresenta uma área territorial de 1.128.697 km<sup>2</sup>, abrange 1.262 municípios, destes, 1.171 estão situados em oito estados do Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) e os demais 91 municípios pertencem a Minas Gerais, região Sudeste do Brasil (BRASIL, 2017).

O total de chuvas anual no semiárido, dependendo da localidade, situa-se entre 450 e 800 mm, sendo a grande maioria próxima do limite superior, com média em torno dos 750 mm, concentrados entre três a cinco meses, seguido por uma estação seca que dura de sete a nove meses. Nos anos mais secos é comum chover menos de 200 mm. Essas condições adversas limitam as atividades agrícolas e tornam a pecuária uma das principais atividades desenvolvidas na região Nordeste do Brasil, com destaque para os rebanhos bovino, ovino e caprino, que no geral são criados extensivamente, alimentando-se da vegetação nativa e apresentando baixos índices de produtividade (SILVA, 2011).

O clima semiárido, predominante no Nordeste Brasileiro, ainda representa um desafio na busca de manejos da terra adequados às suas características ecológicas (RAMOS et al., 2011). A vegetação da caatinga é a principal fonte de alimentação dos rebanhos, porém com baixa capacidade de suporte. Um dos grandes desafios regionais é a definição e a adoção de sistemas de produção que sejam sustentáveis e que ofereçam vantagens competitivas aos produtores rurais (PEREIRA et al., 2008).

A escolha de práticas de manejo que diminuam os problemas decorrentes da estacionalidade na produção de forragens deve ser coerente, de forma a garantir alimentos ao longo do ano, particularmente nas regiões áridas e semiáridas. As escolhas dessas práticas minimizam os problemas decorrentes da sazonalidade na produção de espécies forrageiras, permitindo assim, a segurança alimentar para os rebanhos durante todo o ano (REGO et al., 2014).

Diante dos reflexos negativos na disponibilidade de recursos hídricos na região semiárida, decorrente da má distribuição espacial e temporal das chuvas, a irrigação tem despontado como uma técnica viável, que possibilita o aumento da produção agrícola. A alta probabilidade de ocorrência de seca na região semiárida exige uma reserva forrageira estratégica para utilização nos longos períodos de estiagem. Neste sentido, o cultivo da palma forrageira é fonte de renda e de alimentação para o rebanho em períodos de estiagem prolongados. Mesmo sendo uma cultura de baixa necessidade

hídrica, a palma forrageira melhora seus índices produtivos com a irrigação (SANTOS et al, 2017).

Alternativas como a utilização de fontes de águas salobras e salinas, em culturas que toleram os seus efeitos adversos, é importante para propiciar uma melhoria dos índices produtivos da região. A utilização da água salina para irrigação da palma forrageira constitui-se como alternativa viável para o produtor manter vivas as plantas de palma forrageira cultivadas em áreas do semiárido no período de escassez hídrica.

### **2. 3. Sistema de Plantio**

A palma forrageira cultivada em sequeiro deve ser plantada, no semiárido, antes da estação chuvosa, para assegurar maior porcentagem de pegamento das mudas. O plantio em épocas úmidas favorece o apodrecimento do material propagativo, que está relacionado com a cicatrização do corte realizado para a colheita dos cladódios que serão utilizados como mudas (DONATO et al., 2017). As mudas para plantio devem permanecer por 15 dias na sombra, para perder o excesso de umidade, permitir a cicatrização das injúrias ocorridas no corte e, assim, diminuir as possibilidades de incidência de doenças. Após esse período, podem ser enterradas pela metade ou 2/3, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular (ALBUQUERQUE & SANTOS, 2005).

O espaçamento no plantio da palma forrageira deve variar de acordo com a fertilidade do solo, quantidade de chuvas, finalidade de exploração e com sua utilização ou não em consórcio com outras culturas (FARIAS et al., 2005). A área para implantação da lavoura deve estar localizada próximo ao local onde a forragem será fornecida aos animais, facilitando o transporte tanto da palma quanto do esterco produzido pelos animais, podendo o mesmo ser utilizado posteriormente na adubação da lavoura. Após a escolha do local, deve-se proceder à amostragem de solo, realizando-a, de preferência, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm. Dessa forma, a interpretação das análises auxiliará as possíveis correções e/ou adubações necessárias à cultura (DONATO et al., 2017).

Segundo Donato et al. (2017), o solo deve ser subsolado, se necessário, arado, gradeado e sulcado nos espaçamentos determinados. Os espaçamentos podem ser realizados em fileiras simples, ou como sugere Donato et al. (2017), em fileiras duplas, triplas ou quadruplas, com espaço entre os grupos de fileiras para permitir a

mecanização de algumas operações agrícolas, facilitando o manejo dentro da lavoura e reduzindo o custo de produção, devido à maior eficiência das operações. Ainda segundo Donato et al. (2017), no sistema de plantio, devem-se contemplar medidas primordiais para diminuição dos riscos de perda de produção e oportunizar ao agricultor, garantia de colheita, com produtividade de MS acima de 20 Mg ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>.

#### **2. 4. Irrigação na palma forrageira**

O uso estratégico da irrigação pode diminuir os efeitos negativos da deficiência hídrica que ocorre na região semiárida e contribuir para um palmar com plantas saudáveis e nutridas, possibilitando aos agricultores uma estratégica reserva alimentar e hídrica aos seus rebanhos (SILVA, 2017). Nesse sentido, os agricultores têm procurado formas de otimizar e viabilizar a exploração da palma adotando técnicas de irrigação.

Pesquisas sobre o uso de eventos de irrigação em várias culturas agrícolas têm proporcionado aumento da eficiência do sistema de produção (MARTIN et al., 2012). Na palma forrageira, apenas recentemente tem se estimulado o uso de irrigação como opção de incremento produtivo no semiárido brasileiro. Embora não seja comum para essa espécie, há registros bem sucedidos nos estados de Pernambuco (QUEIROZ et al., 2015) e na Bahia (SANTOS et al, 2017). Em regiões com escassez de recursos hídricos, como no semiárido brasileiro, o método de irrigação localizada, com uso do sistema por gotejamento, apresenta vantagem por possibilitar maior eficiência de aplicação (SANTOS et al., 2017).

Em estudo sobre as características morfofisiológicas e a produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação, (QUEIROZ et al., 2015), concluíram que os valores médios do número de cladódios, biomassa verde e seca durante 380 dias, em condições irrigadas, foram superiores aos observados na literatura em cultivos de sequeiro, inclusive com ciclos maiores que 380 dias.

Fonseca et al. (2019), analisando a irrigação na palma forrageira no município de Guanambi/BA, constataram que a aplicação de uma lâmina de água equivalente a 15% da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), com turno de rega (TR) de sete dias, via irrigação por gotejamento, possibilitou a obtenção de teor de matéria seca (MS) e proteína adequados para atender a exigências nutricionais na alimentação de animais.



#### 2. 4. 1. Irrigação com água salobra

O uso da água salinizada, no período seco, como fonte hídrica alternativa para suprir as demandas das plantas cultivadas no semiárido, pode representar a garantia da sobrevivência da cultura. Esta técnica, chamada de agricultura bioessalina, utilizada no período seco por meio da irrigação em cultivo adensado da palma forrageira, constitui-se como uma alternativa viável para garantir a sobrevivência do palmar e da geração de ocupação e renda para os produtores, além de auxiliar no combate à desertificação, aumentando a disponibilidade de forragem para os animais e diminuindo a necessidade de desmatamento para produção de outras forrageiras (SILVA, 2017).

Diante da escassez de recursos hídricos de boa qualidade para irrigação, o aproveitamento de fontes hídricas com características salinas torna-se uma alternativa importante para desenvolvimento da agricultura irrigada (FONSECA, 2017). No entanto, segundo Dias & Blanco (2010), o manejo inadequado da irrigação com água salina pode acarretar prejuízos no sistema produtivo, devido ao aumento excessivo da concentração de sais no solo promover a sua degradação e inviabilizar o rendimento das culturas. O efeito da salinidade no solo está relacionado à modificação da sua estrutura, a qual acontece basicamente devido a interação eletroquímica existente entre os cátions e a argila. O aumento da concentração de sódio trocável no solo poderá torná-lo adensado, compacto em condições secas, disperso e pegajoso em condições molhadas.

Ao testar a utilização da água salina na irrigação da palma forrageira no semiárido baiano, Fonseca et al. (2016) concluíram que a irrigação com água salina, com lâmina igual a 50% da ETo, com turno de rega de 2 dias; e igual a 100% da ETo, irrigado diariamente, promoveu o incremento das variáveis altura da planta e número de cladódios.

Ao avaliar o impacto do estresse salino e a frequência de irrigação sobre a fisiologia do crescimento, em palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* cultivadas em região de semiárido na Chapada do Apodi, em Limoeiro do Norte, CE, Silva (2017) demonstrou que é viável utilizar água salinizada com condutividade elétrica de até 4,78 dS m<sup>-1</sup>, com irrigação uma vez por semana.

TOMAZ et al. (2018), ao observarem o crescimento de cultivares de palma forrageira, com quatro níveis de salinidade da água de irrigação (0,2; 2,0; 3,8 e 5,6 dS m<sup>-1</sup>); e três cultivares de palma: Orelha de elefante (*Opuntia stricta*); Miúda ou Doce; e Baiana ou IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), concluíram que a cultivar

Baiana apresentou os maiores valores médios para comprimento, espessura e perímetro de cladódio, enquanto a cultivar Orelha de Elefante apresentou maior largura média de cladódio. Observaram, ainda, que as variáveis avaliadas foram dependentes apenas da variabilidade das características morfométricas de cada cultivar, não tendo sido observado efeito da salinidade.

O uso da irrigação como técnica para otimizar o crescimento e a sobrevivência das culturas, principalmente em regiões semiáridas, é um recurso de grande importância para os agricultores, principalmente nos períodos de escassez hídrica. Entretanto, o uso de água salinizada deve ser feito com respaldo de conhecimentos técnicos, pois a ausência de informações no uso desse recurso pode levar à perda parcial ou total da cultura e ainda inviabilizar o uso do solo para outras culturas ou até mesmo acelerar um processo de desertificação.

## 2. 5. Produtividade

A palma se apresenta como uma potencial forrageira para o fornecimento de alimento aos animais durante o período de estiagem nas regiões do semiárido nordestino, o que é justificável, entre outras qualidades, pelo seu alto potencial produtivo (SILVA, 2017). Enfatizando essa informação, Lima et al. (2013) ressaltam que, utilizando somente a produção obtida em um hectare de palma forrageira irrigada (25 Mg de matéria seca ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e em dois hectares de sorgo forrageiro para produção de silagem (21 Mg de matéria seca ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) é possível a um agricultor familiar manter 20 vacas ou 200 cabras ou ovelhas em produção, durante um período de aproximadamente 180 dias de escassez hídrica.

Em estudo com a palma Miúda irrigada com água salina, na densidade de 50 mil plantas por hectare, preservando os cladódios secundários e com adubação química e orgânica, Lima et al. (2015) encontraram uma produção de matéria seca de 23,04 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Em outro estudo Lima et al. (2016), avaliando o efeito de diferentes lâminas de irrigação e intensidades de corte de palma forrageira com água salina apresentando condutividade elétrica (CEa) de 5,25 dS m<sup>-1</sup>, na densidade de 50 mil plantas por hectare, obtiveram uma produtividade de matéria seca de 27,2 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Ao avaliarem a produtividade da palma miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dick), em um cultivo adensado sob irrigação, com diferentes níveis de água salina e doses de adubação orgânica no semiárido do Rio Grande do Norte, Dantas et al. (2015)

demonstraram que as lâminas de irrigação influenciaram significativamente ( $P < 0,05$ ) a produtividade, promovendo elevação nas produtividades de matéria verde e seca.

A cultura da palma apresenta ainda um potencial produtivo em consórcio com outras culturas, o que é comprovado através do estudo realizado por. Diniz et al. (2017), estudando o consórcio palma-sorgo, irrigado com diferentes lâminas de água salina no semiárido brasileiro, em Serra Talhada, PE, concluíram que o aumento das lâminas de água incrementou a produtividade do sorgo e do consórcio palma-sorgo. O consórcio promoveu estabilidade na produção, com índice de produtividade do sistema (IPS) palma-sorgo ( $6.279,02 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ) maior que o de palma em cultivo solteiro ( $4.626,98 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ).

## **2. 6. Eficiência de uso da água**

A eficiência de uso da água (EUA) é um valor que expressa à relação entre a produtividade ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) e a lâmina bruta aplicada (mm). A *O. ficus-indica*, através da sua forma de conservação da água por meio do intercâmbio gasoso mais o uso da água armazenada nos caules suculentos, viabiliza a abertura noturna de seus estômatos e também a captação atmosférica do  $\text{CO}_2$  por um tempo maior durante condições de escassez hídrica (NOBEL, 1995).

A EUA é um parâmetro de fundamental importância para a prática de manejo da frequência e duração dos intervalos de reposição de água no solo, assim como para analisar a viabilidade econômica da utilização de tecnologias na irrigação e de seus efeitos sobre o rendimento das culturas (ALI et al., 2007; KARAM et al., 2007).

FISHER & TUNER, 1978, encontraram consumo de água equivalente a  $617 \text{ kg}$  de água  $\text{kg}^{-1}$  de massa seca nas plantas C3,  $300 \text{ kg}$  de água  $\text{kg}^{-1}$  de massa seca nas plantas C4 e  $50 \text{ kg}$  de água  $\text{kg}^{-1}$  de massa seca nas plantas que têm metabolismo fisiológico CAM, o que equivale a eficiência de uso de água das plantas CAM 11 vezes superior às das plantas com metabolismo C3.

Ao analisarem indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes para três clones de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana), em condições de sequeiro no semiárido brasileiro, em Serra Talhada, PE, Silva et al. (2014) concluíram que a Orelha de Elefante Mexicana e a IPA Sertânia são os clones que se destacaram em termos de eficiência do uso da água, considerando a produção de massa

fresca. Já em termos de massa seca, os clones apresentaram a mesma eficiência de uso da água, tanto em termos de água precipitada quanto de água evapotranspirada.

Ao avaliarem as características produtivas e eficiência de uso da água em palma forrageira irrigada com água salina, nas condições edafoclimáticas de Guanambi, BA, Fonseca et al. (2019) encontraram eficiência de uso da água de  $1533,72 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , com suplementação hídrica aplicando 5 L de água por metro linear, a cada 15 dias.

As informações sobre os indicadores de eficiência de uso da água em palma forrageira ainda são incipientes na literatura, diante da relevância que representam para o uso sustentável da irrigação, especialmente nas condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro, o que ressalta a necessidade de suas determinações a fim de melhorar a interpretação das respostas produtivas dessa espécie no clima e solo locais.

## **2. 7. Condutividade elétrica do extrato de pasta saturada**

A variação dos atributos do solo sob vegetação nativa é consideravelmente menor quando comparada aos solos de usos agrícolas e, por isso, a vegetação nativa é um referencial para avaliação de solos incorporados a sistemas agrícolas. A partir dessa comparação, podem-se observar as alterações de atributos do solo posteriores à utilização agrícola, bem como comparar os usos agrícolas, verificando-se qual apresenta maior sustentabilidade. As avaliações de usos agrícolas de solos utilizando-se atributos do solo como indicadores são um trabalho constante na avaliação de sistemas produtivos, com o objetivo de adaptar sistemas ou propor usos do solo mais sustentáveis (CORRÊA et al., 2009). Nesse sentido, diversas práticas são realizadas, visando o monitoramento das condições físicas e químicas do solo, dentre elas, a condutividade elétrica do extrato de saturação do mesmo (CEes), medida através do extrato de pasta saturada do solo, como menciona Fonseca (2017), usando a metodologia proposta por Richards (1954).

A condutividade elétrica do solo (CE) é um parâmetro que está diretamente relacionada ao seu conteúdo de água. A alteração da condutividade elétrica é um reflexo da mudança no conteúdo de água e/ou diluição da solução no solo (RICHARDS, 1954). Estudos com o uso da CE têm demonstrado a sua relevância na mensuração do teor de sais da solução do solo (CAMINHA JUNIOR et al., 2000).

Em estudo analisando a condutividade elétrica de um solo manejado com diferentes lâminas de irrigação e diferentes doses de potássio, na região dos Tabuleiros

Costeiros da Bahia, Oliveira et al. (2012) demonstraram que o aumento da condutividade elétrica do solo é diretamente proporcional ao aumento da lâmina de irrigação. As diferentes doses afetaram principalmente a condutividade elétrica dos primeiros 0,30 m do perfil do solo. A condutividade elétrica variou significativamente com o aumento da profundidade, sendo mais elevada na profundidade de 0,30 m.

Fonseca (2017), em estudo sobre estratégia de utilização de água salina no cultivo de palma forrageira 'Gigante', verificou que a condutividade elétrica do solo reduziu na camada de 0 a 0,2 m com uma diferença significativa ( $p < 0,01$ ) na avaliação no final do primeiro e do segundo ciclo para as diferentes condições de aplicação de água. No final do primeiro ciclo e após a chuva na profundidade de 0,2 a 0,4 m a condutividade elétrica também reduziu apresentando diferença ( $p < 0,05$ ) e uma redução no final do segundo ciclo, diferença ( $p < 0,01$ ), para as condições de aplicação de água, não havendo diferença significativa após a chuva.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3. 1. Descrição das condições experimentais

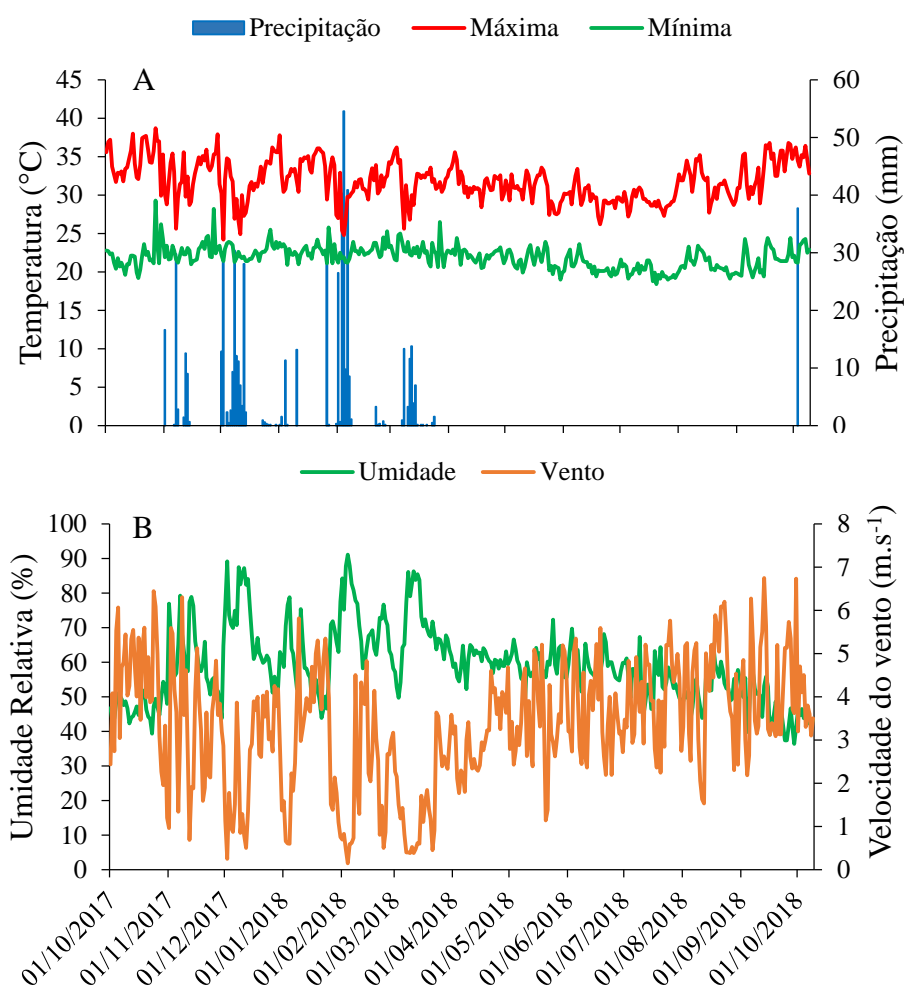
O experimento foi realizado no setor de agricultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - *Campus* Guanambi, localizado no Município de Guanambi, Micro Região da Serra Geral, Sudoeste da Bahia, com Latitude de 14°17'44" Sul, Longitude de 42°41'39" Oeste de Greenwich, Altitude de 547 m, precipitação anual média de 680 mm, com período chuvoso entre novembro a março e, a temperatura média de 26 °C.

O experimento foi conduzido no período compreendido entre setembro de 2017 e outubro de 2018, em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO. A caracterização físico-química do solo antes da implantação consta na Tabela 1. Durante o experimento, os principais elementos do clima foram obtidos por uma estação meteorológica instalada próximo da área experimental (Figura 1).

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo da área experimental

Parâmetros	Unidade	Profundidade	
		0 - 20 cm	20 - 40 cm
pH (H <sub>2</sub> O)		5,7	5,3
P	mg dm <sup>-3</sup>	23,5	5,8
K <sup>+</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	108,0	104,0
Na <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,1	0,1
Ca <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,4	1,2
Mg <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,6	0,4
Al <sup>3+</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,0	0,0
H+Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,7	1,5
S.B. <sup>1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,4	1,9
t <sup>2</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,4	1,9
T <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,1	3,5
V <sup>4</sup>	%	58,0	56,0
B	mg dm <sup>-3</sup>	0,3	0,2
Cu	mg dm <sup>-3</sup>	0,4	0,2
Fe	mg dm <sup>-3</sup>	16,0	17,9
Mn	mg dm <sup>-3</sup>	32,5	21,8
Zn	mg dm <sup>-3</sup>	2,1	1,2
CE <sup>5</sup>	dS m <sup>-1</sup>	0,7	0,8
Classe Textural		Franco argilo arenoso	

<sup>1</sup> soma de bases; <sup>2</sup> capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva; <sup>3</sup> CTC a pH 7,0; <sup>4</sup> saturação por bases; <sup>5</sup> condutividade elétrica.

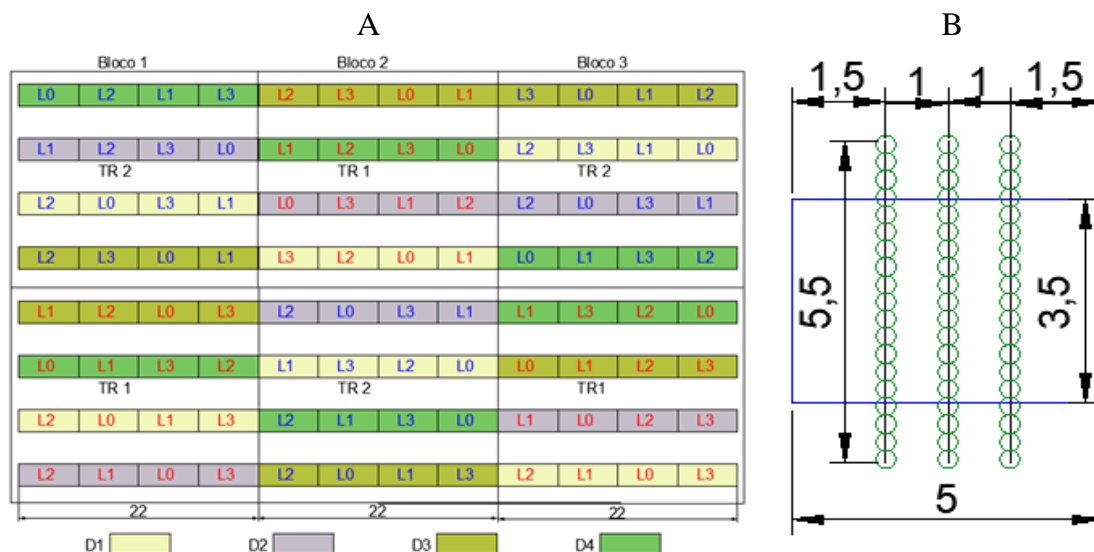


**Figura 1.** Temperatura máxima e mínima, precipitação (A), umidade relativa e velocidade do vento (B) durante o período experimental. Estação automática. IF Baiano - Campus Guanambi, 2017-2018.

### 3. 2. Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com parcelas subdivididas, sendo utilizado na parcela, dois turnos de rega (07 e 15 dias), na subparcela, quatro diferentes densidades de plantio (20, 40, 60 e 80 mil plantas por hectare) e na subsubparcela, quatro lâminas de irrigação (0, 11, 22 e 33% da ETo), perfazendo um total de 32 tratamentos, com três repetições, totalizando 96 unidades experimentais (Figura 2A). O plantio da palma Gigante foi realizado com 1 m entre fileiras, dispostas em fileiras triplas, espaçadas 3,0 m uma da outra (carreador, facilitando a entrada de maquinas na área) (Figura 2B). Nas linhas de plantio, utilizou-

se os espaçamentos de 0,30 m, 0,15 m, 0,10 m e 0,075 m entre plantas, equivalendo respectivamente às densidades de 20, 40, 60 e 80 mil plantas por hectare.



**Figura 2.** Croqui da área experimental (A) e detalhe da parcela experimental, no espaçamento 0,30 m entre plantas (B). TR1: turno de rega de 7 dias, TR2: turno de rega de 15 dias. D1: 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>, D2: 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, D3: 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>, D4: 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>. L0: lâmina igual a 0% da ETo, L1: lâmina igual a 11% da ETo, L2: lâmina igual a 22% da ETo e L3: lâmina igual a 33% da ETo.

A unidade experimental foi composta por três fileiras de plantas, cada uma delas com 5,5 m de comprimento, sendo que apenas as plantas dos 3,5 m centrais formam a área útil, com um metro de bordadura de cada lado, como pode ser visto na Figura 2<sup>a</sup>, no retângulo em azul. Para as características morfológicas (altura e largura da planta; número de cladódios e plantas mortas; índice de área de cladódios) foram avaliadas quatro plantas escolhidas aleatoriamente entre as plantas das três fileiras e nos 3,5 metros centrais. Já para a determinação da produtividade, foram consideradas todas as plantas da área útil (17,5 m<sup>2</sup>).

### 3. 3. Instalação e condução do experimento

A espécie utilizada foi a *Opuntia ficus-indica* Mill, cultivar Gigante, sendo os cladódios utilizados para o plantio provenientes de uma área experimental do próprio *Campus*. Antes do plantio, os cladódios foram mantidos na sombra por um período de 15 dias após o corte (Figura 3).





**Figura 3.** Cura dos cladódios de palma forrageira ‘Gigante’. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2017.

Na área de implantação do experimento, procedeu-se a realização de uma aração e uma gradagem. Os sulcos de plantio foram feitos com sulcador, a uma profundidade de 20 cm, onde os cladódios foram acomodados com o auxílio de um gabarito de plantio.

A área destinada ao plantio recebeu uma adubação orgânica de fundação, realizada entre os dias 17 e 20 de setembro de 2017, com aplicação de 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino, e uma adubação química, com a aplicação de 150 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, utilizando como fonte o superfosfato simples. Na adubação de cobertura, ocorrida entre os dias 12 e 14 de dezembro de 2017, utilizou-se 300 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, usando como fonte o cloreto de potássio, e 150 Kg ha<sup>-1</sup> de N, através da aplicação de ureia.

O plantio da palma ocorreu entre 25 de setembro e 05 de outubro de 2017. Devido à alta mortalidade inicial das mudas, realizou-se um replantio no dia 07 de novembro de 2017 e um segundo replantio no dia 05 de Janeiro de 2018.

Os dados da ETo foram obtidos diariamente através da estação meteorológica instalada próximo à área de implantação do experimento. Semanalmente, foram baixados os dados de ETo e calculados os tempos de irrigação para cada tratamento, conforme a Equação 1, para faixa contínua molhada (SANTOS & BRITO, 2016).

$$TI = \frac{ETo \times EL \times Eg \times Kl}{q \times Ea} \times L \quad (1)$$

em que,

TI é o tempo de irrigação (h);

ETo é a evapotranspiração de referência ( $\text{mm} = \text{L m}^{-2}$ );

El é o espaçamento entre linhas (m);

Eg é o espaçamento entre gotejadores (m);

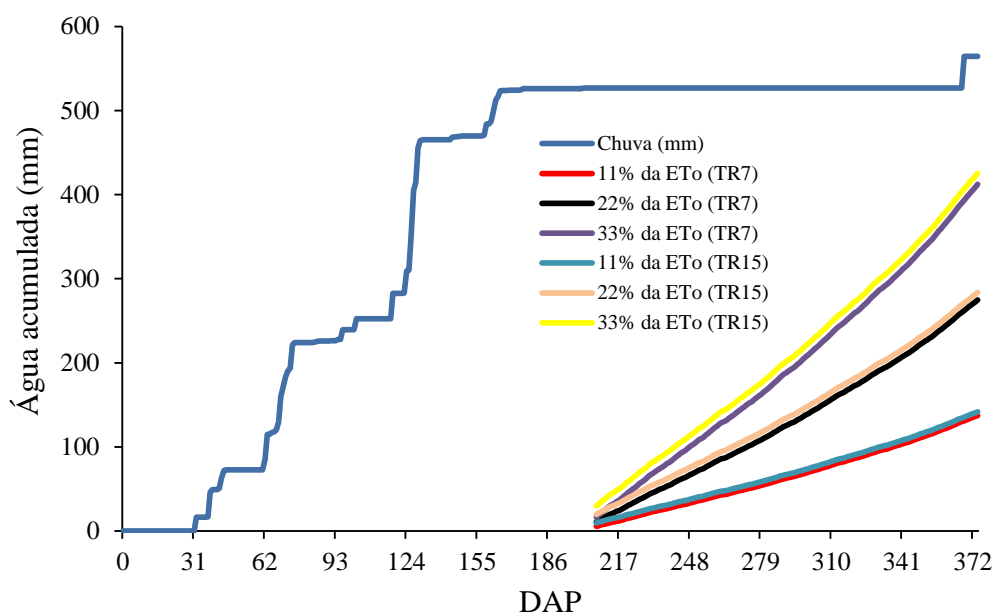
Kl é o coeficiente de localização (decimal);

q é a vazão do emissor ( $\text{L h}^{-1}$ );

Ea é a eficiência de aplicação (decimal); e

L é a fração da ETo a ser aplicada, em decimal.

Foi realizada a montagem do sistema de irrigação entre os dias 02 a 04 de Janeiro de 2018. As linhas principais e de derivação foram de material PVC, com diâmetro de 50 mm. As linhas laterais foram de tubos gotejadores de PEBD, com diâmetro de 16 mm, com emissores tipo labirinto, com vazão de  $1,97 \text{ L h}^{-1}$ , espaçados 0,3 m um do outro. Foi monitorado o acúmulo de água nas diferentes condições de aplicação de água ao longo do ciclo de produção (Figura 4).



**Figura 4.** Acúmulo de água durante o ciclo de produção de palma forrageira 'Gigante'. IF Baiano - Campus Guanambi, 2017 - 2018.

A água utilizada foi proveniente de poço tubular com as seguintes características: pH de 6,3; condutividade elétrica de  $2,91 \text{ dS m}^{-1}$ ;  $15,83 \text{ meq L}^{-1}$  de cálcio;  $9,13 \text{ meq L}^{-1}$  de magnésio;  $0,28 \text{ meq L}^{-1}$  de potássio;  $8,26 \text{ meq L}^{-1}$  de sódio;  $0,00 \text{ meq L}^{-1}$  de carbonato;  $5,20 \text{ meq L}^{-1}$  de bicarbonato;  $26,40 \text{ meq L}^{-1}$  de cloreto; e classificada como C4S1, conforme (AYERS & WESTCOT, 1985).

A aplicação dos tratamentos foi iniciada no dia 25 de abril de 2018, aos 207 dias após o plantio (DAP) (Figura 4). As avaliações foram realizadas a cada 30 dias após o início da aplicação dos tratamentos. Ao término da colheita a aplicação dos tratamentos foi suspensa.

### 3. 4. Variáveis analisadas

#### 3. 4. 1. Avaliação do sistema de irrigação

A avaliação do sistema de irrigação foi realizada em todas as condições de lâminas e turnos de rega. Foram realizadas três avaliações (30, 90 e 150 dias após a instalação do sistema de irrigação).

Para a avaliação do sistema, utilizou-se a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975), a qual recomenda a obtenção das vazões em quatro pontos ao longo da linha lateral: do primeiro emissor, dos emissores situados a 2/3 e 3/4 do comprimento e do último emissor. O volume de água coletado, com o auxílio de uma proveta, em cada gotejador, em período de tempo fixo (1 minuto) foi, posteriormente, convertido em vazão ( $L h^{-1}$ ). Com os valores de vazão dos emissores, foram determinados os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE) e Eficiência de Aplicação (Ea), conforme as equações 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^N |L_i - L_m|}{N \times L_m} \right) \quad (2)$$

$$CUD = \frac{L_{q25}}{L_m} \quad (3)$$

$$CUE = 100 \left( 1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N |L_i - L_m|^2}{(n-1) \times L_m^2}} \right) \quad (4)$$

$$Ea = K_s \times CUD \quad (5)$$

em que,

CUC é o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%);

CUD é o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%);

CUE é o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (%);

Ea é a eficiência de aplicação (%);

$L_i$  é a Lâmina obtida no  $i$ -ésimo coletor (mm) ou vazão obtida no  $i$ -ésimo emissor ( $L h^{-1}$ );

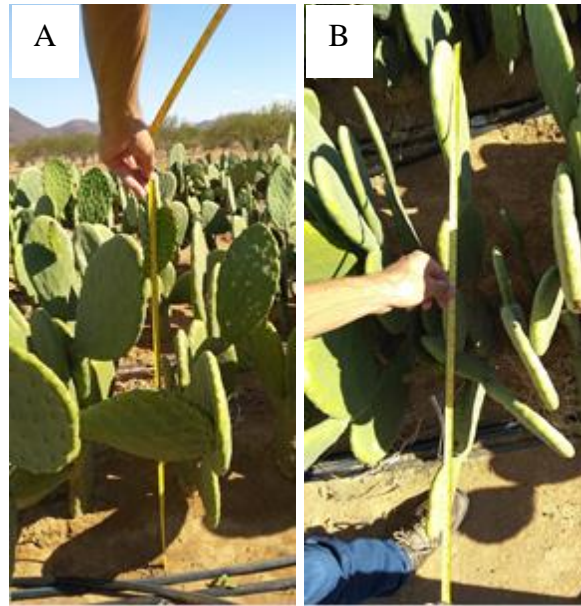
Lm é a Lâmina média (mm) ou vazão média ( $L h^{-1}$ ) de todas as observações;  
N é o Número de coletores ou de emissores;  
Lq25 é a Média de 25% das lâminas (mm) ou vazões ( $L h^{-1}$ ) com menores valores; e  
Ks é o coeficiente de transmissividade, igual a 0,90.

Os valores médios de vazão e de eficiência de aplicação foram usados no manejo da irrigação.

A pressão utilizada para o manejo diário do sistema de irrigação e para realização da avaliação foi de  $2 \text{ kgf cm}^{-2}$ . Para controle da pressão foi instalado um manômetro tipo Bourdon fixo com faixa de leitura de 0 -  $10 \text{ kgf cm}^{-2}$  no início das linhas de derivação.

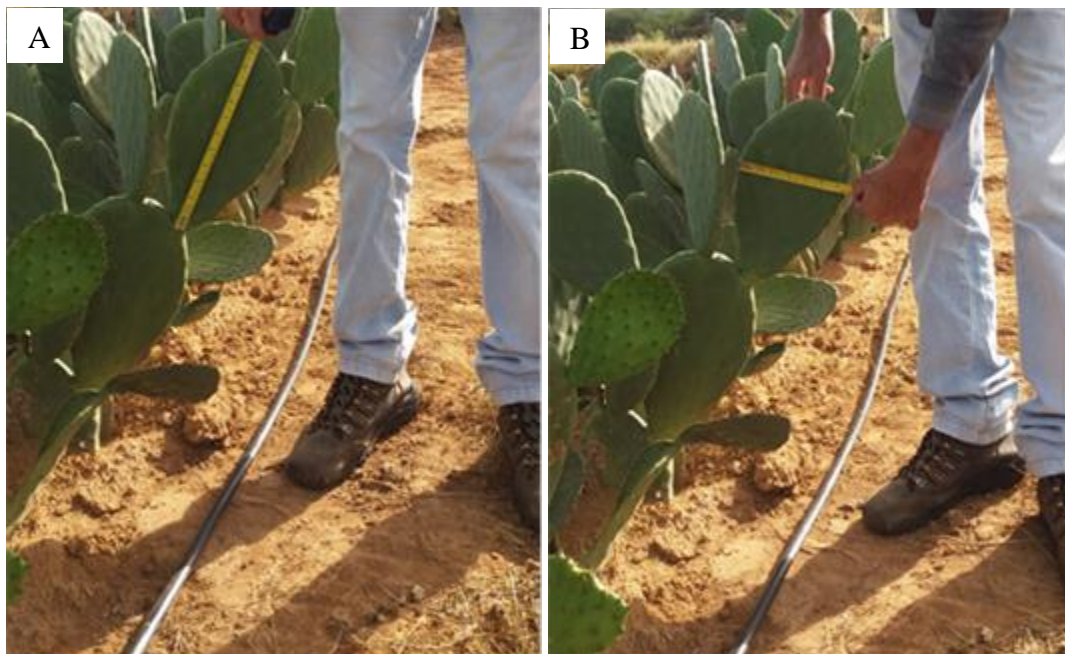
### **3. 4. 2. Características morfológicas**

As avaliações de crescimento foram iniciadas a partir dos 237 dias após o plantio (DAP) e 30 dias após o início da aplicação dos tratamentos. As características morfológicas avaliadas foram: número de plantas mortas; altura e largura da planta; número, comprimento e largura de cladódios; e índice de área de cladódio. Para estas avaliações, foram escolhidas, aleatoriamente, quatro plantas nos três metros e meio centrais da subsubparcela experimental. Para determinação da altura de planta, largura e comprimento de cladódio, foi utilizada trena milimetrada. Na medição da altura da planta, considerou-se desde o solo até a extremidade do artigo mais alto (Figura 5A). Também se determinou a largura da planta (Figura 5B).



**Figura 5.** Determinação de altura (A) e largura (B) da planta de palma forrageira ‘Gigante’. IF Baiano - *Campus* Guanambi, 2018.

Na determinação do comprimento (Figura 6A) e a largura (Figura 6B) dos cladódios, considerou-se a região que apresentava maior valor. Foram mensurados todos os cladódios das plantas avaliadas.



**Figura 6.** Determinação do comprimento (A) e largura (B) de cladódio da palma forrageira ‘Gigante’. IF Baiano - *Campus* Guanambi, 2018.

O índice de área do cladódio foi estimado com os dados obtidos do comprimento e largura. Primeiramente, foi determinada a área do cladódio conforme metodologia descrita por Pinto et al., (2002) (Equação 6).

$$ACL = CCL \times LCL \times 0,693 \quad (6)$$

em que,

ACL é a área do cladódio ( $m^2$ );

CCL é o comprimento do cladódio (m);

LCL é a largura do cladódio (m); e

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

O índice de área do cladódio (IAC), foi estimado multiplicando-se a área média do cladódio por dois (considerando-se os dois lados) e pelo número de cladódios da planta, obtendo-se a área total dos cladódios da planta ( $m^2$ ); e, em seguida, dividindo-a pela área ocupada pela planta no solo ( $m^2$  de solo), obtendo-se o IAC em  $m^2$  de cladódio  $m^{-2}$  de solo, determinando-se dessa maneira a área fotossinteticamente ativa da planta.

### **3. 4. 3. Características produtivas e eficiência de uso da água**

No momento da colheita, todas as plantas da área útil foram colhidas com o auxílio de uma faca, realizando-se o corte de todos os cladódios e preservando somente o cladódio “mãe” (cladódio utilizado no plantio). O corte foi realizado na junção entre os cladódios, afim de não provocar danos no cladódio preservado. Todos os cladódios colhidos na parcela (Figura 7A) foram acondicionados em caixas para realização da pesagem (Figura 7B) e determinou-se a produção de matéria verde (PMV) ( $Mg\ ha^{-1}$ ).



**Figura 7.** Colheita (A) e pesagem de cladódios (B) da palma forrageira ‘Gigante’. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2018.

A eficiência de uso da água foi obtida pelo quociente entre a produtividade de massa verde da cultura e o volume total de água aplicado nos diferentes tratamentos, somada com a precipitação ocorrida durante o ciclo da cultura (Equação 7).

$$EUA = \frac{PROD}{LBA + P} \quad (7)$$

em que,

EUA é a eficiência de uso da água ( $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ );

PROD é a produtividade, ( $\text{kg ha}^{-1}$ );

LBA é a lâmina bruta aplicada (mm); e

P é a precipitação (mm).

Também foi determinada a eficiência de uso da água considerando-se somente as lâminas aplicadas em cada tratamento irrigado, a qual foi obtida pelo quociente entre a produtividade e a lâmina bruta aplicada.

#### 3. 4. 4. Condutividade elétrica do solo

Para verificação da variação da salinidade do solo com a aplicação das diferentes condições de lâminas de água, foram coletadas amostras de solo nas profundidades 0,0 -

20 cm e 20 - 40 cm, a uma distância de 20 cm da planta. As coletas foram realizadas em duas épocas, sendo uma no final do ciclo da cultura e outra após o período chuvoso posterior à colheita, comparando o nível de salinidade do solo antes após a aplicação dos tratamentos; e antes e após a precipitação, demonstrando o efeito da chuva na lixiviação dos sais. Posteriormente, foram pesadas 400 g de solo para cada amostra, colocadas em sacos plásticos devidamente identificadas e enviadas ao laboratório da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - Unidade Regional Epamig Norte de Minas (EPAMIG-URENM), para a determinação da salinidade, conforme a metodologia descrita por Richards (1954).

### **3. 5. Análise estatística**

Os dados obtidos de condutividade elétrica do solo, características morfológicas, produtividade de massa verde e eficiência de uso da água foram submetidos à análise de variância adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade, utilizando-se o Programa SISVAR (FERREIRA, 2011), onde foi feita a regressão para cada fonte de variação a 5% de probabilidade, quando constatada significância da mesma.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4. 1. Avaliação do sistema de irrigação

A avaliação do sistema de irrigação foi feita levando em consideração apenas as diferentes lâminas aplicadas em associação com os turnos de rega (TR) adotados. Aos 30 dias após início da aplicação da água salina (2,91 dS m<sup>-1</sup>), o sistema de irrigação com gotejadores tipo labirinto apresentou valores de CUC, CUE, CUD e Ea (Tabela 2) considerados excelentes, conforme Mantovani (2001).

**Tabela 2.** Valores de CUC, CUD, CUE e Ea do sistema de irrigação da palma forrageira ‘Gigante’ em função da aplicação de diferentes lâminas de água salina. IF Baiano - *Campus* Guanambi, 2018

Condição*	CUC (%)	CUD (%)	CUE	Ea
	30 dias			
11% da ETo (TR 7)	97,44	96,54	96,93	87,88
22% da ETo (TR 7)	97,20	97,50	96,90	87,30
33% da ETo (TR 7)	96,40	98,40	98,90	88,20
11% da ETo (TR 15)	98,60	97,70	98,10	86,80
22% da ETo (TR 15)	97,80	96,70	98,20	87,90
33% da ETo (TR 15)	98,10	97,30	98,50	87,60
90 dias				
11% da ETo (TR 7)	97,10	96,20	97,53	87,45
22% da ETo (TR 7)	96,80	97,30	97,70	87,20
33% da ETo (TR 7)	95,10	97,90	96,80	87,80
11% da ETo (TR 15)	98,30	96,90	96,70	85,80
22% da ETo (TR 15)	95,60	94,20	95,60	87,50
33% da ETo (TR 15)	98,10	97,30	96,50	87,10
150 dias				
11% da ETo (TR 7)	96,90	96,20	96,33	87,35
22% da ETo (TR 7)	96,50	97,20	96,40	86,80
33% da ETo (TR 7)	96,80	95,80	96,30	85,60
11% da ETo (TR 15)	96,10	95,30	94,10	84,30
22% da ETo (TR 15)	94,70	93,80	95,50	86,90
33% da ETo (TR 15)	96,10	96,60	95,40	85,50

\*Condição se refere às combinações/associações de lâminas aplicadas (11; 22 e 33% da ETo e os turnos de rega (TR) de 7 e 15 dias.

ETo – Evapotranspiração de referência; TR 7 – Turno de rega de sete dias; TR 15 – Turno de rega de quinze dias; CUC - Coeficientes de Uniformidade de Christiansen; CUD - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição; CUE - Coeficiente de Uniformidade Estatística e Ea - Eficiência de Aplicação.

Os valores de CUC, CUD e CUE e Ea, aos 90 e 150 dias também foram classificados como excelentes, apesar de uma redução branda nos respectivos valores. Isso indica que a presença dos sais na água utilizada não afetou o sistema de irrigação no período avaliado. Porém, é importante ressaltar que o período total de avaliação foi

de 150 dias, necessitando de um período maior para se comprovar os efeitos da salinidade no funcionamento de um sistema de irrigação com maior precisão.

Os resultados encontrados corroboram com os obtidos por Brito et al. (2016), que ao avaliarem o desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento com aplicação da água salina com condutividade elétrica de  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ , em ensaio desenvolvido em dois experimentos com irrigação por gotejamento, um com emissor autocompensante ‘on line’ de vazão  $8 \text{ L h}^{-1}$ , no abacaxizeiro e outro com emissor tipo labirinto ‘in line’ com vazão de  $4 \text{ L h}^{-1}$ , na palma forrageira, encontraram, para os gotejadores tipo labirinto, valores de CUC, CUE, CUD e  $E_a$  considerados excelentes para as diferentes lâminas de irrigação aplicadas.

#### **4. 2. Características morfológicas**

As análises estatísticas do ciclo de produção da palma forrageira ‘Gigante’ foram realizadas para todas as variáveis mensuradas (altura e largura da planta, número, comprimento e largura de cladódios e índice de área de cladódio), mediante os tratamentos aplicados (turnos de rega; densidades de plantio e lâminas de irrigação) e as interações entre os mesmos. De acordo com os resultados, obtidos não se observou efeito significativo dos turnos de rega sobre as variáveis analisadas, assim como não houve interação entre os fatores, mas sim, efeitos isolados da densidade e da lâmina de irrigação.

Durante o ciclo de avaliação, as densidades de plantio apresentaram efeito significativo para o número de cladódios e IAC. As lâminas de irrigação aplicadas apresentaram efeito significativo para a altura e largura da planta e IAC. Nas Tabelas a seguir são mostradas as ANOVAS e os seus respectivos quadrados médios, com a descrição da variável analisada.

No terceiro mês de avaliação (25/07/2018 – 297 DAP), a largura da planta de palma forrageira ‘Gigante’ apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para os tratamentos aplicados (Tabela 3).

**Tabela 3.** Análise de variância e seus respectivos quadrados médios para a largura de plantas de palma forrageira 'Gigante' submetidas a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - *Campus* Guanambi, 297 DAP

FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	41,12	0,7788 <sup>NS</sup>
TR	1	4,35	0,8784 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	144,82	
Dens	3	650,74	0,3925 <sup>NS</sup>
Dens x TR	3	133,10	0,8644 <sup>NS</sup>
Erro 2	6	550,65	
Lam	3	536,82	0,0294 <sup>*</sup>
Lam x Dens	9	265,13	0,1403 <sup>NS</sup>
Lam x TR	3	248,97	0,2256 <sup>NS</sup>
Lam x Dens x TR	9	67,59	0,9262 <sup>NS</sup>
Erro 3	54	166,24	

\* e <sup>NS</sup>, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, respectivamente.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

No quarto mês de avaliação (25/08/2018 – 327 DAP), a largura da planta de palma forrageira ‘Gigante’ apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para os tratamentos aplicados (Tabela 4).

**Tabela 4.** Análise de variância e seus respectivos quadrados médios para a largura de plantas de palma forrageira 'Gigante' submetida a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - *Campus* Guanambi, 327 DAP

FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	152,35	0,4593 <sup>NS</sup>
TR	1	22,02	0,7200 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	129,44	
Dens	3	776,78	0,2571 <sup>NS</sup>
Dens x TR	3	135,62	0,8216 <sup>NS</sup>
Erro 2	6	445,26	
Lam	3	820,81	0,0018 <sup>**</sup>
Lam x Dens	9	243,28	0,1146 <sup>NS</sup>
Lam x TR	3	240,78	0,1841 <sup>NS</sup>
Lam x Dens x TR	9	75,37	0,8515 <sup>NS</sup>
Erro 3	54	144,10	

\*\* e <sup>NS</sup>, significativo e não significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, respectivamente.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

No quinto mês de avaliação (25/09/2018 – 357 DAP), a largura da planta de palma forrageira ‘Gigante’ apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para os tratamentos aplicados (Tabela 5).

**Tabela 5.** Análise de variância e seus respectivos quadrados médios para largura de plantas de palma forrageira 'Gigante' submetidas a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - Campus Guanambi, 357 DAP

FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	309,68	0,5847 <sup>NS</sup>
TR	1	180,51	0,5858 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	435,95	
Dens	3	1127,00	0,1122 <sup>NS</sup>
Dens x TR	3	138,00	0,8234 <sup>NS</sup>
Erro 2	12	456,88	
Lam	3	1426,19	0,0001 <sup>**</sup>
Lam x Dens	9	182,34	0,4079 <sup>NS</sup>
Lam x TR	3	239,00	0,2569 <sup>NS</sup>
Lam x Dens x TR	9	114,66	0,7339 <sup>NS</sup>
Erro 3	48	171,83	

\*\* e <sup>NS</sup>, significativo e não significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, respectivamente.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

No quinto mês de avaliação (25/09/2018 – 357 DAP), a altura da planta de palma forrageira 'Gigante' apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para os tratamentos aplicados (Tabela 6).

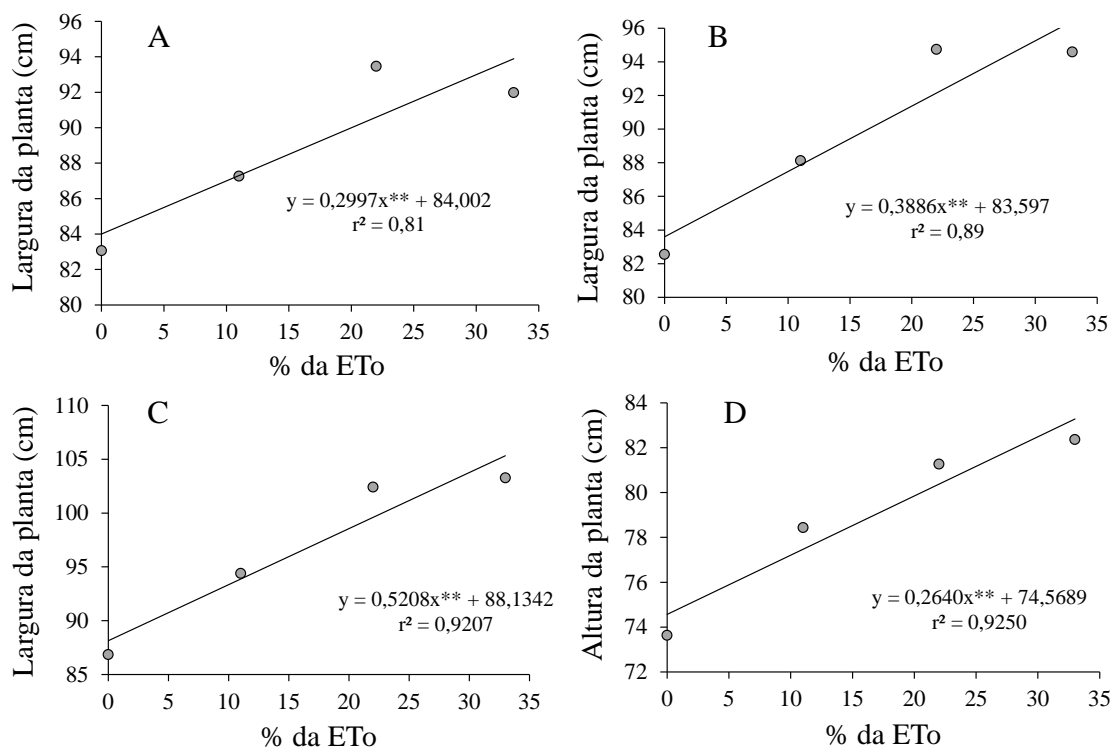
**Tabela 6.** Análise de variância e seus respectivos quadrados médios para altura de plantas de palma forrageira 'Gigante' submetidas a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - Campus Guanambi, 357 DAP

FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	795,77	0,5082 <sup>NS</sup>
TR	1	41,94	0,8423 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	822,41	
Dens	3	73,33	0,7012 <sup>NS</sup>
Dens x TR	3	13,47	0,9651 <sup>NS</sup>
Erro 2	12	152,27	
Lam	3	364,79	0,0051 <sup>**</sup>
Lam x Dens	9	29,65	0,9326 <sup>NS</sup>
Lam x TR	3	59,93	0,5031 <sup>NS</sup>
Lam x Dens x TR	9	31,69	0,9180 <sup>NS</sup>
Erro 3	48	75,45	

\*\* e <sup>NS</sup>, significativo e não significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, respectivamente.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

Na Figura 8 apresenta-se a Largura das plantas de palma cultivar 'Gigante' submetidas a diferentes lâminas de irrigação (0, 11, 22 e 33% da ETo) (A – 297 DAP; B – 327 DAP) e largura (C) e altura das plantas (D) aos 357 DAP.



**Figura 8.** Largura das plantas de palma cultivar ‘Gigante’ submetidas a diferentes lâminas de irrigação (0, 11, 22 e 33% da ETo) (A – 297 DAP; B – 327 DAP) e largura (C) e altura das plantas (D) aos 357 DAP. IF Baiano - *Campus* Guanambi, 2018.

A lâmina de irrigação proporcionou aumento significativo ( $p < 0,05$ ) na variável largura da planta, aos 297 DAP, respondendo de forma linear positiva ao incremento da lâmina de irrigação aplicada, 84,00 cm e 93,89 cm, para as lâminas de 0 e 33% da ETo, respectivamente, um aumento de 11,77% na largura (Figura 8A). Aos 327 DAP a largura da planta também apresentou uma tendência de crescimento linear significativo ( $p < 0,01$ ) à medida que se aumentou a lâmina de irrigação aplicada. Nas lâminas testadas, a de 33% da ETo apresentou a maior média (96,42 cm) e a menor lâmina (0% da ETo), apresentou a menor média (83,60 cm), crescimento de 15,33% na largura da planta, da menor para a maior lâmina (Figura 8B).

Após 357 DAP, a tendência de resposta linear positiva significativa ( $p < 0,01$ ) se manteve, mostrando que a largura da planta tendeu a continuar aumentando, à medida que se elevou a lâmina de irrigação, tendo-se assim, uma largura máxima de 105,32 cm na maior lâmina testada (33% da ETo) e 88,13 cm para a menor lâmina testada (0% da ETo), 19,51% de crescimento para essa variável (Figura 8C). Apesar das lâminas aplicadas terem sido pequenas, elas interferiram de forma linear positiva na largura da

planta. A irrigação favoreceu o desenvolvimento das plantas, assim como a largura, também se observou resposta linear crescente ( $p < 0,01$ ) para a altura aos 357 DAP, com médias de 74,57 e 83,28 cm para as lâminas de 0 e 33% da ETo, respectivamente, um acréscimo de 11,68% (Figura 8D).

Os resultados encontrados podem ser explicados pelo fato que a palma forrageira, quando cultivada em condições de disponibilidade de água, passa a funcionar como plantas C3. A enzima Pep carboxilase torna-se inativa durante o dia, não havendo vantagem na abertura dos estômatos durante a noite (SAMPAIO, 2011). O metabolismo ácido das crassuláceas apresenta maior intensidade de expressão sob condições de estresse abiótico severo (TAIZ e ZEIGER, 2009). Todavia, mudanças no manejo da cultura podem aperfeiçoar o uso da radiação e o *status* nutricional da planta, com consequente incremento nas taxas fotossintéticas, no crescimento, na produtividade e na composição nutricional (FONSECA, 2017).

Os coeficientes de correlação para a variável altura da palma forrageira indicam que as plantas mais altas possuem maior largura de planta (SILVA et al., 2010). Os resultados encontrados no presente trabalho, porém, diferem dos encontrados por Pereira et al. (2015), que, em estudo sobre morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento, em delineamento experimental fatorial 3x3 com três repetições, sendo utilizados três intervalos de aplicação de uma lâmina fixa de 7,5 mm (7, 14 e 28 dias) e três clones de palma forrageira (IPA Sertânia; Miúda; e Orelha de Elefante Mexicana), não encontraram diferença significativa para as variáveis largura e altura da planta em relação à lâmina aplicada, obtendo médias de 51,8 e 48,8 cm, respectivamente.

No primeiro mês de avaliação (25/05/2018 – 237 DAP), o índice de área de cladódio da palma forrageira ‘Gigante’ apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para os tratamentos aplicados (Tabela 7).

**Tabela 7.** Análise de variância e seus respectivos quadrados médios para o índice de área de cladódio de plantas de palma forrageira 'Gigante', submetida a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 237 DAP

FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	0,20	0,9253 <sup>NS</sup>
TR	1	0,83	0,6199 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	2,45	
Dens	3	64,49	0,0000 <sup>**</sup>
Dens x TR	3	0,32	0,8668 <sup>NS</sup>
Erro 2	12	1,34	
Lam	3	0,47	0,4558 <sup>NS</sup>
Lam x Dens	9	0,24	0,9094 <sup>NS</sup>
Lam x TR	3	1,30	0,0794 <sup>NS</sup>
Lam x Dens x TR	9	0,83	0,1638 <sup>NS</sup>
Erro 3	48	0,54	

\*\* e <sup>NS</sup>, significativo e não significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, respectivamente.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

No segundo mês de avaliação (25/06/2018 – 267 DAP), o índice de área de cladódio da palma forrageira ‘Gigante’ apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para os tratamentos aplicados (Tabela 8).

**Tabela 8.** Análise de variância e seus respectivos quadrados médios para o índice de área de cladódio de plantas de palma forrageira 'Gigante', submetidas a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 267 DAP

FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	0,25	0,9389 <sup>NS</sup>
TR	1	0,66	0,7170 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	3,79	
Dens	3	70,74	0,0000 <sup>**</sup>
Dens x TR	3	0,14	0,9660 <sup>NS</sup>
Erro 2	12	1,72	
Lam	3	0,62	0,4621 <sup>NS</sup>
Lam x Dens	9	0,37	0,8582 <sup>NS</sup>
Lam x TR	3	1,20	0,1823 <sup>NS</sup>
Erro 3	57	0,72	

\*\* e <sup>NS</sup>, significativo e não significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, respectivamente.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

No terceiro mês de avaliação (25/07/2018 – 297 DAP), o índice de área de cladódio da palma forrageira ‘Gigante’ apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para os tratamentos aplicados (Tabela 9).

**Tabela 9.** Análise de variância e seus respectivos quadrados médios para o índice de área de cladódio de plantas de palma forrageira 'Gigante', submetidas a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 297 DAP

FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	0,42	0,9255 <sup>NS</sup>
TR	1	1,02	0,7022 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	5,24	
Dens	3	77,43	0,0000 <sup>**</sup>
Dens x TR	3	0,27	0,9438 <sup>NS</sup>
Erro 2	12	2,14	
Lam	3	1,22	0,1937 <sup>NS</sup>
Lam x Dens	9	0,41	0,8342 <sup>NS</sup>
Lam x TR	3	1,38	0,1511 <sup>NS</sup>
Erro 3	57	0,75	

\*\* e <sup>NS</sup>, significativo e não significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, respectivamente.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

No quarto mês de avaliação (25/08/2018 – 327 DAP), o índice de área de cladódio da palma forrageira 'Gigante' apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para os tratamentos aplicados (Tabela 10).

**Tabela 10.** Análise de variância e seus respectivos quadrados médios para o índice de área de cladódio de plantas de palma forrageira 'Gigante' submetidas a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 327 DAP

FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	2,04	0,7881 <sup>NS</sup>
TR	1	0,99	0,7526 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	7,57	
Dens	3	92,75	0,0000 <sup>**</sup>
Dens x TR	3	0,43	0,9311 <sup>NS</sup>
Erro 2	12	2,96	
Lam	3	1,58	0,1447 <sup>NS</sup>
Lam x Dens	9	0,48	0,8188 <sup>NS</sup>
Lam x TR	3	1,35	0,2007 <sup>NS</sup>
Erro 3	57	0,85	

\*\* e <sup>NS</sup>, significativo e não significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, respectivamente.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

No quinto mês de avaliação (25/09/2018 – 357 DAP), o índice de área de cladódio da palma forrageira 'Gigante' apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para os tratamentos aplicados (Tabela 11).



**Tabela 11.** Análise de variância e seus respectivos quadrados médios para o índice de área de cladódio de plantas de palma forrageira 'Gigante' submetidas a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 357 DAP

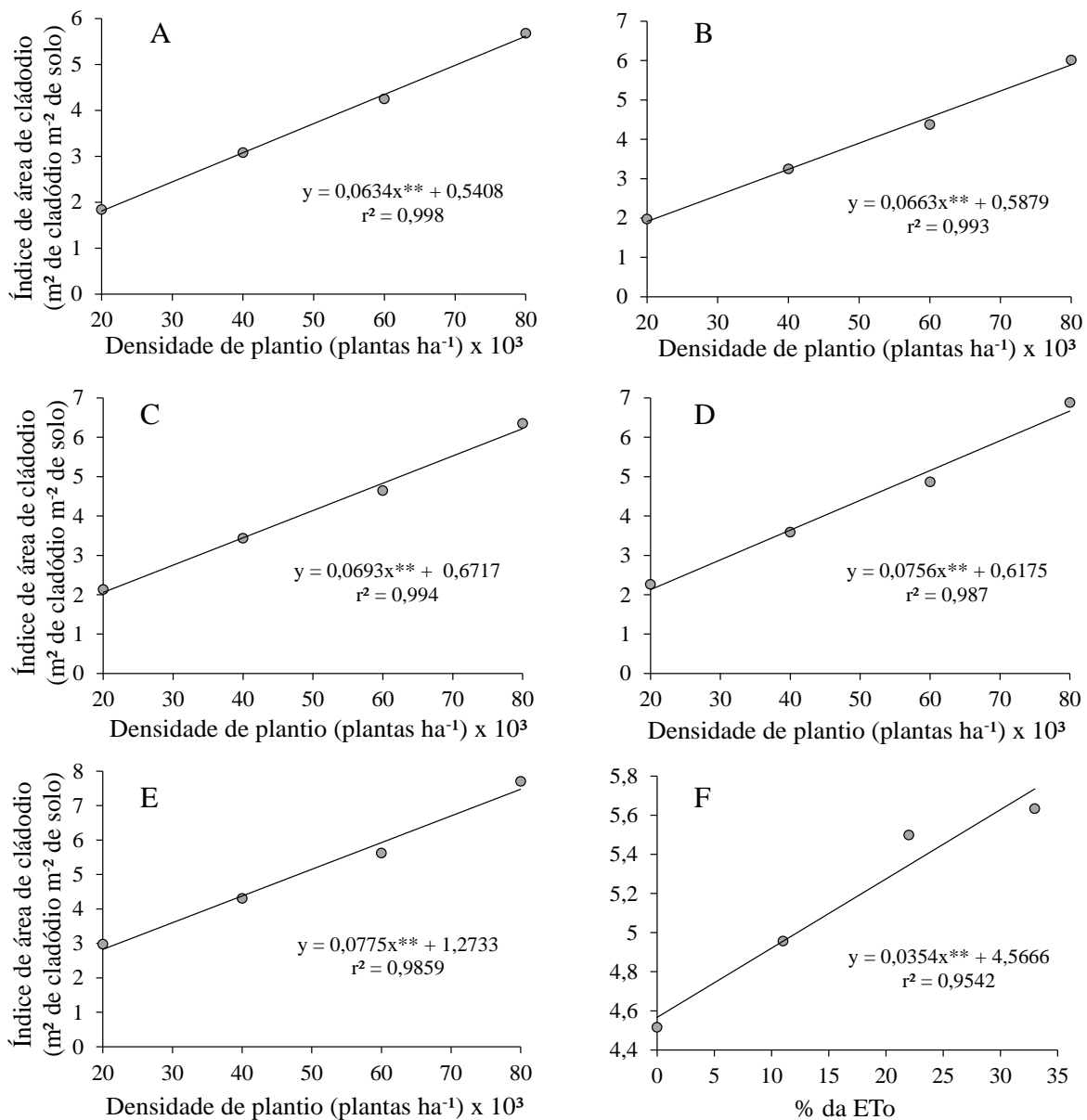
FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	2,14	0,8750 <sup>NS</sup>
TR	1	2,89	0,7033 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	14,99	
Dens	3	97,61	0,0002 <sup>**</sup>
Dens x TR	3	0,74	0,9503 <sup>NS</sup>
Erro 2	12	6,52	
Lam	3	6,36	0,0019 <sup>**</sup>
Lam x Dens	9	0,62	0,8211 <sup>NS</sup>
Lam x TR	3	0,65	0,6277 <sup>NS</sup>
Lam x Dens x TR	9	0,87	0,6270 <sup>NS</sup>
Erro 3	48	1,10	

\*\* e <sup>NS</sup>, significativo e não significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, respectivamente.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

Na Figura 9 apresenta-se o Índice de área de cladódio da palma cultivar 'Gigante' submetidas a diferentes densidades de plantio (20, 40, 60 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup> e diferentes lâminas de irrigação (0, 11, 22 e 33% da ETo).

A densidade de plantio proporcionou aumento significativo ( $p < 0,01$ ) no índice de área do cladódio aos 237 DAP, que responderam de forma linear positiva ao aumento da densidade de plantio, passando de 1,81 e 5,61 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, para as densidades de 20 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente, um aumento de 209,94% no IAC (Figura 9A). Aos 267 DAP, o IAC apresentou crescimento linear significativo ( $p < 0,01$ ) da ordem de 208,38% em relação ao aumento da densidade de plantio, com médias para IAC de 1,91 e 5,89 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, nas densidades 20 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 9B). Para os 297 DAP, novamente o IAC mostrou aumento significativo ( $p < 0,01$ ) em relação à densidade de plantio, aumentando à medida que se elevou a população de plantas na área, com as médias de 2,00 e 5,98 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, para a menor (20 mil plantas ha<sup>-1</sup>) e maior densidade de plantio (80 mil plantas ha<sup>-1</sup>), nessa ordem, um aumento de 199% (Figura 9C). Aos 327 DAP, o IAC mostrou significativo ( $p < 0,01$ ), com médias de 2,13 e 6,67 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, para as densidades de 20 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente, aumento de 213% (Figura 9D). Aos 357 DAP o IAC teve aumento linear significativo ( $p < 0,01$ ) de 2,82 para 7,48 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, nas densidades de 20 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, nessa ordem, representando 165,25% de aumento (Figura 9E).



**Figura 9.** Índice de área de cladódio da palma cultivar ‘Gigante’ submetidas a diferentes densidades de plantio (20, 40, 60 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>) (A – 237 DAP; B – 267 DAP; C – 297 DAP; D – 327 DAP e E – 357 DAP) e lâminas de irrigação (0, 11, 22 e 33% da ETo) (F – 357 DAP). IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2018.

O IAC está relacionado exclusivamente ao aumento da densidade de plantas, uma vez que o número de cladódios por planta diminuiu com o aumento da densidade de plantio. Sales et al. (2013), em estudo feito com a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) cultivar Gigante constataram que, até a densidade de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, o índice de área de cladódio aumentou nas condições ambientais do experimento.

Aos 357 DAP, a ETo proporcionou aumento significativo (p<0,01) no índice de área do cladódio, que responderam de forma linear positiva ao aumento da lâmina

aplica, com 4,57 e 5,74 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, para as lâminas de 0 e 33% da ETo, respectivamente, um aumento de 25,60% no IAC (Figura 9F).

Observou-se que o IAC apresentou um aumento significativo com utilização da irrigação com água salina em relação à condição de sequeiro. Um maior índice de área do cladódio é uma característica importante do ponto de vista fisiológico da planta, pois indica uma maior área para captação da radiação fotossinteticamente ativa e, conseqüentemente, reflete em maior rendimento da cultura.

Efeitos da lâmina no IAC também foi observado por Dantas (2015) que, em estudo com lâminas de água salina e doses de adubação orgânica na produção de palma Miúda adensada no semiárido, com as lâminas de 0; 7,5; 15 e 30 mm mês<sup>-1</sup>, observou-se efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) da lâmina de água. O IAC da lâmina de 30 mm (1,93) diferiu significativamente do tratamento não irrigado (1,18). Fonseca (2017), em estudo sobre estratégia de utilização de água salina no cultivo de palma forrageira ‘Gigante’, em dois anos consecutivos, observou que os maiores valores de IAC médio agruparam-se nas maiores lâminas, diferindo das demais, houve um incremento do índice de área do cladódio de 53,42 e 126,26% do tratamento sem irrigação para o maior valor obtido, respectivamente, para o primeiro e segundo ciclo.

As maiores médias para as características morfológicas da palma forrageira ‘Gigante’ foram obtidas nas condições de maior disponibilidade de água, indicando que, mesmo com utilização de água salina, a irrigação promove melhores condições ao desenvolvimento da cultura, provavelmente devido ao aumento das taxas fotossintéticas e, conseqüentemente, crescimento da planta.

No quinto mês de avaliação (25/09/2018 – 357 DAP), o número de cladódios da palma forrageira ‘Gigante’ apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para os tratamentos aplicados (Tabela 12).

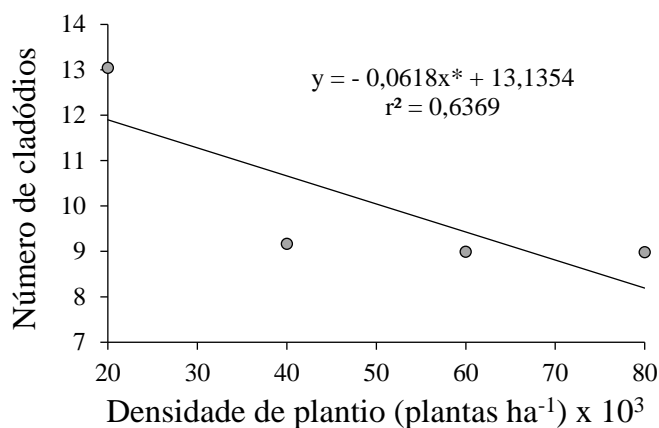
**Tabela 12.** Análise de variância e seus respectivos quadrados médios para o número de cladódios de palma forrageira 'Gigante' submetidas a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - Campus Guanambi, 357 DAP

FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	52,30	0,5155 <sup>NS</sup>
TR	1	2,42	0,8540 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	55,64	
Dens	3	96,01	0,0383*
Dens x TR	3	6,29	0,8579 <sup>NS</sup>
Erro 2	12	24,89	
Lam	3	7,28	0,2421 <sup>NS</sup>
Lam x Dens	9	1,29	0,9834 <sup>NS</sup>
Lam x TR	3	5,69	0,3475 <sup>NS</sup>
Lam x Dens x TR	9	4,84	0,4851 <sup>NS</sup>
Erro 3	48	5,05	

\* e <sup>NS</sup>, significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, respectivamente.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

O número de cladódios da palma cultivar 'Gigante' submetidas a diferentes densidades de plantio (20, 40, 60 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>), aos 357 DAP é apresentado na Figura 10.



**Figura 10.** Número de cladódios da palma cultivar 'Gigante' submetidas a diferentes densidades de plantio (20, 40, 60 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>), aos 357 DAP. IF Baiano - Campus Guanambi, 2018.

A densidade de plantio proporcionou redução significativa ( $p < 0,05$ ) no número de cladódios aos 357 DAP, que responderam de forma linear negativa ao aumento da densidade de plantio, de 11,90 e 8,20 cladódios, para as densidades de 20 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Uma redução de 31,1%. Valores muito próximos a esses foram encontrados por Silva et al. (2014) em estudo sobre a produtividade da palma

forageira cultivada em diferentes densidades de plantio, onde o número de cladódios por planta da palma ‘Gigante’ ajustou-se de forma linear negativa ao aumento das densidades de plantio, com valores de 10,3 e 5,9 cladódios, nas densidades de 20 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os resultados obtidos no presente trabalho também corroboram com os encontrados por Cavalcante et al. (2014), que, em estudo com três genótipos de palma forrageira (Gigante, Redonda e Miúda) e quatro densidades de cultivo (10.000 plantas ha<sup>-1</sup>, 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>, 40.000 plantas ha<sup>-1</sup> e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>), constataram que, com o aumento da densidade de plantio, houve efeito quadrático negativo no número de cladódios por planta, possivelmente devido à maior competição entre as plantas por espaço, promovendo diminuição na emissão de cladódios. O adensamento fez com que a planta emitisse menor número de novos brotos, uma vez que não havia espaço para que esses crescessem. Possivelmente, os cladódios não conseguiram se desenvolver devido à sobreposição dos mesmos. Por isso, o número de cladódios por planta diminuiu.

#### **4. 3. Produtividade de massa verde (PMV)**

Foram realizadas as análises estatísticas para a variável produtividade de massa verde (PMV) da palma forrageira ‘Gigante’, após a colheita e pesagem de todos os cladódios da área útil, para todos os fatores adotados (turnos de rega; densidades de plantio e lâminas de irrigação) e as interações entre os mesmos. De acordo com os resultados obtidos, não se observou efeito significativo dos turnos de rega sobre essa variável, assim como não houve interação entre os fatores, mas sim, efeitos isolados da densidade e da lâmina de irrigação na PMV.

Na Tabela 13, é mostrada a ANOVA e os seus respectivos quadrados médios, com a descrição da variável analisada.

**Tabela 23.** Análise de variância e seus respectivos quadrados médios para a produtividade de plantas de palma forrageira 'Gigante', submetidas a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 375 DAP

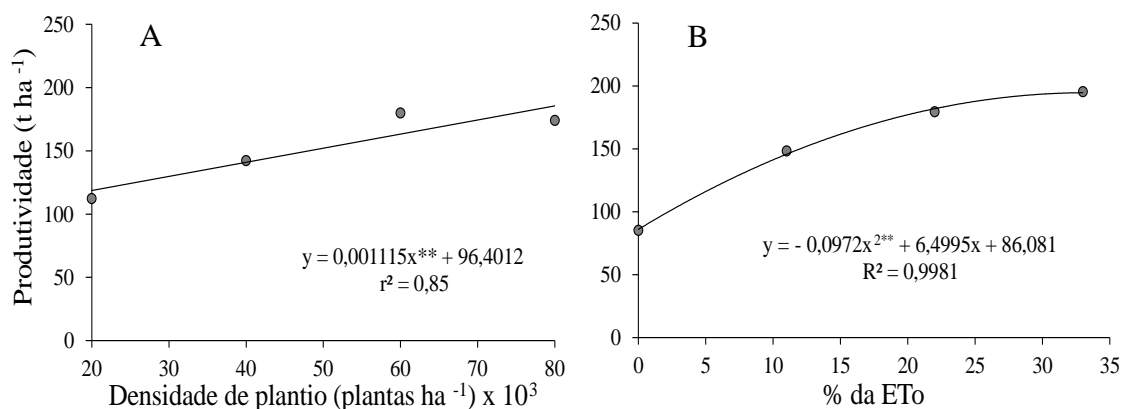
FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	14765,56	0,2990 <sup>NS</sup>
TR	1	14,91	0,9656 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	6297,74	
Dens	3	23507,52	0,0056 <sup>**</sup>
Dens x TR	3	491,37	0,8534 <sup>NS</sup>
Erro 2	6	1905,77	
Lam	3	56971,23	0,0000 <sup>**</sup>
Lam x Dens	9	1129,10	0,5701 <sup>NS</sup>
Lam x TR	3	26,64	0,9967 <sup>NS</sup>
Lam x Dens x TR	9	818,69	0,7748 <sup>NS</sup>
Erro 3	54	1320,68	

\*\* e <sup>NS</sup>, significativo e não significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, respectivamente.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

A produção de massa verde da palma forrageira 'Gigante' foi influenciada ( $p < 0,01$ ) pela densidade de plantio e pelas lâminas de irrigação (Tabela 13).

As regressões de produtividade para densidade e lâmina são mostradas nas Figuras 11A e 11B, respectivamente.



**Figura 11.** Produtividade de massa verde (PMV) da palma cultivar 'Gigante', submetidas a diferentes densidades de plantio (20, 40, 60 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>) (A – 357 DAP) e lâminas de irrigação (0, 11, 22 e 33% da ETo) (B – 357 DAP). IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2018.

Aos 375 DAP, PMV da palma apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ), para a variável densidade. A PMV respondeu de forma linear positiva ao aumento da densidade de plantio (Figura 11A). A menor densidade de plantio (20 mil plantas ha<sup>-1</sup>)

apresentou uma média de produtividade de 118,7 t ha<sup>-1</sup>, já a maior densidade (80 mil plantas ha<sup>-1</sup>) resultou em uma média produtiva de 185,6 t ha<sup>-1</sup>, um incremento de 56,36% da maior densidade em relação a menor.

A resposta linear positiva para produtividade de massa verde nas maiores densidades de plantio está diretamente relacionada ao aumento do número de plantas por hectare, uma vez que o número de cladódios por planta diminuiu com o aumento das densidades. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2014) que, em estudo com três genótipos de palma forrageira (Gigante, Redonda e Miúda) e quatro densidades de cultivo (10.000 plantas ha<sup>-1</sup>, 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>, 40.000 plantas ha<sup>-1</sup> e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>), encontraram, para a ‘Gigante’, um incremento da ordem de 225%, da maior para a menor densidade utilizada. Ramos et al. (2011), estudando o crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes densidades (5.000 plantas ha<sup>-1</sup>, 10.000 plantas ha<sup>-1</sup> e 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>), constataram que, para a menor e maior densidade, a PMV foi de 40,56 e 130,06 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, um aumento de 220,66%. Os resultados do presente trabalho também corroboram com Dubeux Jr. et al. (2006), que verificou que nas maiores densidades de palma ocorre maior rendimento em matéria verde.

Aos 375 DAP a lâmina de irrigação aplicada também causou diferença significativa ( $p < 0,01$ ) na PMV da palma (Figura 11B). A PMV respondeu de forma quadrática positiva. Nas maiores lâminas houve aumento da PMV com o incremento da lâmina de irrigação, até a lâmina de 33% da ETo, com a maior produtividade para essa lâmina (194,73 t ha<sup>-1</sup>). Já a lâmina que apresentou a menor produtividade foi a lâmina 0% da ETo, com uma produtividade de 86,08 t ha<sup>-1</sup>, um incremento da ordem de 126,22% da maior lâmina aplicada em comparação a menor (Figura 12B). Valores semelhantes foram encontrados por Fonseca (2017) que, ao testar a palma ‘Gigante’ sob as condições sem irrigação; 5 L m<sup>-1</sup> a cada 15 dias; 7% da ETo (TR de 15 dias); 15% da ETo (TR de 7 dias); 33% da ETo (TR de 3 dias); 50% da ETo (TR de 2 dias) e 100% da ETo diariamente, durante 2 ciclos seguidos, encontrou os maiores valores de PMV para as maiores lâminas, sendo que no primeiro e segundo ciclos, as maiores médias se agruparam nas lâminas de 33% da ETo (TR de 3 dias); 50% da ETo (TR de 2 dias) e 100% da ETo diariamente, com aumento de 111,22 e 177,86%, da PMV do maior valor obtido em relação ao tratamento sem irrigação, para o primeiro e segundo ciclo, respectivamente.

A menor produção de massa verde nos tratamentos sem irrigação, provavelmente, está relacionada à diminuição da turgidez (murcha) dos cladódios no longo período seco, ocasionada pelas altas temperaturas noturnas e baixa umidade, que favorecem o aumento da transpiração.

Este resultado indica que a irrigação com água salina não promoveu redução dos índices produtivos da palma forrageira. Provavelmente, isso se deve a compartimentalização dos íons nos grandes vacúolos da palma, bem como a acumulação de solutos orgânicos em seu interior. Como mecanismo de ajustes iônicos das plantas diante da salinidade, tem-se a alocação de íons nos vacúolos, regulação da concentração de íons pelo aumento da suculência nos tecidos, produção e acumulação de compostos orgânicos para promover o equilíbrio osmótico entre o citoplasma e os diferentes compartimentos celulares (LARCHER, 2000).

#### 4. 4. Eficiência de uso da água (EUA)

Ao término do ciclo de produção da palma forrageira 'Gigante', foram realizadas as análises estatísticas para a variável eficiência de uso da água (EUA) mediante os fatores adotados (turnos de rega; densidades de plantio e lâminas de irrigação) e as interações entre os mesmos. Foram observados efeitos isolados da densidade e da lâmina de irrigação na EUA. Na Tabela 18 é descrita a ANOVA e os seus respectivos quadrados médios para EUA considerando lâmina bruta aplicada e precipitação e na Tabela 14 é descrita a ANOVA e os seus respectivos quadrados médios para EUA considerando apenas a lâmina bruta aplicada.

**Tabela 14.** Análise de variância e seus respectivos quadrados médios para a eficiência de uso da água (considerando lâmina bruta aplicada e precipitação) de plantas de palma forrageira 'Gigante', submetidas a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - *Campus* Guanambi, 375 DAP

FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	21317,88	0,2977 <sup>NS</sup>
TR	1	0,01	0,9994 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	9038,62	
Dens	3	39406,44	0,0090 <sup>**</sup>
Dens x TR	3	626,43	0,9181 <sup>NS</sup>
Erro 2	6	3866,44	
Lam	3	19986,78	0,0000 <sup>**</sup>
Lam x TR	3	125,25	0,9799 <sup>NS</sup>
Lam x Dens	9	1541,44	0,6478 <sup>NS</sup>



Lam x TR x Dens	9	1227,95	0,7830 <sup>NS</sup>
Erro 3	54	2012,51	

\*\* e <sup>NS</sup>, significativo e não significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, respectivamente.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

**Tabela 15.** Análise de variância e seus respectivos quadrados médios para a eficiência de uso da água (apenas lâmina bruta aplicada) de plantas de palma forrageira 'Gigante', submetidas a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâmina de irrigação. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 375 DAP

FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	248601,18	0,3297 <sup>NS</sup>
TR	1	9370,33	0,8079 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	122274,82	
Dens	3	296699,54	0,0194*
Dens x TR	3	6503,67	0,9182 <sup>NS</sup>
Erro 2	6	40158,40	
Lam	2	2246355,12	0,0000**
Lam x TR	2	383,25	0,9855 <sup>NS</sup>
Lam x Dens	6	10389,55	0,8770 <sup>NS</sup>
Lam x TR x Dens	6	21737,57	0,555 <sup>NS</sup>
Erro 3	38	26246,31	

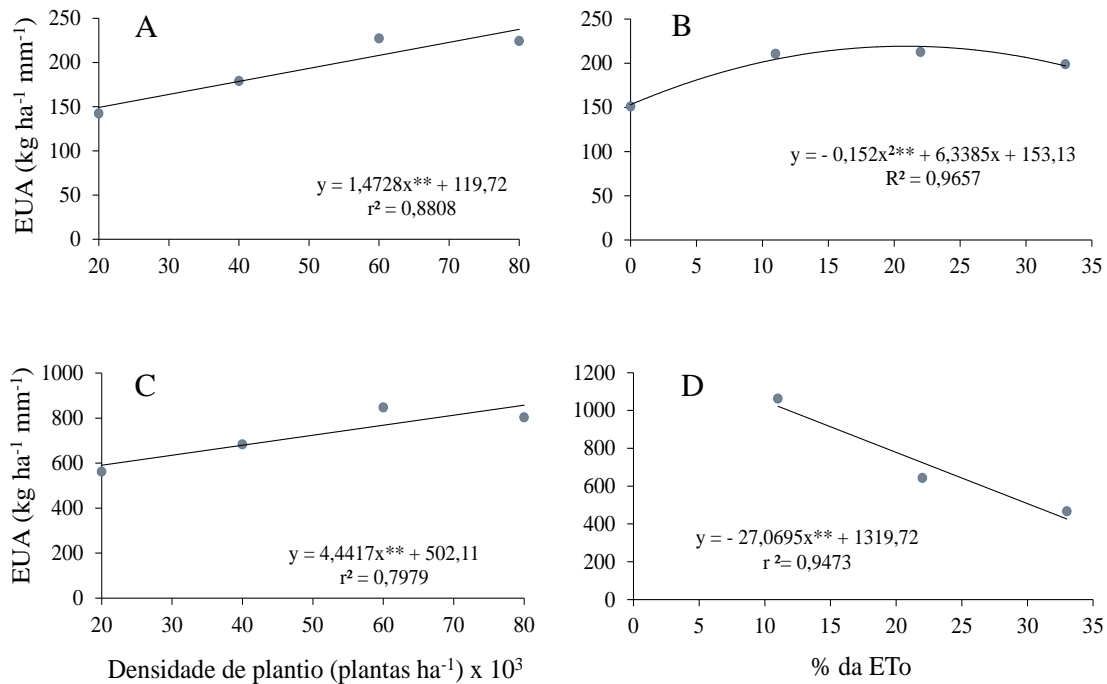
\*\* , \* e <sup>NS</sup>, significativo a 1%, a 5% de probabilidade pelo teste F e não significativo, respectivamente.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

A EUA para a palma 'Gigante', considerando a lâmina bruta aplicada e a precipitação, foi influenciada ( $p < 0,01$ ) pela densidade de plantio e lâminas de irrigação como demonstra a Tabela 14. Não houve interação entre os fatores para expressar diferenças na EUA.

Não houve interação entre os fatores para expressar diferenças na EUA, mas sim, efeitos isolados da densidade ( $p < 0,05$ ) e da lâmina de irrigação ( $p < 0,01$ ) na EUA para a palma 'Gigante' considerando apenas a lâmina bruta aplicada, como demonstra a Tabela 15.

Na Figura 12 mostra-se a eficiência de uso da água da palma cultivar 'Gigante', submetidas a diferentes densidades de plantio (20, 40, 60 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>) e lâminas de irrigação (0, 11, 22 e 33% da ETo), considerando-se a lâmina bruta aplicada e precipitação (A e B) e somente a lâmina bruta aplicada (C e D), após 375 DAP.



**Figura 12.** Eficiência de uso da água da palma cultivar ‘Gigante’, submetidas a diferentes densidades de plantio (20, 40, 60 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>) e lâminas de irrigação (0, 11, 22 e 33% da ETo). Considerando a lâmina bruta aplicada e precipitação (A e B) e somente a lâmina bruta aplicada (C e D), após 375 DAP. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2018.

Ao final do ciclo, a EUA, considerando lâmina bruta aplicada e a precipitação, apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para o fator densidade. A EUA respondeu de forma linear positiva ao aumento da densidade de plantio. A menor densidade de plantio (20 mil plantas ha<sup>-1</sup>) apresentou uma EUA média de 149,18 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, já a maior densidade (80 mil plantas ha<sup>-1</sup>) resultou em uma média de 237,55 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, um incremento de 59,24% da maior densidade em relação a menor (Figura 12A). Esse resultado demonstra o potencial de resposta da palma forrageira ao adensamento, com maior aproveitamento da água.

A lâmina aplicada também causou diferença significativa ( $p < 0,01$ ) na EUA, considerando lâmina bruta e a precipitação, que respondeu de forma quadrática positiva ao incremento da lâmina aplicada, com o ponto de máximo igual a 20,85% da ETo, onde a média de EUA para essa lâmina foi de 219,21 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>. Por outro lado, a lâmina de 0% da ETo apresentou a menor média, com 153,13 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, um incremento da ordem de 43,15% do maior valor em relação ao obtido na menor lâmina aplicada (Figura 12B). Esse resultado diverge do encontrado por Fonseca (2017), que ao testar a palma ‘Gigante’ nas condições sem irrigação; 5 L m<sup>-1</sup> a cada 15 dias; 7% da

ETo (TR de 15 dias); 15% da ETo (TR de 7 dias); 33% da ETo (TR de 3 dias); 50% da ETo (TR de 2 dias) e 100% da ETo diariamente, durante 2 ciclos seguidos, não encontrou diferença significativa para EUA considerando lâmina bruta aplicada e precipitação para a PMV.

A eficiência de uso da água (EUA) considerando apenas a lâmina bruta aplicada nos tratamentos irrigados apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para a variável densidade. A EUA respondeu de forma linear positiva ao aumento da densidade de plantio. A menor média foi de  $590,94 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  e a maior de  $857,44 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , para as densidades de 20 e 80 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente, um acréscimo de 45,1% (Figura 12C). Esse resultado enfatiza a importância de se aumentar a densidade em sistema de plantio irrigado da palma, promovendo o melhor aproveitamento da lâmina bruta aplicada.

A EUA também apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ), considerando apenas a aplicada, com um efeito linear negativo na EUA em relação ao aumento da lâmina. A maior média encontrada foi de  $1021,96 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  e o menor valor,  $426,43 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , para as lâminas 11 e 33% da ETo, respectivamente. Nesse caso, um decréscimo de 58,27% da menor lâmina aplicada em relação a maior (Figura 12D). Nesse sentido, os valores encontrados corroboram com os resultados obtidos por Fonseca et al. (2019), que constataram diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para o primeiro e segundo ciclo de produção considerando somente a lâmina bruta aplicada nos tratamentos irrigados, onde as menores lâminas apresentaram os maiores valores de EUA, com uma redução que chegou a 88,32%, no segundo ciclo, da menor lâmina aplicada ( $5 \text{ L m}^{-1}$  a cada 15 dias) em relação a maior (100% da ETo diariamente).

Esse resultado ressalta a importância da aplicação de uma pequena lâmina de irrigação para o incremento na produtividade da palma forrageira, uma vez que a lâmina bruta a ser aplicada deve ser a mínima possível, com a máxima produtividade viável, econômica e ambientalmente, visando à sustentabilidade da produção agrícola.

#### **4. 5. Condutividade elétrica do solo**

Na Tabela 16 apresenta-se a análise de variância com os respectivos quadrados médios para a condutividade elétrica do solo ( $\text{dS m}^{-1}$ ), na camada de 0 a 20 cm, e na Tabela 21, na camada de 20 a 40 cm.

**Tabela 16.** Análise de variância com os respectivos quadrados médios para a condutividade elétrica do solo ( $\text{dS m}^{-1}$ ), 0 a 20 cm, cultivado com palma forrageira ‘Gigante’ submetidas a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2018

FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	10,4925	0,1724 <sup>NS</sup>
TR	1	0,0752	0,8700 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	2,1858	
Dens	1	18,3769	0,2045 <sup>NS</sup>
Dens x TR	1	2,4752	0,6079 <sup>NS</sup>
Erro 2	4	8,0117	
Lam	3	3,2858	0,4850 <sup>NS</sup>
Lam x TR	3	1,0791	0,8421 <sup>NS</sup>
Lam x Dens	3	6,5408	0,19993 <sup>NS</sup>
Lam x TR x Dens	3	2,8102	0,5504 <sup>NS</sup>
Erro 3	24	3,9088	

<sup>NS</sup>, significativo.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

**Tabela 17.** Análise de variância com os respectivos quadrados médios para a condutividade elétrica do solo ( $\text{dS m}^{-1}$ ), 20 a 40 cm, cultivado com palma forrageira ‘Gigante’ submetidas a diferentes turnos de rega, associados a diferentes densidades e lâminas de irrigação. IF Baiano - *Campus Guanambi*, 2018

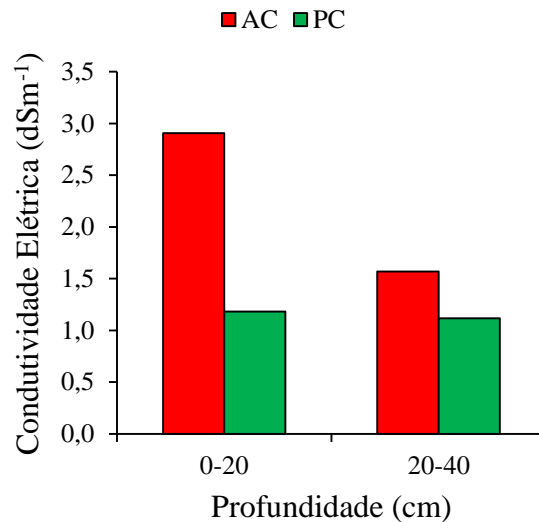
FV	GL	QM	Pr>Fc
Bloco	2	0,21063	0,2820 <sup>NS</sup>
TR	1	0,0002	0,9645 <sup>NS</sup>
Erro 1	2	0,0827	
Dens	1	0,0002	0,9724 <sup>NS</sup>
Dens x TR	1	0,2269	0,2918 <sup>NS</sup>
Erro 2	4	0,1542	
Lam	3	0,1041	0,4505 <sup>NS</sup>
Lam x TR	3	0,1152	0,4064 <sup>NS</sup>
Lam x Dens	3	0,2274	0,1424 <sup>NS</sup>
Lam x TR x Dens	3	0,0897	0,5144 <sup>NS</sup>
Erro 3	24	0,1143	

<sup>NS</sup>, significativo.

TR - Turno de rega; Dens – Densidade de plantio; Lam – Lâmina de irrigação aplicada.

A condutividade elétrica do solo de 0 a 20 cm (Tabela 16) e 20 a 40 cm (Tabela 17) não apresentou diferença significativa na avaliação ao final do ciclo, em relação ao turno de rega, à densidade ou à aplicação de água.

Os valores absolutos da condutividade elétrica do solo, para ambas as profundidades, antes e após a ocorrência de precipitações são apresentados na Figura 13.



**Figura 13.** Condutividade elétrica do solo ( $\text{dS m}^{-1}$ ) para a área do experimento, antes da chuva (AC) e pós-chuva (PC). IF Baiano- *Campus* Guanambi, 2018.

Para a profundidade de 0 a 0,2 m, antes da ocorrência de precipitações, a condutividade elétrica do solo apresentava um valor médio de  $2,91 \text{ dS m}^{-1}$ . Após algumas chuvas, totalizando 136 mm, foram feitas novas análises na área para a referida profundidade e o valor médio apresentado foi de  $1,18 \text{ dS m}^{-1}$ , representando uma redução de 59,45%. Na profundidade de 0,2 a 0,4 m, o valor de condutividade elétrica antes da ocorrência de precipitações foi de  $1,57 \text{ dS m}^{-1}$ , procedendo-se a mesma metodologia, após um total de 136 mm, as novas amostras apresentaram um valor médio equivalente a  $1,11 \text{ dS m}^{-1}$ , correspondendo a uma redução da ordem de 29,30% (Figura 13).

Os resultados obtidos indicam que após o período chuvoso houve uma lixiviação dos sais acumulados com a aplicação da água salina. Vale ressaltar que a salinidade encontrada nessas profundidades (pós-chuva) não é considerada elevada e que no momento da avaliação não tinha ocorrido todo volume da precipitação média anual na região (680 mm), tendo sido registrado somente 136 mm, fato que pode promover uma maior lixiviação de sais dessa camada. Esses valores corroboram com o que foi descrito por Fonseca (2016), que relatou diminuição nos valores de condutividade elétrica após a chuva, com média de  $0,52 \text{ dS m}^{-1}$  para a profundidade 0 a 0,2 m e  $1,01 \text{ dS m}^{-1}$  para a profundidade de 0,2 a 0,4 m, em estudo com a mesma cultura, na mesma área, usando combinações de diferentes lâminas e turnos de rega, com tratamentos que variaram de 0% até 10% Oda ETo, diariamente.

## 5. CONCLUSÕES

O incremento da lâmina de água salina promove o aumento da largura, altura, índice de área do cladódio, produção de massa verde e o menor número de plantas mortas;

A condição de aplicação de água salina de 22% da evapotranspiração de referência promove melhor eficiência de uso da água;

A densidade de 80 mil plantas ha<sup>-1</sup> aumenta o índice de área de cladódio, a produtividade e a eficiência de uso da água;

A utilização da irrigação com água salina (2,91 dS m<sup>-1</sup>) não promove a salinização do LATOSSOLO vermelho-amarelo após um ciclo de cultivo e período chuvoso.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, S. G. SANTOS, D. C. Palma-forrageira. In: KILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Ed.). **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semiárido brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 3, p. 91-127, 2005.

ALI, M. H.; HOQUE, M. R.; HASSAN, A. A.; KHAIR, A. Effects of deficit irrigation on yield, water productivity and economic returns of wheat. **Agricultural water management**, v.92, p.151-161, 2007.

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.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO, 174p. 1985. Paper n.29. (Irrigation and drainage).

BRASIL. **Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br>. Acesso em: 26 fevereiro de 2019.

BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A. ; SANTOS, M. R. Desempenho de Sistemas de Irrigação por Gotejamento com Aplicação da Água Salina. **Revista Agrotecnologia**, v. 7, p. 10-17, 2016.

CAMINHA JUNIOR, I. C.; SERAPHIM, O. J.; GABRIEL, L. R. A. Caracterização de uma área agrícola irrigada com efluente agroindustrial, através de análises químicas e da resistividade do solo. **Energia na Agricultura**, v.13, n.4, p.40-54, 2000.

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. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014.

CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. S.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, 2009, p. 305-314.

DANTAS, F. D. G.; NOVAES, L. P.; LIMA, G. F. C.; GUEDES, F. X.; REGO, M. M. T.; SOBRINHO, F. S.; AGUIAR, E. M. **Produtividade da palma Miúda sob irrigação com diferentes níveis de água salina e doses de adubação orgânica no semiárido do Rio Grande do Norte**. In: 52ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia: Otimizando Recursos e Potencialidades. Belo Horizonte-MG, 19 a 23 de Julho de 2015. **Anais...** Belo Horizonte-MG: SBZ, v. 1, p. 1-3, 2015.

DANTAS, F. D. G. **Lâminas de água salina e doses de adubação orgânica na produção de palma Miúda adensada no semiárido**. Macaíba, RN, 2015.92f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Universidade Federal do Rio Grande do

Norte. Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias Campus Macaíba. Programa de Pós-Graduação em Produção Animal.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. **Efeitos dos sais no solo e na planta**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 129-140, 2010.

DINIZ, W. J. S.; SILVA, T. G. F.; FERREIRA, J. M. S.; SANTOS, D. C.; MOURA, M. S. B.; ARAÚJO, G. G. L.; ZOLNIER, S. Consórcio palma-sorgo irrigado com diferentes lâminas de água no Semiárido brasileiro. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.52, n.9, p.724-733, set. 2017.

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; BONOMO, P.; SILVA, J. A.; AQ INO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.1, p.151-158, 2014a.

DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M.; BRITO, C. F. B.; RODRIGUES, M. G. V.; SILVA, J. A.; DONATO, P. E. R. **Considerações sobre clima Semiárido e ecofisiologia da palma forrageira**. Informe Agropecuário, v.38, n.296, p. 7-20, 2017.

DONATO, P. E. R.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; LONDE, L. N. C.; RODRIGUES, M. G. V. **Implantação da lavoura de palma forrageira**. Informe Agropecuário, v.38, n.296, p. 21-33, 2017.

DUBEUX JUNIOR, 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 Brazil**. Journal of Arid Environments, v. 67, p. 357-372, 2006.

FARIAS, I; SANTOS, D. C.; DUBEUX JÚNIOR., 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.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FISHER, R. A.; TUNER, N. C. **Plant productivity in the arid and semiarid zones**. Annual Review of Plant Physiology, v. 29, p. 277-317, 1978.

FONSECA, V. A.; SANTOS, M. R.; SILVA, J. A.; DONATO, S. L. R.; RODRIGUES, C. S.; BRITO, C. F. B. **Morpho-physiology, yield, and water-use efficiency on *Opuntia ficus-indica* irrigated with saline water**. ACTA SCIENTIARUM-AGRONOMY, v. 41, p. e42631, 2019.

FONSECA, V. A.; BRITO, C. F. B.; LELES, R. S.; SANTOS, M. R.; SILVA, J. A. **Utilização de água salina na irrigação de palma forrageira no semiárido baiano**. XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 08 a 11 de novembro, Aracaju – SE, 2016.



FONSECA, V. A. **Estratégia de utilização de água salina no cultivo de palma forrageira ‘Gigante’**. Guanambi, BA, 2017. 52 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - *Campus Guanambi*, 2017.

FONSECA, V. A.; BRITO, C. F. B.; LELES, R. S.; SANTOS, M. R.; SILVA, J.A. **Características produtivas e eficiência de uso da água em palma forrageira irrigada com água salina**. XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 08 a 11 de novembro, Aracaju – SE, 2016.

KARAM, F.; LAHOUD, R.; MASAAD, R.; KABALAN, R.; BREIDI, J.; CHALITA, C.; ROUPHAEL, Y. **Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions**. *Agricultural water management*, v.90, p.213-223, 2007.

KELLER, J.; KARMELI D. *Trickle irrigation design*. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

LIMA, R. S.; PESSOA, R. A. S.; NASCIMENTO, W. G.; SILVA, J. R. C.; FERRAZ, I. **Palma forrageira associada à silagem de sorgo corrigida com ureia e farelo de algodão em dietas para novilhos girolando**. *Bol. Ind. Anim*, v.74, n.4, p.342-350, 2017.

LIMA, G. F. C.; RÊGO, M. M. T.; SILVA, J. G. M.; DANTAS, F. D. G.; LOBO, R. N. B.; AGUIAR, E. M. **Situación actual de las técnicas de producción de nopal forrajero en Brasil: avances y limitaciones**. In: MONDRAGÓN-JACOBO, C.(Ed). *Simpósio Internacional Tuna Nopal*. 1. 2013. Puebla: Resumos. SAGARPA, 2013. p. 94-105.

LIMA, G. F. C.; RÊGO, M. M. T.; DANTAS, F. D. G.; LÔBO, R. N. B.; SILVA, J. G. M.; AGUIAR, E. M. **Morphological characteristics and forage productivity of irrigated cactus pear under different cutting intensities**. *Revista Caatinga*, v. 29, n. 2, p. 481-488, 2016.

LIMA, G. F. C.; RÊGO, M. M. T.; AGUIAR, E. M.; SILVA, J. G. M.; DANTAS, F. D.G.; GUEDES, F. X.; LÔBO, R. N. B. **Effect of different cutting intensities on morphological characteristics and productivity of irrigated Nopalea forage cactus**. *Acta Horticulturae (ISHS)*, v.1067, p.253-258, 2015.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

MARTIN, J. D.; CARLESSO, R.; AIRES, N. P.; GATTO, J. C.; DUBOU, U.; FRIES, H. M.; SCHUEIBLER, R. B. 2012. **Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho**. *Irriga, Edição Especial*, pp.192-205.

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: Ed. Universitária da UFRPE, 2005, v. único. 2005.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SOUZA, F. J. **Produtividade de palma em propriedades rurais**. 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**. 1. ed. Recife: Editora da UFPE, p.129-140, 2005.

MANTOVANI, E. C. AVALIA: **Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

NOBEL, P. S. Environmental biology. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMENTA-BARRIOS, E. **Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear**. Rome: FAO, 1995. p.36-48 (FAO. Plant Production and Protection, 132).

NOBEL, P. S. Biologia Ambiental. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMENTA-BARRIOS, E. P (Ed.). **Agroecologia, cultivo e uso da palma forrageira**. (João Pessoa): SEBRAE-PB: FAO, 2001. P.36-48.

OLIVEIRA, V. S.; FERREIRA, M. A.; GUIM, A.; MODESTO, E. C.; LIMA, L. E.; SILVA, F. M. Substituição total do milho e parcial do feno de capim tifton por palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Consumo e digestibilidade. Publicado: **Revista Brasileira Zootecnia**, v.36, n.5, p.1419-1425, 2007.

OLIVEIRA, R. C.; COELHO, E. F.; ARAÚJO, R. T. M.; TEIXEIRA, J. C.; BARROS, D. L.; SILVA, A. C. P.; AMORIM, M. S. **Condutividade elétrica de um solo manejado com diferentes lâminas de irrigação e diferentes doses de potássio**. FERTBIO. A responsabilidade ambiental da pesquisa agrícola. 17 a 21 de setembro – Centro de Convenções. Maceió – AL, 2012.

PEREIRA, L. G. R.; ARAUJO, G. G. L.; VOLTOLINI, T. V.; BARREIRO, D. C. **Manejo Nutricional de Ovinos e Caprinos em Regiões Semiáridas**, 2008.

PEREIRA, P. C.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; MORAIS, J. E. F.; SANTOS, D. C. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 184 – 195, jul. – set., 2015.

PIMENTA-BARRIOS, E.; ZAÑUDO-HERNANDEZ, J.; ROSAS-ESPINOZA, V. C.; VALENZUELA-TAPIA, A.; NOBEL P. S. **Young daughter cladodes affect CO<sub>2</sub> uptake by mother cladodes of *Opuntia ficus-indica***. Annals of Botany, v.95, n2, p. 363-369, jan. 2005.

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 ficus-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.

PUPO, N. I. H. **Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação utilização**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979.

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. 2015. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.19, n.10, p.931-938.

RAMOS, J. P. F., LEITE, M. L. M. V., OLIVEIRA JUNIOR, S., NASCIMENTO, J. P., SANTOS, E. M. Crescimento vegetativo de *Opuntia fícus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, p.41-48, 2011.

RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L. M. V.; SANTOS, E. M.; BRITO, E. A.; FREITAS, F. F.; CANDIDO, E. P. Caracterização técnica dos sistemas de produção de palma forrageira em Soledade, PB. **Agropecuária Técnica**, v. 35, n. 1, p. 23-30, 2014.

REGO, M. M. T.; LIMA, G. F. C.; SILVA, J. G. M.; GUEDES, F. X.; DANTAS, F. D. G.; LOBO, R. N. B. Morfologia e Rendimento de Biomassa da Palma Miúda Irrigada sob Doses de Adubação Orgânica e Intensidades de Corte. **Revista Científica de Produção Animal**, v.16, n.2, p.118-130, 2014.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160 p. USDA Agricultural Handbook, 60.

ROCHA, J. E. S. **Palma forrageira no Nordeste do Brasil: o estado da arte**. (Documentos / Embrapa Caprinos e Ovinos, 106), 40 p. 2012.

SALES, A. T.; LEITE, M. L. M. V.; ALVES, A. Q.; RAMOS, J. P.; NASCIMENTO, J. P. Crescimento vegetativo de palma forrageira em diferentes densidades de plantio no Curimatú Paraibano. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**. v. 7, n. 1, p. 19-24, 2013.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fisiologia da palma forrageira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALMA E OUTRAS CACTÁCEAS, 2, GARANHUNS, 2011. **Anais...** Garanhuns, 2011.

SANTOS, M. R.; BRITO, C. F. B. Irrigação com água salina, opção agrícola consciente. **Revista Agrotecnologia**, v.7, n.1, p.33-41, 2016.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. **Manejo e utilização da palma forrageira (Opuntia e Nopalea) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006. 48p. (IPA. Documentos, 30).

SANTOS, M. R.; SILVA, A. J. P.; FONSECA, V. A.; CAMPOS, A. R. F.; LISBOA, M. A. **Irrigação na palma forrageira**. Informe agropecuário, v.38, n.296, p.76-88, 2017.

SILVA, N. G. M.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX-JUNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L.; SILVA, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones da palma forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 39, n. 11, p. 2389-2397, 2010.

SILVA, F. F.; SOUZA, D. D.; SÁ, J. F.; AGUIAR, M. S. M. A.; ALMEIDA, L. S. **Palma forrageira na alimentação de bovinos**. Informe Agropecuário, v.38, n.296, p. 107-115, 2017.

SILVA, C. C. F.; 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. Disponível em <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>.

Silva, C. C. F.; Santos, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária REDVET**. v. 8, n. 5, p. 1-11, 2007.

SILVA, R. F.; SAMPAIO, E. V. S. B. Palmas forrageiras *Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera*: sistemas de produção e usos. **REVISTA GEAMA**, v.2, n.1, p.131-141, set. 2015.

SILVA, J. A. **Palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química**. Itapetinga-BA: UESB, 2011. 87 f. (Tese – Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).

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**, v.44, n.11, p.2064-2071, nov, 2014.

SILVA, R. H. D. **Crescimento de palma forrageira irrigada com água salina**. Viçosa, MG. 2017, 56 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; SILVA, S. M. S.; MOURA, M. S. B.; SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; ARAÚJO, J. E. M. **Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro**. Bragantia, Campinas, v. 73, 2014.

SOARES II, J. C. & SILVA JÚNIOR, S. S. Palma forrageira: uma alternativa para sobrevivência no Semiárido. **Revista Cabra & Ovelha**. 34(72): 4-5. 2012.

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.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Artmed, Porto Alegre, Brasil. 819p., 2009.

TOMAZ, B. A.; PEREIRA, M. O.; ARAÚJO, M. C. **Crescimento de cultivares de palma forrageira sob diferentes níveis de salinidade**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC. Maceió-AL, 21 a 24 de agosto de 2018.

VIANA, O. J. Pastagens de cactáceas nas condições do Nordeste. **Zootecnia**, v.7, n.2, p.55-65, 1969.